

République Algérienne Démocratique
et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire
Rabie BOUCHAMA

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للطب
ربيع بوشامة



THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Es-Sciences
En Sciences Agro-Vétérinaires

Thème :

Valorisation de sources alimentaires locales en
alimentation du lapin en croissance

Présentée par : **Dorbane Zahia**

Soutenu le **02/07/2020**

Les membres du jury :

Président	Ain Baziz H.	Professeur	ENSV Alger
Promoteur	Kadi S.A.	Professeur	Université de Tizi-Ouzou
Co-promoteur	Boudouma D.	Professeur	ENSA Alger
Examineurs	Saidj D.	MCA	Université de Blida
	Iles I.	MCA	ENSV Alger
Invité	Berchiche M.	Professeur	Université de Tizi-Ouzou

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier profondément mon directeur de thèse le Professeur Si Ammar Kadi, pour ses conseils avisés, sa patience, le temps qu'il m'a consacré et pour tout ce qu'il m'a appris.

Mes vifs remerciements s'adressent également à mon codirecteur de thèse le professeur Dalila Boudouma, pour ses remarques et corrections et surtout pour sa disponibilité.

Je remercie également le professeur Mokrane Berchiche de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, pour sa confiance, pour m'avoir accueillie au sein de son équipe et m'avoir permis d'intégrer le programme de collaboration Algéro-Français « CMEP-Tassili » dans le cadre duquel toutes les analyses chimiques ont été effectuées.

Je remercie également le Docteur Thierry GIDENNE (Directeur de recherche, à l'INRA de Toulouse, unité GenPhySE, France) de m'avoir accueillie dans son laboratoire dans le cadre du programme CMEP, pour son accueil, sa gentillesse et pour sa collaboration tout au long des travaux effectués.

Je tiens à remercier vivement les membres de mon jury de thèse pour avoir accepté d'examiner mon travail :

- Professeur Ain Baziz H. de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire (Alger), de m'avoir accordé l'honneur de présider ce jury.
- Saidj D. Maître de conférences « A » de l'université de Blida, d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.
- Iles Maître de conférences « A » de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire (Alger), d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Je tiens également à remercier Monsieur Rahoui Mohamed de nous avoir aimablement accueillis chez lui et d'avoir mis à notre disposition son clapier, ses lapins et tout le matériel nécessaire.

Remerciements

Monsieur Hadjemi Salah cuniculteur de la région de Ain-El-Hammam, de nous avoir fourni les lapins pour pouvoir réaliser le deuxième essai.

Mes vifs remerciements vont à Madame Gater-Belaid Nadia d'avoir pris part aux travaux lors du premier essai dans le cadre de la préparation de son mémoire de master ainsi que son aide précieuse lors de la réalisation du deuxième essai.

Je remercie également Monsieur le Directeur de l'ITMAS de Boukhalfa de nous avoir autorisé à effectuer un essai au niveau du clapier pédagogique de l'institut.

Mes remerciements les plus sincères à Madame Nait-Kaci qui nous a fourni le grignon d'olives, Monsieur Medjebour pour nous avoir permis d'accéder au labo et de sécher nos échantillons.

Mes remerciements vont également à Bannelier Carole et Segura Muriel de l'INRA, unité GenPhySE, de Toulouse pour leur bienveillance, leur aide dans les analyses chimiques. De même que Batailler Viviane pour son accueil et sa gentillesse.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A mes parents

Introduction	01
Partie bibliographique	
Chapitre I : Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale	03
I.1. Généralités	04
I.2. Le grignon d'olives en alimentation animale	08
I.2.1. Cas des ruminants	09
I.2.1.1. Les bovins	10
I.2.1.2. Les ovins	13
I.2.1.3. Les caprins	18
I.2.1.4. Procédés d'amélioration de la valeur nutritive du grignon d'olives chez les ruminants	21
I.2.2. Cas des monogastriques	24
I.2.2.1. Le lapin	24
I.2.2.2. Le porc	27
I.2.2.3. la volaille	28
I.2.2.4. Le poisson	31
I.3. Limites d'utilisation du grignon d'olives en alimentation animale	32
Chapitre II : Utilisation du gland en alimentation animale	36
II.1. Composition chimique du gland et facteurs de variation	37
II.2. Le gland en alimentation animale	39
II.2.1. Cas des monogastriques	39
II.2.1.1. La volaille	39
II.2.1.2. Le lapin	41
II.2.1.2. Le porc	42
II.2.2. Cas des ruminants	45
II.2.2.1. Les ovins	45
II.2.2.2. Les caprins	46
Partie pratique	
Chapitre III : Matériel et méthodes	48
III.1. Le matériel utilisé	48
III.1.1. Les bâtiments	48
III.1.2. Les aliments	51
III.1.2.1. Provenance	51
III.1.2.2. Composition des aliments expérimentaux	51

III.1.3. Les animaux	52
III.2. Méthodes	53
III.2.1. Les méthodes de mesures des paramètres biologiques	53
III.2.2. Méthodes de mesures analytiques	54
III.2.2.1. Analyses chimiques	54
III.2.2.1.1. Analyses chimiques sur les aliments et les matières premières	54
III.2.2.1.2. Analyses chimiques sur les crottes	55
III.2.2.2. Méthodes de calcul	56
III.2.2.3. Analyses statistiques	56
Chapitre IV : Résultats et discussion	58
IV.1. Résultats et discussion de l'essai 1	58
IV.1.1. Composition chimique de grignon d'olives	58
IV.1.2. Ingestion alimentaire et croissance des lapins	60
IV.1.3. Valeur nutritive du grignon d'olives	61
IV.1.3.1. Energie digestible	61
IV.1.3.2. Protéines digestibles	64
IV.2. Résultats et discussion essai 2	66
IV.2.1. Composition chimique du gland	66
IV.2.1.1. Composition chimique du gland de chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)	66
IV.2.1.2. Composition chimique du gland de chêne liège (<i>Quercus</i> <i>suber</i>).....	68
IV.2.2. Valeur nutritive du gland	71
IV.2.2.1. Energie digestible	71
IV.2.2.1.1. Energie digestible du gland de chêne vert	71
IV.2.2.1.1. Energie digestible du gland de chêne liège	72
IV.2.2.2. Protéines digestibles	75
IV.2.2.2.1. Protéines digestibles du gland de chêne vert ...	75

IV.2.2.2.2. Protéines digestibles des glands de chêne liège	75
Chapitre V : Discussion générale	78
Conclusion	83
Références bibliographiques	84

Résumé

En Algérie, l'utilisation de matières premières importées dans la formulation des aliments destinés aux lapins augmente le prix de l'aliment et par conséquent le prix revient de la viande produite. Il est donc nécessaire de chercher des ressources alternatives locales pouvant se substituer à ces matières premières importées sans avoir d'effets négatifs sur la santé ou les performances des animaux. Cependant, pour pouvoir valoriser une matière première quelconque, en alimentation animale, des données sur son profil chimique ainsi que sur sa valeur nutritive doivent être disponibles. Aussi, l'objectif de notre travail est de déterminer la valeur nutritive, pour le lapin, de quatre matières premières disponibles en Algérie: le grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle, le grignon d'olives provenant d'une huilerie moderne utilisant un processus d'extraction par centrifugation à 3 phases, le gland de chêne vert (*Quercus ilex*) et le gland de chêne liège (*Quercus suber*).

Les résultats obtenus ont montré que le grignon d'olives est une matière première source de fibres avec des teneurs en NDF; ADF et ADL respectivement de 70,7 ; 53,0% et 24,2% dans le cas du grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle et 78,7% ; 55,4% et 24,3% pour le grignon provenant d'une huilerie moderne. Les grignons d'olives provenant d'une huile traditionnelle et moderne sont caractérisés par une teneur en énergie digestible de 3,24 ; 2,94 MJ/kg MS et protéines digestible de 27,9 ; 22,4 g/kg MS respectivement. Tandis que les résultats ont montré le gland est une matière première source d'énergie avec des teneurs élevées en énergie digestible : 17,9 et 14,7 MJ/kg MS et faible en protéines digestibles : 52,4 et 46,5 g/kg MS pour le gland de chêne vert et de chêne liège respectivement.

Mots clés : grignon d'olives, *Quercus ilex*, *Quercus suber*, valeur nutritive, lapin en croissance.

Abstract

In Algeria, the use of imported raw materials in the formulation of rabbit feed increases the price of the feed and therefore the cost of the meat produced. It is therefore necessary to seek local alternative resources that can replace these imported raw materials without having negative effects on the health or performance of animals. However, to be able to use any raw material in animal feed, data on its chemical profile as well as its nutritional value must be available. Also, the objective of our work is to determine the nutritional value, for rabbits, of four raw materials available in Algeria: olive cake from a traditional oil mill, olive cake from a modern oil mill using a 3-phase centrifugal extraction process, the acorn of holm oak (*Quercus ilex*) and the acorn of cork oak (*Quercus suber*). The results obtained showed that the olive cake is a raw material source of fibers with NDF contents; ADF and ADL, respectively 70,7; 53,0% and 24,2% in the case of olive cake from a traditional oil mill and 78,7; 55,4% and 24,3% for the cake from a modern oil mill. Olive cake from a traditional and modern oil mill is characterized by a digestible energy content of 3,24; 2,94 MJ / kg DM and digestible protein of 27,9; 22,4 g / kg DM respectively. While the results showed the acorn is a raw material source of energy with high levels of digestible energy: 17,9 and 14,7 MJ / kg DM et low in digestible protein: 52,4 and 46,5 g / kg DM for acorn of holm oak and cork oak respectively.

Keywords: olive cake, *Quercus ilex*, *Quercus suber*, nutritional value, growing rabbit.

ملخص

في الجزائر ، يؤدي استخدام المواد الخام المستوردة في صناعة علف الأرناب إلى زيادة سعر العلف وبالتالي تكلفة اللحوم المنتجة. لذلك من الضروري البحث عن موارد محلية بديلة يمكن أن تحل محل هذه المواد الخام المستوردة دون أن يكون لها آثار سلبية على صحة أو أداء الحيوانات. ولكن ، لكي تكون قادرًا على استخدام أي مادة خام كعلف الحيوانات ، يجب أن تتوفر معطيات عن تركيبها الكيميائية و قيمتها الغذائية. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد القيمة الغذائية عند الأرناب لأربعة مواد خام متوفرة في الجزائر: ثفل الزيتون من معصرة الزيتون التقليدية و ثفل الزيتون الحديثة التي تستخدم عملية استخراج الطرد المركزي على ثلاث مراحل ، البلوط الأخضر (*Quercus ilex*) وبلوط شجرة الفلين (*Quercus suber*).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن ثفل الزيتون هي مادة أولية مصدر للألياف مع محتويات NDF ؛ ADF و ADL ، على التوالي 70.7 ؛ 53.0 ٪ و 24.2 ٪ في حالة ثفل الزيتون من المعصرة التقليدية و 78.7 ٪ ؛ 55.4 ٪ و 24.3 ٪ للثفل من المعصرة الحديثة. يتميز ثفل الزيتون من المعصرة التقليدية والحديثة بمحتوى طاقة هضم يبلغ 3.24 ؛ 2.94 MJ / kg MS و بروتين سهل الهضم يبلغ 27.9 ؛ 22.4 غ / كغ MS على التوالي. في حين أظهرت النتائج أن البلوط مصدر للطاقة مع مستويات عالية من الطاقة القابلة للهضم: 17.9 و 14.7 MJ / كجم MS ومستوى منخفض من البروتين القابل للهضم: 52.4 و 46.5 غ / كغ MS ل البلوط الأخضر وبلوط شجرة الفلين على التوالي.

الكلمات المفتاحية: ثفل الزيتون ، *Quercus ilex* ، *Quercus suber* ، القيمة الغذائية ، نمو الأرناب.

Figure 1 : Composition structure de l'olive (www.maison-huile.com)	05
Figure 2 : Système de presse hydraulique pour l'extraction de l'huile (Chimi, 2006).....	05
Figure 3 : Exemple d'une chaîne continue d'extraction d'huile d'olives (Chimi, 2006).....	06
Figure 4 : Processus d'extraction d'huile avec système continu avec 3 phases (Chimi, 2006)	06
Figure 5 : Processus d'extraction d'huile avec système continu avec 2 phases (Chimi, 2006)	07
Figure 6 : a : Vue extérieure ; b : intérieure du clapier du clapier de Makouda	49
Figure 7 : c : Vue extérieure ; d : vue intérieure du clapier de l'ITMAS de Boukhalfa	49
Figure 8 : Mode d'identification du numéro de l'animal	50
Figure 9 : Moustiquaire placée au-dessous d'une cage à digestibilité pour la collecte des crottes	50
Figure 10 : lapin de population locale	53
Figure 11 : e ; f ; i : Phénotype des lapins	53
Figure 12 : Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives brut (GOB)	62
Figure 13 : Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives chaînes continues (GCC)	63
Figure 14 : Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives brut (GOB)	64
Figure 15 : Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives chaînes continues (GOCC)	65

Figure 16:Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne vert (QI)72

Figure 17:Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne liège74

Figure 18:Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne vert75

Figure 19:Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne liège76

Tableau 1 : Composition chimique des glands de chêne vert et de chêne liège	37
Tableau 2 : Composition chimique du gland de chêne vert en fonction du stade de récolte	37
Tableau 3 : Composition chimique du gland de chêne liège en fonction du stade de récolte	38
Tableau 4 : Composition de l'aliment témoin et des aliments expérimentaux	52
Tableau 5 : Composition chimique des aliments expérimentaux et des deux types de grignon d'olives	59
Tableau 6 : Effet du taux d'inclusion du grignon d'olives (GOB et GOCC) sur la consommation alimentaire et la croissance des lapins	60
Tableau 7 : Effet du taux d'inclusion du GOB et du GOCC sur les coefficients d'utilisation digestive et la valeur nutritive des aliments expérimentaux chez des lapins en croissance entre l'âge de 42 à 46j d'âge	61
Tableau 8 : Composition chimique des aliments expérimentaux et du gland de chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)	67
Tableau 9 : Composition chimique et centésimale des aliments expérimentaux et du gland de chêne liège (<i>Quercus suber</i>)	69
Tableau 10 : Effet du taux d'inclusion du gland de <i>Q. ilex</i> sur les coefficients d'utilisation digestive et la valeur nutritive des aliments expérimentaux chez des lapins en croissance entre l'âge de 46 à 49j	71
Tableau 11 : Effet du taux d'inclusion du gland de <i>Q. suber</i> sur les coefficients d'utilisation digestive et la valeur nutritive des aliments expérimentaux chez des lapins en croissance entre l'âge de 46 à 49j	73
Tableau 12 : Composition chimique (g/kg MS) et valeur nutritive des matières premières étudiées	81

ADF: Acid detergent fibre

ADL: Acid detergent lignin

AG: Acide gras

AGV: Acides gras volatils

CB : cellulose brute

EB: énergie brute

ED : énergie digestible

EM : énergie métabolisable

GB : grignon brut

GCC : grignon chaîne continue

GMQ : gain moyen quotidien

ITMAS : Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisé

J : jour

MJ : mégajoule

MM : matière minérale

MO : matière organique

MS : matière sèche

NDF : Neutral detergent fibre

PB: protéines brutes

PD : protéines digestibles

QI : *Quercus ilex*

QS : *Quercus suber*

RB : régime de base

UGB : Unité de gros bétail

Introduction

La formulation des aliments destinés à l'alimentation des lapins en Algérie est actuellement basée sur l'utilisation de matières premières quasiment importées. Sachant que l'alimentation représente jusqu'à 70% des dépenses de l'élevage cunicole, l'incorporation de ces matières premières importées dans la formulation des aliments destinés au lapin, conduit à l'élévation du prix de l'aliment et par conséquent le prix de revient de la viande de lapin. Aussi, la recherche de ressources alternatives et disponibles localement est indispensable. C'est dans cette optique que plusieurs travaux de recherche ont été effectués dont ceux de Kadi (2012) sur le *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*), les feuilles de roseau (*Phragmites australis*) et les feuilles de figuier (*Ficus carica*), Guermah (2016) sur l'ensilage de Maïs (*Zea mays*) et la pulpe de chicorée (*Cichorium intybus*), Cherifi (2018) sur les drèches de brasserie et Djellal (2018) sur les feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) et celles du frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia*). En outre, la connaissance de la valeur nutritionnelle des matières premières conditionne leur utilisation en alimentation animale à cause de la variation de leur composition chimique, mais aussi du manque, voire de l'absence, de données relatives à leur valeur nutritive. L'objectif de notre travail est de déterminer la valeur nutritive, pour le lapin en croissance, de quatre matières premières locales à savoir : le grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle, le grignon d'olives provenant d'une huilerie moderne, le gland de chêne vert (*Quercus ilex*) et le gland de chêne liège (*Quercus suber*).

Le lapin est un animal sensible à la teneur en fibres de l'aliment et des apports en ADF de 18% et des apports en ADL > 5% sont recommandés afin d'éviter des troubles digestifs (Gidenne, 2019). Toutefois, en formulation alimentaire, il est difficile d'atteindre cette teneur en fibres sans que la valeur nutritive de l'aliment ne soit réduite. Aussi, le grignon d'olives peut représenter une source de fibres bon marché pour le lapin. En outre, la majorité des travaux, précédemment cités, traitent la valorisation de matières premières locales sources de protéines, la détermination de la valeur nutritive de matière premières sources d'énergie tels que le gland (*Quercus ilex* et *Quercus suber*) peut permettre d'obtenir une gamme complète de matières

premières locales (sources de protéines, d'énergie et de fibres) à utiliser dans la formulation des aliments destinés aux lapins.

Le document s'articule sur 2 parties : La première partie est une synthèse bibliographique des travaux relatifs à l'utilisation du grignon d'olives et le gland de chêne en alimentation animale. La deuxième partie présente le matériel et méthodes utilisés pour la détermination de la valeur nutritive, pour le lapin en croissance, du grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle ou moderne, du gland de chêne vert et du gland de chêne liège. La troisième partie rapporte les résultats discutés des mesures concernant le profil chimique et la valeur nutritive des matières premières étudiées. La discussion générale, suivie de la conclusion, présente quelques pistes d'investigations futures qu'inspire ce travail.

Partie bibliographique

Chapitre 1

Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

En raison du surpâturage, des sécheresses fréquentes et de l'extension de la céréaliculture et de l'arboriculture, les ressources fourragères sont en baisse dans de nombreuses régions du monde (Dronney, 2019). Ainsi, on assiste au recours à l'utilisation des aliments concentrés et par conséquent à l'augmentation des quantités de matières premières importées. Etant donné que l'alimentation représente entre 50 et 70% des coûts de production (Pond, 2004), l'incorporation, en alimentation animale, de matières premières importées conduit à l'élévation des coûts de production et par conséquent à l'élévation des prix des produits d'origine animale.

Aussi, la recherche de ressources fourragères alternatives est indispensable. Il est possible d'utiliser les sous-produits des industries agro-alimentaires tels que le grignon d'olives qui présente un potentiel fourrager considérable mais insuffisamment exploité (Mohamed Brahmi *et al.*, 2010).

Dans ce contexte, le grignon d'olives (*Olea europaea* L.), un sous produit solide d'extraction de l'huile d'olives est disponible en grande quantité. Il représente, en effet, 35% du poids des olives triturées (Alcaide et Nafzaoui, 1996 ; Dal Bosco *et al.*, 2007). Il est très peu valorisé comme combustible et le plus souvent déposé aux alentours des huileries. Sous produit à dégradation lente, il devient alors une source de pollution de l'environnement (Rupič *et al.*, 1999), tant par sa partie solide que par ses effluents susceptibles de polluer les eaux douces (Weinberg et Weinberg, 2008). En effet, sa concentration élevée en phénols, lipides et acides organiques est à l'origine de sa toxicité. Le grignon d'olives renferme une concentration élevée de matière organique et une large gamme d'éléments nutritifs qui non exploités, constitue une perte d'une quantité considérable de matière (Mioč *et al.*, 2007), pouvant être recyclés (Roig *et al.*, 2006). En effet, les travaux de Sebban *et al.* (2004) et de Heuzé *et al.* (2015) soulignent la possibilité d'utilisation du grignon d'olives en alimentation animale, ce qui pourrait minimiser son impact néfaste sur l'environnement (Alcaide et Nafzaoui, 1996). Dès 1999, Rupič et ses collaborateurs rapportaient que la teneur élevée en cellulose brute du grignon d'olives (220 à 350 g/Kg) réduisait fortement son utilisation chez le poulet et le porc, mais qu'elle pouvait être valorisée par les ruminants et le lapin. De plus, le grignon d'olives peut, dans les écosystèmes méditerranéens semi-arides, contribuer au

développement d'un système de production animale, extensif, efficace et respectueux de l'environnement (Alcaide et Nafzaoui, 1996). Plusieurs travaux dont ceux de Amici *et al.*, 1991 ; Molina et Aguilera, 1991 ; Rupič *et al.*, 1999 ; Owaimer *et al.*, 2004 ; Mioč *et al.*, 2007 ; Yañez-Ruiz et Molina-Alcaide, 2007 ; Molina-Alcaide et Yañez-Ruiz, 2008 ; Sadeghi *et al.*, 2009 ; Faye *et al.*, 2013 ; Abdeddou *et al.*, 2014 ; ont indiqué par la suite que dans le bassin méditerranéen , où se situent 90% de la production oléicole mondiale, les sous produits de l'industrie oléicole, essentiellement le grignon d'olives et les feuilles d'oliviers constituent une source alternative de nutriments en élevage des ruminants . En outre, Le grignon d'olives a été également reconnu présenter un intérêt nutritionnel dans l'alimentation du lapin (Ben Rayana *et al.*, 1994 ; Fernandez-Caramona *et al.*, 1996 ; Chaabane *et al.*, 1997 ; Kadi *et al.*, 2004 ; Carraro *et al.*, 2005 ; Dal Bosco *et al.*, 2007).

L'intégration du grignon d'olives dans les formules alimentaires destinées aux ruminants et aux lapins permettra sans aucun doute d'augmenter la productivité des élevages, d'améliorer la durabilité des systèmes de production et d'octroyer une valeur marchande à ce sous-produit. Sur le plan environnemental, le recyclage du grignon d'olives par le biais de l'alimentation animale, réduit les risques de pollution encourus lorsque le grignon se dégrade en plein air (Berbel et Posadillo, 2018). Par ailleurs, il est à noter que l'olivier est un arbre résistant à la sécheresse (Nasopoulou et Zabetis, 2012), ce qui contribue à garantir la disponibilité du grignon même en conditions de réchauffement climatique que connaît la planète.

I.1. Généralités

Le grignon d'olives est le sous produit solide d'extraction de l'huile d'olives ; il est constitué de la pellicule de fruit (épicarpe), la pulpe qui contenait l'huile (mésocarpe), des fragments du noyau (endocarpe) et l'amandon qui est la graine (Thériez et Boule, 1970). Il représente 35% du poids des olives triturées (Alcaide et Nafzaoui, 1996 ; Dal Bosco *et al.*, 2007). La figure 1 présente la structure de l'olive.

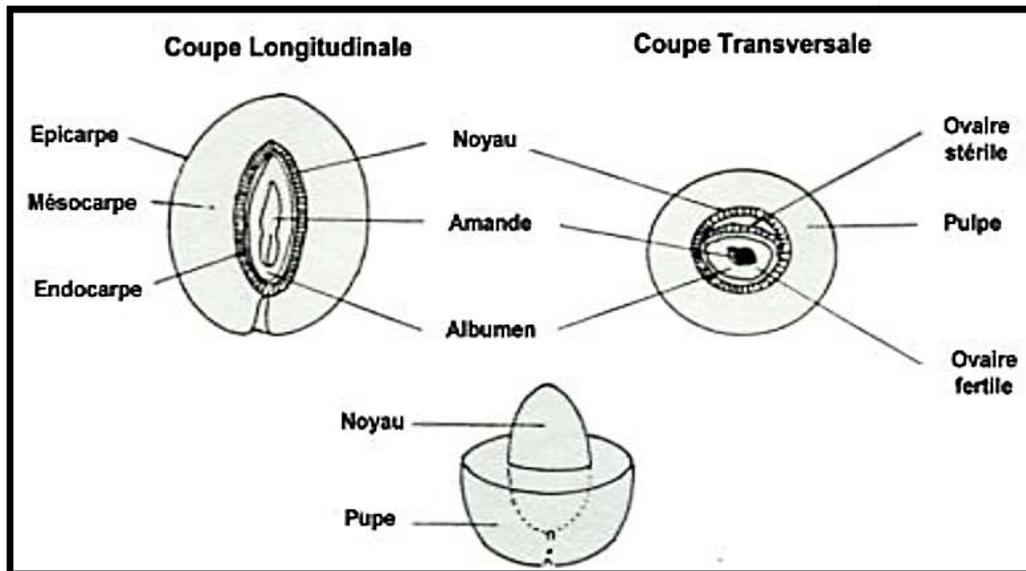


Figure 1 : Composition structure de l'olive (www.maison-huile.com)

Selon Chimi (2006) et Wiesman (2009), l'extraction de l'huile d'olives est réalisée selon 2 procédés technologiques

- **Système discontinu d'extraction par presse :**
C'est le système utilisé dans les huileries traditionnelles ; il fait appel à une presse hydraulique et de scourtins (Figure 2).



Figure 2 : Système de presse hydraulique pour l'extraction de l'huile (Chimi, 2006)

➤ Système continu d'extraction d'huile :

C'est le procédé d'extraction d'huile en chaîne continue utilisé dans les huileries modernes (Figure 3).

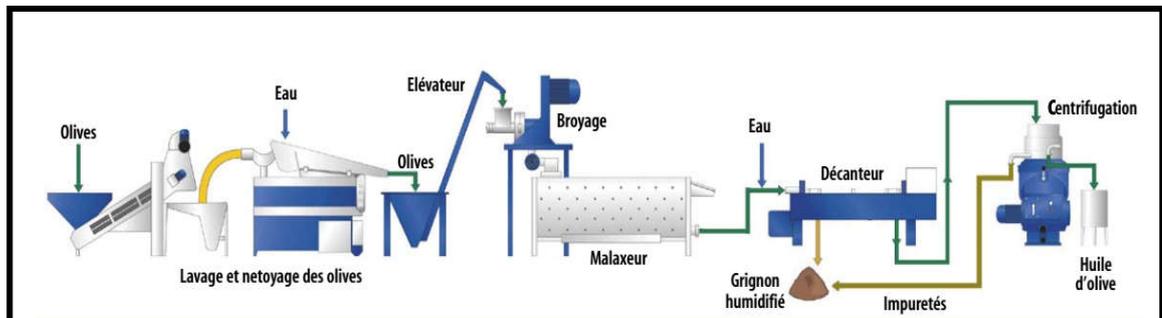


Figure 3 : Exemple d'une chaîne continue d'extraction d'huile d'olives (Chimi, 2006)

Selon la nature des étapes du système continu d'extraction d'huile, différents produits sont obtenus.

- ✚ Un système continu avec centrifugation à 3 phases : huile, margines et grignon (Figure 4).

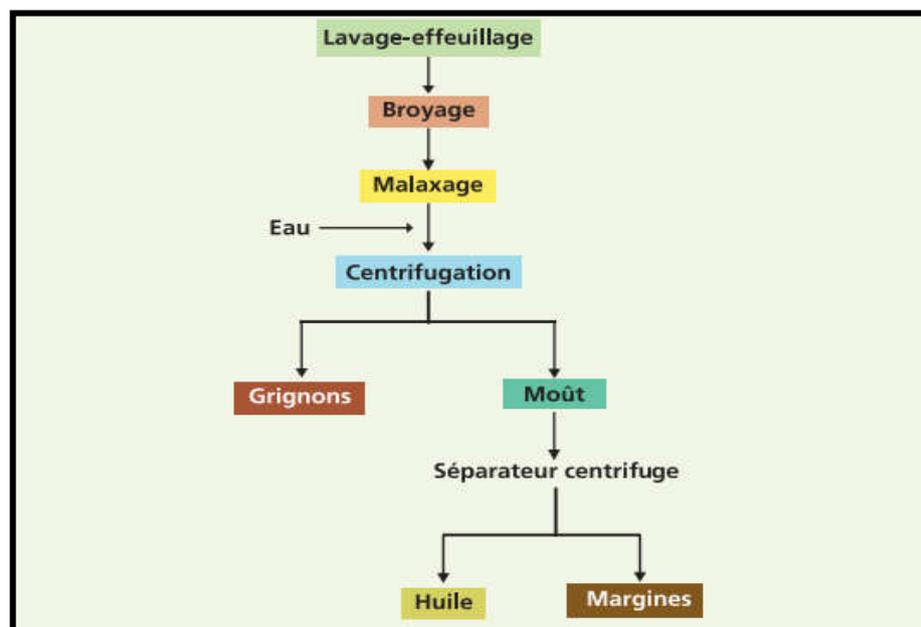


Figure 4 : Processus d'extraction d'huile avec système continu avec 3 phases (Chimi, 2006)

- ✚ Un système continu d'extraction avec centrifugation à 2 phases : huile et grignon (Figure 5).

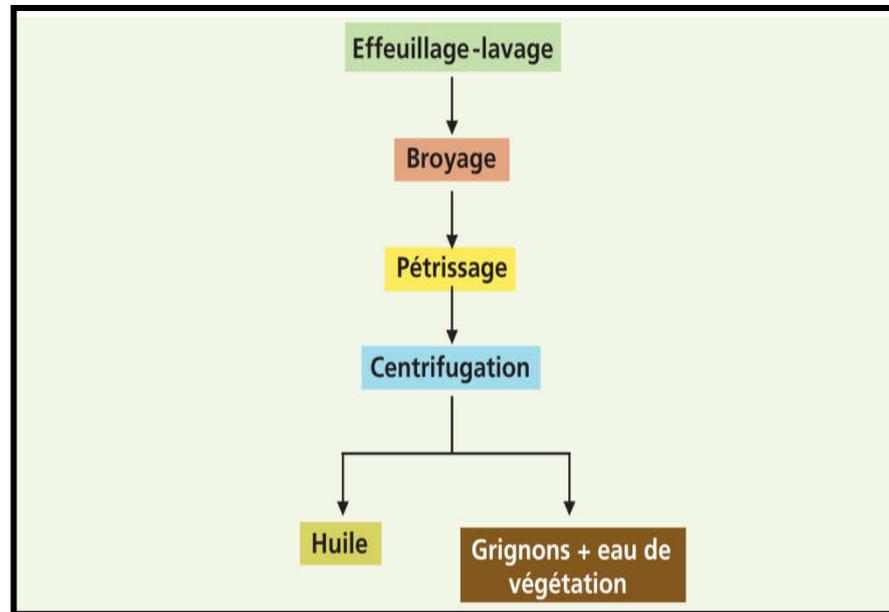


Figure 5 : Processus d'extraction d'huile avec système continu avec 2 phases (Chimi, 2006)

Ce système est dit écologique car il permet de produire une huile d'olive de qualité sans la production d'effluents d'huilerie, il présente cependant, l'inconvénient de produire un grignon humide difficile à conserver. De plus, le grignon humide renferme de l'eau de végétation et par conséquent des polyphénols à activité anti-nutritionnelle potentielle (Yañez-Ruiz et Molina-Alcaide, 2007). La teneur de ces derniers variant en fonction de la variété et de la technique d'extraction d'huile utilisée (Zaidi *et al.*, 2009).

Le processus d'extraction d'huile utilisé conditionne la composition du grignon obtenu (Nefzaoui, 1991a ; Chaabane *et al.*, 1997; De Blas *et al.*, 2015). En effet, selon Chaabane *et al.* (1997), 3 différents types de grignons d'olives sont obtenus selon le mode d'extraction d'huile utilisé :

➤ Les grignons bruts issus des huileries traditionnelles qui utilisent un système de presse hydrauliques et de scourtins pour l'extraction de l'huile (Figure 2).

➤ Les grignons épuisés obtenus après l'extraction de l'huile des grignons bruts par solvant ; le plus communément utilisé étant l'hexane (Alcaide et Nafzaoui, 1996).

➤ Les grignons issus des huileries modernes qui utilisent un procédé d'extraction en chaîne continue (Figure 3).

De plus, le grignon d'olives peut subir un dénoyautage partiel qui consiste en la séparation partielle des noyaux et de la pulpe d'olives. Le produit de cette étape est le grignon d'olive partiellement dénoyauté (Amici *et al.*, 1991).

Selon Thériez et Boule (1970), les olives peuvent être également dénoyautées avant l'extraction de l'huile, le produit obtenu est constitué uniquement de la pellicule et de la pulpe du fruit et il est désigné par l'appellation de pulpe d'olives. Selon, Alcaide et Nafzaoui (1996), les pulpes d'olives constituent un sous produit riche en eau (60%) et difficile à conserver

D'autres facteurs peuvent influencer la composition du grignon d'olive tels que les caractéristiques des olives pressées, le climat et l'origine géographique des olives (Mioč *et al.*, 2007).

I.2. Le grignon d'olives en alimentation animale

Selon Dal Bosco *et al.* (2007), la composition chimique particulière du grignon d'olives lui confère un intérêt certain en alimentation animale, particulièrement celle des ruminants et du lapin. En effet, selon le procédé d'extraction utilisé, le grignon séché peut contenir 80% de MS, 5,3 %PB, 7,5% MG et 49,7% de CB (Rupič *et al.*, 1999). Si la teneur élevée en cellulose brute du grignon d'olives limite son incorporation dans l'aliment destiné au porc et au poulet, elle ne présente pas en revanche d'inconvénients dans le cas des ruminants et du lapin. Cependant, la faible valeur nutritive du grignon et sa teneur en éléments antinutritionnels imposent son utilisation en association avec d'autres composants de la ration (Chaabane *et al.*, 1997).

Le taux d'incorporation du grignon d'olives dépend du type de grignon utilisé, du modèle animal auquel l'aliment est destiné, des performances zootechniques visées (entretien, sauvegarde, production) et de la composition de la ration (Gharbi et Benarif, 2011).

I.2.1. Cas des ruminants

Selon Keli *et al.* (2009) le potentiel chimique (énergie, protéines brutes et en fibres) intéressant du grignon d'olives justifie le nombre important de travaux réalisés en vue de cerner les possibilités de son utilisation en alimentation des ruminants ; ces derniers étant des herbivores capables d'utiliser efficacement les matières premières riches en parois cellulosiques (Alcaide et Nafzaoui, 1996).

En effet, l'utilisation du grignon d'olives chez les ruminants a révélé de nombreux avantages:

➤ La matière grasse et l'acide oléique que renferme le grignon d'olives permettent d'améliorer la qualité nutritionnelle du lait de chèvre (Keli *et al.*, 2009). En effet, le grignon d'olives peut améliorer la qualité des matières grasses du lait en réduisant les acides gras polyinsaturés à courte chaîne responsable d'hypercholestérolémie au profit des acides gras polyinsaturés considérés bénéfiques pour la santé (Berbel et Posadillo, 2018).

➤ Il semblerait que les polyphénols des grignons d'olives peuvent réduire l'activité microbienne impliquée dans l'hydrogénation de l'acide oléique ce qui a pour conséquence de réduire la teneur en AG saturés en faveur des AG insaturés et conduire ainsi à l'amélioration de la qualité nutritionnelle du lait (Keli *et al.*, 2009). Aussi, selon Pallara *et al.* (2014), le grignon d'olives gagnerait à être utilisé en alimentation des ruminants afin d'améliorer la qualité des produits en inhibant l'hydrogénation des acides gras alimentaires.

➤ Selon Molina et Aguilera (1991), le grignon d'olives peut être utilisé comme complément de la ration de base des ovins en production dans les régions arides où la paille de céréales est utilisée comme seul aliment des animaux à l'entretien. Faye *et al.* (2013) le recommandent également dans le cas des camelins.

➤ Tel que rapporté par Hadjipanayiotou (2000), le grignon d'olives représente une source alimentaire à faible coût compte tenu de sa valeur nutritive et de son prix comparé à ceux des matières premières conventionnelles (orge, tourteau de soja,...). Son utilisation en alimentation animale permettra d'augmenter sa valeur marchande (Hadjipanayiotou, 2000 ; Berbel et Posadillo, 2018) et sa vente sous forme d'ensilage peut constituer une source de revenus supplémentaire pour l'éleveur (Hadjipanayiotou, 2000). L'incorporation du grignon d'olive en alimentation animale permet également de réduire le coût global de l'aliment. En effet, selon Gharbi et Benarif (2011), l'utilisation du grignon d'olives en substitution du concentré ou d'un des constituants de la ration des animaux permettrait aux éleveurs et aux pouvoirs publics de réaliser d'importantes économies. Obeidat (2017) rapporte que l'incorporation de 15% de grignon d'olives à la ration des agneaux en croissance permet de réduire le coût de l'aliment de 52 \$/tonne.

En prenant en considération le coût du stockage du grignon d'olives, Keleş (2015), estime rentable d'utiliser du grignon dénoyauté dans l'alimentation des ruminants car l'élimination du noyau permet d'obtenir un aliment de bonne valeur nutritionnelle ayant une incidence positive sur le coût de production, les performances animales et la qualité des produits.

I.2.1.1. Les bovins

De nombreuses études ont été réalisées en vue d'utiliser de façon rationnelle le grignon d'olives dans l'alimentation du bovin à l'engraissement et de la vache laitière.

Dans de nombreux pays méditerranéens, la viande bovine est produite en alimentant les animaux avec des quantités importantes de concentré et de paille d'orge (Estaún *et al.*, 2014). Dans ces conditions, le coût de production est élevé et compromet la rentabilité des élevages. Plusieurs travaux ont permis d'observer que l'utilisation du grignon d'olives dans l'alimentation des bovins est alors une alternative intéressante pour produire à moindre coût. En effet, il a été démontré que l'incorporation du grignon d'olive dénoyauté et épuisé n'affecte pas les performances des bovins à l'engrais durant toute la période de croissance (Estaún *et al.*, 2014). Selon ces mêmes

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

auteurs, le grignon d'olive introduit dans la ration, n'affecte ni les caractéristiques physico-chimiques du rumen (pH, concentration en ammoniac et en AVG), ni son activité microbienne.

Quant aux travaux de Branciarri *et al.* (2015), ils indiquent que de nombreuses substances d'origines végétales possèdent des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes et que leur utilisation en tant que conservateur naturel dans l'alimentation animale permet de prolonger la durée de conservation de la viande et des produits carnés. Ces auteurs ont confirmé ces résultats lors de l'utilisation du grignon d'olives dans l'alimentation des bovins à l'engraissement. Les polyphénols de ce sous-produit ont prolongé de manière conséquente la durée de stockage de la viande en retardant l'oxydation des lipides, la détérioration de la couleur et le développement d'odeurs désagréables même si aucun effet antimicrobien n'a été observé.

En outre, les études relatant l'utilisation du grignon d'olives en alimentation des ruminants concernent généralement son utilisation chez les petits ruminants, alors que les données liées à son utilisation chez les vaches laitières à productivité élevée sont rares (Cibik et Keles, 2016). Cependant, selon Jammal *et al.* (1998), la distribution d'un supplément de 5% de grignon d'olives aux vaches laitière n'affecte pas la quantité de lait produite (13,66 vs 14,06 kg/j) ou sa qualité sensorielle et permet d'obtenir un lait plus riche en matière grasse (3,47 vs 3,32%) comparé à celui des vaches recevant un complément de 5% de tourteau de coton. En outre, l'incorporation du grignon d'olives permet une meilleure persistance de la production laitière (98,4 vs 82%). Cibik et Keles (2016) rapportent également que l'incorporation de l'ensilage du grignon d'olives dans la ration de vaches laitières en substitution partielle de fourrages conventionnels (foin et paille d'orge) n'a pas d'effet négatif sur la production laitière (17,71 vs 18,08 kg/j) ou sur la teneur en matière grasse du lait. Cependant, il a été observé une chute importante du poids vif des animaux tel que rapporté précédemment par Hidjipanayioutou (1999).

Quant au grignon dénoyauté, son incorporation à un taux de 5,6% dans la ration des vaches laitières n'a pas affecté selon Zilio *et al.* (2015) les performances des animaux

(poids vif et indice d'état corporel) ni la quantité (25,3 vs 25,7) ou la qualité de lait produit (teneur en protéines, en matières grasses, en urée, lactose, pH et paramètres de coagulation du lait).

L'essai mené par Cibik et Keles (2016) indique que l'incorporation du grignon d'olives dénoyauté et sous forme de pellets au taux considérablement élevé de 13%, en substitution à 8% de fourrage et à 5% de la ration totale des vaches laitières à haut rendement, n'a pas d'effet négatif sur la production laitière (50,9 vs 47,5 kg/j) et la teneur en matière grasse du lait (44,5 vs 45,7 kg / j), mais réduit l'efficacité alimentaire du régime, en raison probablement de la faible taille des particules qui provoque un transit rapide conduisant à la baisse de la digestibilité. Les résultats appuient la possibilité d'utiliser le grignon d'olive dénoyauté dans les régimes alimentaires des vaches laitières à haut rendement, mais les auteurs préconisent de l'utiliser pour substituer le concentré plutôt que les aliments grossiers.

Cependant, la forte teneur en cellulose brute (27 à 41%), rend l'utilisation du grignon d'olives peu probable chez les vaches laitières fortes productrices compte tenu des besoins métaboliques et nutritionnels particuliers de ces animaux (Chiofalo *et al.*, 2004 ; Habeeb *et al.*, 2017). Le grignon d'olives peut trouver sa place dans la ration alimentaire des bufflonnes en lactation (Terramoccia *et al.*, 2013). En effet, les mêmes auteurs observent que lorsqu'il est dénoyauté, son incorporation à un taux de 15% améliore la qualité nutritionnelle du lait même si elle reste sans effet significatif sur l'indice d'état corporel, le poids vif ainsi que la quantité de lait produite par les animaux (10.08 vs 9.69kg/j). Dans les mêmes conditions d'utilisation, les paramètres de fabrication du fromage reste pratiquement inchangé. Les mêmes résultats ont été rapportés par Taticchi *et al.* (2017) lorsque le taux d'incorporation du grignon d'olive dénoyauté atteint les 20% de l'aliment concentré destiné à des bufflonnes en lactation. Ces mêmes auteurs rapportent que l'incorporation du grignon d'olives dénoyauté permet également d'améliorer la qualité nutritionnelle et diététique du fromage mozzarella produit à partir du lait de bufflonne en modifiant le profil en acides gras en faveur d'acides gras insaturés.

I.2.1.2. Les ovins

Plusieurs travaux rapportent l'utilisation du grignon d'olives en alimentation des agneaux en croissance et des brebis en production.

Dans les conditions d'élevage en régions arides et semi arides, la végétation n'est disponible que pendant une courte durée de 3 à 4 mois, cette période de forte végétation permet une production laitière des brebis ainsi qu'une croissance rapide des agneaux. Cependant, la qualité des parcours décline rapidement, avant que les agneaux ne puissent atteindre leur poids commercial de 36kg (Al Jassim *et al.*, 1997). Aussi, en raison de la sécheresse et du surpâturage, les systèmes de production d'agneaux tendent actuellement à s'orienter vers des systèmes utilisant d'importantes quantités de concentré (Hamdi *et al.*, 2016). En effet, assurer un régime équilibré est essentiel pendant la période de croissance pour que les agneaux expriment pleinement leur potentiel de croissance. Cependant ce type de régimes équilibrés sont coûteux et amènent les producteurs à introduire dans l'aliment, des sous-produits agro-industriels, tels que le grignon d'olives (Obeidat, 2017). En effet, selon Alcaide et Nafzaoui, (1996), le grignon d'olives doit jouer un rôle important comme source alimentaire pour les petits ruminants.

Ainsi, la substitution du maïs par du grignon d'olives à des taux de 15% dans les aliments concentrés pour agneaux, permet un gain de poids vif, un poids de la carcasse et un rendement à l'abattage similaires à ceux des animaux recevant un aliment concentré commercial pour engraissement (Mioč *et al.*, 2007). Selon les résultats d'une étude plus récente sur agneaux, l'incorporation du grignon d'olives jusqu'à un taux de 25% de l'aliment concentré, n'affecte pas les performances d'engraissement, le poids vif corporel, le gain de poids vif, la quantité de MS ingérée, l'indice de conversion alimentaire et le poids vif de la carcasse (Ozdogan *et al.*, 2017). La même tendance de résultats est rapportée par Kotsampasi *et al.* (2017), lorsque la ration destinée aux agneaux comporte 24% de grignon d'olives dénoyauté et épuisé ; de plus, la couleur et la conformité de la carcasse, ainsi que la fermeté de la graisse qu'elle renferme, sont améliorées. Les résultats d'une étude publiée en 2013 par Luciano et ses collaborateurs, ont démontré que l'incorporation du grignon d'olives jusqu'à un

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

taux de 35% de l'aliment concentré n'a pas eu d'effet négatif sur la croissance des agneaux, le poids de la carcasse ni sur la teneur en matière grasse du muscle comparé à un aliment concentré conventionnel. Au taux d'incorporation de 20% de la ration, le grignon d'olive n'affecte pas la qualité organoleptique de la viande d'agneaux (Hamdi *et al.*, 2016) suite à son faible effet sur la composition intramusculaire en acides gras en raison de la forte bio-hydrogénation de l'acide oléique contenu dans le grignon (Mele *et al.*, 2014).

L'étude menée par Abo Omar *et al.* (2012) souligne en définitive que le grignon d'olives peut être incorporé sous forme brut, ensilée, ou traité avec un alcalin dans les aliments composés à un taux d'incorporation de 15% de la ration d'agneaux sans effet négatif sur les performances de croissance des animaux.

L'utilisation du grignon d'olive comme substitut partiel à un fourrage grossier de bonne qualité, s'avère également intéressante. En effet, Farghaly *et al.* (2018), rapportent que le grignon d'olives broyé et partiellement dénoyauté, peut remplacer le foin de trèfle dans les rations d'agneaux à des taux d'inclusion allant de 33 à 67% (traité ou non avec du polyéthylène glycol), sans effets néfastes sur le coefficient de digestibilité, la fonctionnalité du rumen ou les performances de croissance des animaux. Ainsi, bien que l'incorporation du grignon d'olives à 150g/kg MS de la ration destinée aux agneaux tend à réduire la digestibilité de la MS, des MAT, des fractions NDF et ADF, l'efficacité alimentaire, le gain de poids vif moyen total ainsi que le poids vif final demeurent inchangés (Obeidat, 2017). Des résultats similaires ont été obtenus lorsque du grignon d'olives épuisé et partiellement dénoyauté a été incorporé à un taux de 10% en substitution du foin d'avoine et du tourteau de tournesol et à un taux de substitution de 20% du foin d'avoine et de tourteau de soja (Tufarelli *et al.*, 2013). Selon ces mêmes auteurs, l'incorporation du grignon d'olives n'affecte pas non plus les principales caractéristiques des carcasses d'agneaux. Cependant, Hadjipanayioutou et Koumas (1996), rapportent que l'incorporation de l'ensilage de grignon d'olives à raison de 30% de la ration des agneaux en substitution partielle des aliments conventionnels (concentré et foin d'orge) permet d'obtenir des gains de poids faibles à modérés bien que la valeur nutritive de l'ensilage de grignon est plus importante que celles obtenues *in vitro*. Tandis que, Caparra *et al.* (2003),

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

rappellent que les agneaux recevant un ensilage du mélange pulpes d'agrumes, de grignons d'olives et de paille de blé hachée à des proportions de 65, 30 et 5% respectivement permet d'obtenir des performances et des caractéristiques de la carcasse similaires à celles des animaux recevant un aliment conventionnel. Selon Foti *et al.* (2003) l'utilisation de cet ensilage n'affecte pas la qualité de la viande obtenue.

En outre, l'utilisation du grignon d'olives traité à l'urée en substitution à 30% de l'orge n'a pas d'effet négatif sur le poids final des agneaux (34,5 vs 36,0 kg) (Al Jassim *et al.*, 1997). En effet, l'utilisation du grignon d'olives traité a permis d'obtenir un poids commercial au bout de 75j en utilisant une quantité totale de grignon d'olives traité à l'urée de 47 kg en substitution à 27 kg d'orge.

Il a été démontré que le dépôt de gras ainsi que le profil en acides gras de la viande d'agneaux peut être modifié par le régime de l'alimentation (Vera *et al.*, 2009). Ainsi, l'incorporation de certaines matières premières telle que les graines de lin dans l'alimentation des agneaux permet d'augmenter la teneur en acides gras insaturés de la viande, mais conduit à la réduction de la résistance à l'oxydation (Luciano *et al.*, 2013 ; Gravador *et al.*, 2015). En effet, au cours du processus d'oxydation des lipides, des radicaux libres sont produits, pouvant se répondre et conduire à des dommages oxydatifs à la fois des lipides et des protéines de la viande, par conséquent, lorsque des stratégies d'alimentation visant à augmenter les niveaux d'Acides Gras Polyinsaturés dans le muscle sont mises en œuvre, il est important d'incorporer des matières premières contenant des facteurs antioxydants en quantité adéquate. En effet, l'incorporation du grignon d'olives à un régime destiné aux agneaux augmente la concentration en vitamine E dans le muscle et permet par conséquent d'améliorer la stabilité oxydative de la viande. Ainsi, l'incorporation des graines de lin combinées avec le grignon d'olives permet d'améliorer la résistance à l'oxydation de la viande (Luciano *et al.*, 2013 ; Gravador *et al.*, 2015) due aux facteurs antioxydants contenus dans le grignon d'olives, cependant, cela n'a pas produit des changements appréciables dans la formation des composés organiques volatiles dans la viande d'agneau (Gravador *et al.*, 2015). En outre, l'utilisation d'un régime à base de grignon d'olives permet d'améliorer le profil en acides gras des lipides sous cutanées par une

diminution des acides gras saturés au profit d'acides gras mono-insaturés (Vera *et al.*, 2009).

Salem et Znaidi (2008), rapportent également que l'utilisation chez les agneaux de blocs multi-nutritionnels à base de grignon d'olives permettra aux agriculteurs d'économiser 75% du concentré sans effet négatif sur les performances des animaux.

Par conséquent, ce sous-produit de l'industrie oléicole peut être considéré comme une matière première alternatif, importante et peu coûteuse qui permet de diminuer les coûts de production sans perturber les performances de production des agneaux (Kotsampasi *et al.*, 2017 ; Farghaly *et al.*, 2018). Adopter cette option permet de fournir aux unités d'engraissement des matières premières non conventionnelles à faible coûts tout en permettant de réduire la pollution de l'environnement du au dépôts des déchets des industries oléicoles (Abo Omar *et al.*, 2012). En effet, selon Obeidat (2017), la composition chimique du grignon d'olives en fait un aliment alternatif potentiel pour remplacer la paille de blé et autres ingrédients alimentaires coûteux. D'autant plus qu'Owaimer *et al.* (2004), rapportent, sur la base des résultats qu'ils ont obtenus sur les performances de croissance des ovins, qu'il semblerait que le grignon d'olives brut est une matière première meilleure que la paille de blé communément utilisée en Arabie Saoudite.

Bien que le grignon d'olive n'a pas eu d'effet néfaste sur les agneaux, l'incorporation de ce sous produit dans la ration alimentaire des animaux reproducteurs peut entraîner l'usure des dents en raison de la présence des noyaux durs (Al Jassim *et al.*, 1997).

Le grignon d'olives peut également être utilisé en alimentation des brebis en substitution partielle des aliments conventionnels (grain d'orge, tourteau de soja et foin d'orge) sans affecter sa production laitière et son gain de poids (Hadjipanayiotou, 1999). Bien que, Thériez et Boule (1970) rapportent que des brebis en fin de gestation recevant un complément contenant 100g d'orge et 100g de grignon d'olives ont eu un gain de poids plus faible (5,2 vs 6,2 kg) et ont mis bas d'agneaux significativement plus légers que ceux du lot témoin, un travail plus récent rapporte que l'incorporation du grignon d'olives dans l'aliment destiné aux brebis ne perturbe pas le déroulement de la gestation et est compatible avec une croissance normale des agneaux allaités

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

(Molina et Aguilera, 1991). En effet, selon Marzouk *et al.* (2017), la substitution de la ration des brebis avec du grignon d'olives à un taux de 20% n'affecte pas la production laitière et le poids des agneaux allaités. En outre, selon les mêmes auteurs, nourrir les brebis en période de reproduction, fin de gestation ou en période d'allaitement, à base d'une ration contenant 20% de grignon d'olives est économiquement plus rentable. Cependant, selon Abbeddou *et al.* (2015), l'incorporation du grignon d'olives à 30% de la ration en substitution partielle du fourrage et du concentré a induit une baisse de 10% de la quantité de lait produit ainsi qu'une baisse de la teneur en protéines du lait. Tandis que, Shdaifat *et al.* (2013), rapportent que l'incorporation du grignon d'olive dans la ration alimentaire des brebis à raison de 20% n'affecte pas les performances des animaux (gain de poids, la quantité et la qualité du lait produit).

Hadjipanayiotou (1999), rapportent également que l'incorporation de l'ensilage de grignon d'olives en alimentation des brebis en substitution partielle au foin et paille d'orge, n'a pas d'effet négatif sur la quantité de lait produite (2,12 vs 2,09 kg/j) et qu'il permet d'améliorer la teneur en matière grasse du lait. Abbeddou *et al.* (2011a), rapportent également que l'incorporation du grignon d'olives à un taux de 30% dans les rations des brebis permet d'améliorer le profil en acide gras du lait et d'obtenir un lait de meilleure qualité nutritionnelle pour les consommateurs.

En outre, Chiofalo *et al.*, (2004), rapportent une augmentation de la quantité de lait produite (772 vs 649g) chez les brebis recevant le grignon d'olives partiellement dénoyauté à un taux d'incorporation de 25% de l'aliment concentré. Selon les mêmes auteurs, le grignon d'olives peut être utilisé en alimentation des brebis compte tenu de son effet positif sur la production laitière et du fait qu'il n'affecte pas la composition chimique et les propriétés de coagulation du lait et permet d'améliorer les caractéristiques nutritionnelles et diététiques du lait démontré par une augmentation du ratio AG insaturés / AG saturés. Selon Vargas-Bello-Pérez *et al.* (2013), le lait de brebis et le fromage qui en dérive sont riches en acides gras saturés, cependant, son profil en acides gras peut être naturellement modifier en incorporant des matières premières sources d'acides gras insaturés tel que le grignon d'olives. Ainsi, l'incorporation du grignon d'olives partiellement dénoyauté à la ration des brebis laitière n'a pas eu

d'effet négatif sur la production laitière et la composition chimique du lait tandis que, la teneur en acide gras-oléique, en acides gras mono-insaturés ainsi que le rapport n-6 / n-3 ont augmenté de façon significative dans le lait et le fromage des brebis recevant le grignon d'olives (Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2013). Les mêmes résultats ont été obtenus concernant le profil en acide gras du lait de brebis recevant du grignon d'olives dans l'étude conduite par Abbeddou *et al.* (2015).

I.2.1.3. Les caprins

L'utilisation du grignon d'olives en alimentation des chèvres donne des résultats intéressants compte tenu de sa capacité à améliorer la qualité nutritionnelle de lait.

Selon, Keli *et al.* (2009), l'incorporation du grignon d'olives en alimentation des chèvres laitières n'a pas d'effet négatif sur leur niveau de production ou sur la qualité physico-chimique du lait. En effet, le grignon d'olives présente un intérêt nutritionnel étant un sous produit riche en matière grasse principalement en acides gras insaturés qui représentent 96% des acides gras totaux (Ayadi *et al.*, 2009). Aussi, la substitution partielle de l'aliment concentré par l'ensilage de grignon d'olives dénoyautés et non épuisé dans l'alimentation des chèvres en lactation est avantageuse compte tenu de l'amélioration de la qualité nutritionnelle du lait et l'absence d'effet négatif sur le niveau de production. Ainsi, selon Keles *et al.* (2017), l'incorporation de l'ensilage de grignon d'olives dénoyauté à raison de 20% de la ration alimentaire des chèvres laitières n'affecte pas la quantité de lait produite et améliore la teneur en matière grasse ainsi que le profil de ces dernière avec une augmentation des acides gras mono-insaturés et la diminution des acides gras saturés. Tandis que, Hadjipanayiotou (1999) rapporte que, l'incorporation de l'ensilage de grignon d'olives, en substitution partielle du foin et paille d'orge, n'a pas eu d'effet négatif sur la quantité de lait produite (2,05 vs 2,10kg/j) et ni sur la composition chimiques du lait, mais les chèvres recevant cette ration ont subit une perte de poids importante.

Ayad *et al.*(2009), rapportent également que l'incorporation du grignon d'olives à un taux de 25% du concentré n'affecte pas la quantité de lait produite et permet d'améliorer sa qualité étant donnée que la teneur en matière grasse et en matière protéique passent de 3,10% à 4,23% et 34,6g/kg à 36,0g/kg MS chez les chèvres qui

ne recevaient pas de grignon d'olive et celle alimenté avec du grignon d'olives respectivement, cela peut être expliquer par l'augmentation de l'apport de l'azote fermentescible qui favorise l'activité de la flore ruminale ce qui a pour conséquence d'optimiser le métabolisme au niveau de la mamelle. Les auteurs rapportent également, que l'acide α -linoléique qui est le précurseur des acides gras polyinsaturés a significativement doublé dans le lait des chèvres recevant le grignon d'olives. Des résultats inverse ont été obtenu lorsque le grignon d'olives a été utilisé en substitution complète des graines de coton dans la ration des chèvres laitières, conduisant à une baisse de la teneur en matière grasse et en protéines du lait, bien que la quantité de lait n'a pas été affecté (Gül *et al.*, 2010). Aussi, afin d'éviter les effets négatifs du grignon d'olives sur la qualité du lait les auteurs suggèrent d'utilisé une ration contenant 10% de graines de coton et 10% de grignon d'olives.

Molina-Alcaide *et al.* (2010), rapportent également que l'incorporation du grignon d'olives à raison de 100g/kg dans des blocs multi-nutritionnels contenant des ingrédients locaux (fèves, orge, mélasse de betterave, tournesol, urée, des sels et vitamines), peut permettre de réduire de moitié la quantité de concentré distribué aux chèvres sans nuire à l'utilisation des nutriments et la composition du lait. Selon les mêmes auteurs, la diminution de la quantité de lait produite suite à l'utilisation des blocs multi-nutritionnels peut être compensée par une meilleure qualité du lait, la diminution du coût d'alimentation et les avantages environnementaux qui découlent de la valorisation de ce sous produits.

Une comparaison entre la digestibilité *in vitro* du grignon d'olives chez la chèvre et la brebis a montré des valeurs plus faibles chez cette dernière, ainsi l'environnement du rumen de la chèvre semble plus adapté à l'utilisation du grignon d'olives (García *et al.*, 2003).

Selon Salem *et al.* (2003), un bloc multi-nutritionnel à base de grignon d'olives représente un supplément rentable pour une amélioration efficace de la valeur alimentaire d'une ration à base de feuilles de chêne chez la chèvre tout en permettant de maintenir les animaux en bonne santé.

Les résultats d'une étude conduite sur les boucs, indiquent que, l'incorporation du grignon d'olives traité à la chaux éteinte, à un taux de 30% de la ration du bouc adulte n'a pas d'effet négatif sur l'ingestion et l'utilisation des nutriments et les performances des animaux (Ishfaq *et al.*, 2017). En effet, selon les mêmes auteurs, l'incorporation du grignon d'olives traité n'affecte pas le poids corporel ni l'ingestion de la matière sèche et matière organique. La faible digestibilité du grignon d'olives peut avoir été atténuée par l'affaiblissement de la structure ligno-cellulosique par le traitement à la chaux. Tandis que l'utilisation du grignon d'olives à 30% de la ration des chevreaux en substitution partielle des aliments conventionnels permet d'obtenir des gains de poids modéré à faible (Hadjipanayiotou et Koumas, 1996).

Ainsi, selon Alcaide et Nafzaoui (1996), en prenant en compte les besoins énergétiques des ovins et des chèvres, les sous produits de l'oléiculture (grignon d'olives et résidus de la taille) pourraient potentiellement répondre aux exigences des petits ruminants (2251 millions de têtes de moutons et 1077 millions de têtes de chèvres) pendant 117 jours de l'année.

Faye *et al.* (2013), rapportent que l'incorporation du grignon d'olives dans la ration des chamelles n'a pas d'effet négatif sur la production laitière, sur les teneurs en matière grasse et en matière protéique du lait. En définitive, chez les ruminants, il apparaît que la valeur nutritive de ce sous produit varie considérablement, puisque les valeurs de digestibilité du grignon dépendent du type de grignon évalué, de son taux d'incorporation dans la ration, de la méthodologie de mesure de la digestibilité utilisée (Alcaide et Nafzaoui, 1996). La valeur nutritive du grignon d'olives chez le ruminant est corrélée à l'importance de la fraction digestible dans le rumen (Sadeghi *et al.*, 2009). Sa faible utilisation tant au niveau digestif que métabolique serait en rapport avec sa teneur élevée en lignine ainsi qu'au processus d'extraction de l'huile qui nécessite des températures élevées ; les nouveaux procédés d'extraction de l'huile par centrifugation ont permis de lever cette dernière contrainte. En effet, le grignon d'olives est un sous produit riche en parois cellulaires (62,4 NDF ; 54 ADF et 32,8 ADL en %MS) et pauvres en protéines brutes (7,88%MS) et la majeure partie de l'azote est fixée à la fraction lignocellulosique (García *et al.*, 2003). Selon les mêmes auteurs, le grignon d'olives est caractérisé par des valeurs de digestibilité et de

dégradabilité faibles (dégradabilité in vitro de 410,5 g/kg MS obtenus en utilisant du jus de rumen de chèvres et de brebis). De plus, la présence, des composés phénoliques dans les grignons d'olives réduit la prise alimentaire et entraîne une baisse de la digestibilité des différents principes nutritifs de la ration (Sadeghi *et al.*, 2009). Cette observation confirme les résultats rapportés par Yañez-Ruiz et Molina-Alcaide (2007) qui précisent que l'incorporation du grignon d'olives augmente la teneur en tanins des aliments et conduit à une baisse de la digestibilité de la matière sèche (MS), la matière organique (MO), des fractions NDF, ADF et celles des protéines brutes (PB). Yañez-Ruiz et Molina-Alcaide (2007) ainsi que Sadeghi *et al.* (2009) estiment que les conditions de la dégradation du grignon d'olives dans le rumen des chèvres sont plus favorables à celles des brebis.

De plus, selon Mioč *et al.* (2007) l'utilisation du grignon d'olives à des taux élevés (30%) chez l'agneau réduit significativement le gain de poids vif, le poids vif final, le poids de la carcasse vide ainsi que le rendement de la carcasse. L'incorporation optimale du grignon à hauteur de 15% est recommandée par ces auteurs. Les animaux qui recevaient le grignon d'olives présentaient des proportions significativement plus élevées de l'estomac et des intestins par rapport aux animaux qui ne le recevaient pas. En effet, la consommation des aliments riches en cellulose brute, comme c'est le cas du grignon d'olives, conduit à l'élargissement du rumen ainsi que d'autres compartiments du tractus digestif afin d'augmenter le temps du séjour de l'aliment et par conséquent de sa digestibilité. Selon les mêmes auteurs, l'incorporation du grignon d'olive à 15% de l'aliment concentré des agneaux est un optimum qui permet d'éviter l'effet négatif sur le gain de poids, le poids de la carcasse et le rendement en viande des carcasses.

I.2.1.4. Procédés d'Amélioration de la valeur nutritive du grignon d'olives chez les ruminants

La documentation spécialisée indique que la digestibilité du grignon d'olive et sa valeur nutritionnelle sont dépréciées par de nombreux facteurs. Afin de les améliorer, plusieurs traitements ont été testés. Les traitements physiques (broyage, tamisage), chimiques à base de NaOH ou de NH₄OH (Amici *et al.*, 1991 ; Alcaide et Nafzaoui,

1996 ; Ouaini *et al.* 2010) ou biologique par un procédé de fermentation (Ouaini *et al.* 2010).

Le traitement du grignon d'olives à la soude et à l'urée permet d'améliorer sa qualité (Owaimer *et al.*, 2004) : la teneur en protéines brutes du grignon est triplée sans impact négatif sur la santé des agneaux. Cependant, le traitement du grignon gras peut provoquer la formation de savon par saponification il est donc préconisé de traiter des grignons épuisés ou utiliser des alcalins (Na_2CO_3 , NH_4OH) qui n'engendrent pas des réactions de saponification (Sansoucy, 1985). Le traitement à la soude permet certes une amélioration de la valeur nutritionnelle du grignon d'olives, mais reste de portée limitée sur le terrain à cause du coût élevé de sa mise en œuvre (Sansoucy, 1985 ; Amici *et al.*, 1991 ; Mohamed Brahmi *et al.*, 2010). Les travaux de Abo Omar *et al.* (2012) ne rapportent pas d'amélioration du poids de la carcasse des agneaux et de sa qualité lorsque la ration renferme du grignon d'olives traité aux alcalins. Cette observation confirme les résultats des travaux de Molina *et al.* (1988), qui indiquent que quoique le traitement à la soude a un effet important sur la digestibilité des constituants pariétaux, sa valeur nutritive reste faible. Selon Mohamed Brahmi *et al.* (2010), le traitement le plus prometteur semble être celui de l'ensilage de grignon d'olives par de l'ammoniac gazeux qui permet une amélioration de la digestibilité et représente un apport supplémentaire en azote à faible coût

Plus récemment, Ishfaq *et al.* (2017) observent que le traitement du grignon d'olives à la chaux éteinte (6% de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) permet d'atténuer l'effet dépressif de sa teneur élevée en gras sur la digestibilité des protéines brutes ingérées.

Parmi les traitements physiques, le tamisage du grignon d'olives permet de réduire la teneur en constituants pariétaux peu digestibles de 30% ce qui a pour conséquence d'améliorer la digestibilité de la matière organique de la ration de 12 points par rapport au grignon non traité (Nefzaoui, 1991b).

Cependant, selon Sadeghi *et al.* (2009), le grignon dénoyauté semble avoir une meilleure valeur nutritive que les autres types de grignons (grignon brut ou partiellement dénoyauté) puisqu'il permet d'améliorer le gain de poids vif, les

performances de croissance et l'indice de conversion alimentaire d'agneaux en croissance. En effet, selon les mêmes auteurs, le dénoyautage du grignon d'olives augmente significativement la digestibilité de ses constituants et par conséquent celle de sa valeur nutritive; de plus, le grignon d'olives dénoyauté contient moins de substances phénoliques comparé au grignon brut.

Les mesures de digestibilité *in-vitro* réalisées par Weinberg et Weinberg, (2008) indiquent de faibles valeurs de CUD de la matière sèche : 300g/kg, que le dénoyautage n'améliore que de 5%.

En revanche, l'épuisement du grignon d'olives améliore de façon significative (60 à 125% pour la méthode de jus de rumen et de 20 à 74% pour celle à la cellulase) la digestibilité *in-vitro* de la matière sèche (Zaidi *et al.*, 2008).

Sur la base des résultats de digestibilité *in situ* obtenus par Álvarez-Rodríguez *et al.* (2009), il apparait que le grignon d'olives brut a une meilleure valeur nutritionnelle comparée à celle du grignon d'olives déshuilé, cependant sa teneur élevée en MG limite la digestibilité de l'ensemble de la ration.

L'ensilage est une technique qui permet de réduire de 40% la teneur en polyphénols susceptibles d'interférer avec l'utilisation des protéines du grignon d'olives, entraînant ainsi l'amélioration de sa valeur nutritive (Weinberg et Weinberg, 2008). Selon (Sansoucy, 1985), il est recommandé de compléter du grignon d'olives par une source azotée de bonne qualité et de faible coût. A cette fin, Nefzaoui (1991b) préconisent l'utilisation des fientes de volailles dont l'intérêt a été appuyé dans cette perspective par Hadjipanayiotou et Koumas (1996). Les fientes de volailles étant riches en azote non protéique il est recommandé d'utiliser l'association fientes de volailles-grignons pour l'alimentation des ruminants que celle des monogastriques et de l'accompagner d'un apport énergétique. Ainsi, l'association au mélange fientes-grignon de pulpe de betterave, améliore la digestibilité (Nefzaoui, 1991b). Rowghani *et al.* (2008), rapportent également, qu'un traitement préalable du grignon d'olives avec 8% de mélasse, 0,4% d'acide formique et de 0,5% d'urée permet d'améliorer la composition chimique et la valeur nutritive de l'ensilage de grignon d'olives qui peut

constituer une source alimentaire non conventionnelle satisfaisante et économique pour les ruminants.

Plus récemment, des essais d'amélioration de la valeur nutritive du grignon d'olive par l'utilisation d'additifs ont été menés : enzymes exogènes (Awawdeh et Obeidat, 2013) ou levures vivantes telle que *Saccharomyces cerevisiae* (Obeidat, 2017). Cependant, aucune amélioration de la digestibilité des régimes contenant du grignon d'olives ou des performances de croissances des agneaux n'en a résulté.

L'étude menée par Fadel et El-Ghonemy (2015) indique que l'utilisation de champignons produisant des enzymes ligno-cellulolytiques permet d'améliorer l'utilisation du grignon d'olives chez les ruminants en réduisant les facteurs antinutritionnels tel que les phénols et les fibres. Cependant, selon Brozzoli *et al.* (2010), bien que l'utilisation des champignons *Pleurotus ostreatus* et *Pleurotus pulmonarius* ait permis d'augmenter la teneur en protéines du grignon d'olives et d'observer une élimination marquée des phénols (50 à 90%) dès 6 semaines de traitement, la délignification engendrée est modérée et par conséquent, aucune amélioration de la digestibilité de la matière organique et de l'énergie nette n'a été constatée. En outre, les champignons dégradent les lipides du grignon d'olives et qui permettent d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits, il est donc préconisé de cibler les champignons ayant une activité réduite de dégradation des lipides afin de préserver la valeur nutritive du grignon traité (Shabtay *et al.*, 2009). Selon, Fadel et El-Ghonemy (2015), *Aspergillus oryzae* FK-923 est recommandé pour la production d'enzymes ligno-cellulolytiques, et l'amélioration de la teneur en protéines et de la digestibilité *in vitro* du grignon d'olives.

I.2.2. Cas des monogastriques

I.2.2.1. Le lapin

Le lapin est un herbivore capable de valoriser des matières premières fibreuses inutilisables par d'autres monogastriques. De plus, pour cet animal l'apport de fibres est indispensable afin d'éviter des troubles digestifs. En effet, l'apport de fibres dans les aliments destinés aux lapins a pour but de prévenir les diarrhées en fournissant du lest et l'encombrement nécessaire au bon fonctionnement du tube digestif ; des apports

au-dessus ou en-dessous de l'optimum induisent des troubles digestifs. Aussi, des apports en ADF de l'ordre de 18% et des apports en ADL > 5% sont recommandés (Gidenne *et al.*, 2019).

Toutefois, en formulation alimentaire, il est difficile d'atteindre cette teneur en fibres sans que la valeur nutritive de l'aliment ne soit réduite. L'incorporation du grignon d'olives comme source de fibres dans les aliments destinés aux lapins peut assurer un équilibre entre les différentes fractions de fibres et réduire les risques sanitaires sans pour autant diminuer les performances de croissance du lapin ou l'indice de conversion alimentaire (Carraro *et al.*, 2005). En outre, Le grignon d'olives a été utilisé sans problème à raison de 100% de la prise alimentaire quotidienne du lapin ce qui démontre l'absence de toxicité (Martinez-Pascual, 1980 ; Fernandez-Caramona *et al.*, 1996). En effet, selon Rupić *et al.* (1999) l'incorporation du grignon d'olives à des taux allant jusqu'à 20% n'affecte pas la santé des animaux ainsi que leurs poids vifs. Ce résultat est confirmé par Kadi *et al.* (2004) qui rapportent que l'incorporation du grignon d'olives brut à un taux de 20% n'affecte ni les performances de croissance ni le rendement à l'abattage des animaux, le grignon d'olives pourrait alors être utilisé comme source de fibres en substitution totale au foin de luzerne. Ben Rayana *et al.* (1994), rapportent également que l'incorporation du grignon d'olives à un taux de 23% en substitution totale de la farine de luzerne n'a pas eu d'effet négatif sur les performances des animaux ainsi que sur l'utilisation digestive de la matière organique. Selon les mêmes auteurs, la ration à base de grignon d'olives a amélioré le gain moyen quotidien : 26,0g/j vs 23,9g/j (aliment témoin à base de farine de luzerne) et l'indice de consommation : de 2,8 vs 3,1 (pour le témoin).

Chaabane *et al.* (1997) rapportent également que l'introduction du grignon d'olives dans la ration du lapin permet d'observer des résultats zootechniques (digestibilité des rations, consommation d'aliments, indice de consommation et rendement en viande) assez encourageants. En effet, selon l'incorporation de 3 types de grignon (brut, chaîne continue et épuisé) à un taux de 30% à la ration du lapin, permet d'obtenir des gains de poids respectivement de 31,7 ; 31,0 ; 29,9g/j relativement élevés à celui observé (28,6g/j) avec le lot témoin (aliment à base de 34% de farine de luzerne). En substitution au foin de trèfle (30%) le grignon d'olives supplémenté avec 1% de

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

bentonite, permet d'améliorer les performances des animaux (poids vif final, gain de poids vif quotidien) et la rentabilité de la production (Salama *et al.*, 2016).

En outre, l'utilisation du grignon d'olives chez cette espèce, permet de réduire le coût de l'aliment et par conséquent le prix de revient de la viande (Ben Rayana *et al.*, 1994 ; Chaabane *et al.*, 1997 ; Salama *et al.*, 2016).

Cependant, selon Tortuero *et al.* (1989), si l'incorporation du grignon d'olives à des taux allant de 10 à 30% permet d'obtenir des gains de poids acceptables chez le lapin, la diminution de l'efficacité alimentaire de la ration observée, peut limiter son utilisation dans les conditions pratiques d'alimentation.

En substituant les graines d'orge par de la pulpe d'olives à hauteur de 25%, Mehrez et Mousa (2011), ne rapportent aucune incidence dépressive sur les performances de croissance des animaux (poids vif final, gain de poids vif moyen quotidien) ni sur les caractéristique de la carcasse (poids de la carcasse, degré de ressuage). Selon ces mêmes auteurs, d'un point de vue économique, l'incorporation de la pulpe d'olives dans les aliments pour lapins en croissance à des taux de 20, 25 et 30% permet de réduire le coût du kg d'aliment de 9,30 ; 19 et 21,5% tandis que l'efficacité économique de l'opération augmente respectivement de 15,99 ; 36,86 et 42,96% comparativement avec celle d'un aliment de type commercial.

Les essais alimentaires réalisés par Dal Bosco *et al.* (2012), montrent que l'incorporation d'un grignon d'olives dénoyauté à un taux de 5% dans l'aliment de lapin en croissance, entraîne la réduction des performances des animaux (l'ingestion alimentaire, taux de croissance, poids vif de la carcasse ainsi que sur le taux de ressuage). Cependant les auteurs ont constaté que l'incorporation du grignon d'olives a permis d'enrichir la viande en acides gras mono-insaturés tels que l'acide oléique connu pour ses effets bénéfiques sur la santé humaine. Il est donc possible d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande de lapin par l'incorporation du grignon d'olives dans son alimentation.

Selon El-Sayaad *et al.* (2009), le traitement du grignon d'olives aux rayons gamma permet de réduire l'effet néfaste des glucosinolates qu'il renferme sur les performances des lapins. Ainsi, l'incorporation du grignon d'olives irradié à un taux de

15% chez le lapin en croissance améliore les performances de croissance des animaux et réduit le coût de l'élevage.

Très peu de travaux ont été consacrés à la détermination de la valeur nutritive du grignon d'olives chez le lapin. Ainsi, une valeur d'énergie digestibles de 7,1 MJ/kg MS et une valeur de protéines digestibles de 9,9 g/kg MS ont été obtenues par la méthode directe (Fernandez-Caramona *et al.*, 1996).

I.2.2.2. Le porc

La documentation spécialisée rapporte également l'utilisation du grignon d'olives en alimentation porcine.

Les régimes à base de grignon d'olives ne semblent pas altérer les performances de croissance et la qualité de la carcasse des porcs en croissance (Garcia-Casco *et al.*, 2017). En effet, selon Joven *et al.* (2014), l'incorporation du grignon d'olives à un taux de 10% dans la ration des porcs en phase de finition, améliore les performances de croissance, la qualité de la carcasse ainsi que le profil en acides gras du tissu adipeux. De plus, l'utilisation du grignon d'olives ensilé en alimentation du porc en croissance a un effet bénéfique sur le profil en acides gras en augmentant la teneur de la carcasse en acides gras insaturés (Lopez-Garcia *et al.*, 2017). Serra *et al.* (2018), rapportent également que l'incorporation du grignon d'olives permet de réduire les acides gras insaturés au profit des acides gras polyinsaturés mais permet également d'améliorer la stabilité oxydative de la viande et des saucisses de porc qui en dérivent. Selon ces mêmes auteurs, ce résultat serait lié au transfert des substances antioxydants du grignon d'olives vers la viande et ses constituants lipidiques.

Les teneurs en énergie digestible du grignon d'olives et du grignon d'olives épuisé estimées chez le porc en phase de finition sont de 11,2 ($\pm 0,89$) et 7,40 ($\pm 1,11$) MJ/kg de matière sèche respectivement (Ferrer *et al.*, 2018).

Le grignon d'olives dénoyauté peut également être utilisé chez le porc à un taux d'incorporation de 50% de la ration sans générer des troubles digestifs, une baisse de l'appétit ou du gain de poids vif (Göhl, 1982). Cependant, il n'est pas recommandé de l'introduire dans l'alimentation des femelles gestantes en raison du poids faible des porcelets qui en résulte.

Sur le plan environnemental, il est rapporté par Ferrer *et al.*(2018) que l'inclusion du grignon d'olives augmente l'excrétion du lisier, mais l'émission quotidienne de NH₃diminue par animal.

I.2.2.3. La volaille

Dans les pays en développement les ressources alimentaires pour animaux sont limitées et ce déficit est accentué suite à l'utilisation des céréales et des oléagineuses pour la production du biocarburant et du biodiesel (Al-Harhi, 2016). En outre, en élevage avicole, les coûts alimentaires représentent environ 70% du coût de production totale (Sayehban *et al.*, 2016 ; Al-Harhi, 2016). Aussi, des sous- produits agroindustriels tel que le grignon d'olives peuvent être utilisés comme sources alternatives en alimentation des volailles et permettre de réduire le coût de production (Sayehban *et al.*, 2016 ; Seidavi *et al.*, 2018).

La majorité des travaux de recherche menés portent sur l'utilisation du grignon d'olives en alimentation des ruminants. En effet, la teneur élevée en fibres du grignon d'olives limite son utilisation en alimentation des volailles. Cependant, selon Rabayaa *et al.*(2001) l'élimination du noyau du grignon d'olives permet d'augmenter la teneur des pulpes d'olives en protéines de 5% et de réduire la teneur en cellulose brute d'au moins 20%. . Dans ces conditions, les pulpes d'olives peuvent être utilisées chez le poulet de chair en substitution au maïs (Abo Omar, 2005) et pourraient être considérées comme un aliment potentiel à faible coût (Rabayaa *et al.*, 2001).

Cependant, un taux d'incorporation optimum de 7,5% est recommandé afin d'éviter les effets négatifs de la pulpe d'olives sur le gain de poids vifs chez le poulet de chair (Rabayaa *et al.*, 2001). Selon les mêmes auteurs, l'incorporation de la pulpe d'olives à 7,5% permet de réaliser une épargne certaine de maïs et de réduire ainsi le coût de production de l'aliment. La pulpe d'olive peut être incorporée dans l'aliment du poulet de chair à un taux de 10% sans effet négatif sur les performances de production des poulets (gain de poids, efficacité alimentaire,...) (Sayehban *et al.*, 2016). Selon Abo Omar *et al.* (2003) la pulpe d'olives peut être incorporée à l'aliment du poulet de chair à un taux encore plus élevé de 16% avec un supplément d'antibiotiques

(Streptomycine ou tylosine) qui permettent d'améliorer l'efficacité alimentaire et la digestibilité des régimes riches en fibres. Selon, Tüzün et Ünlü (2016), l'incorporation de la pulpe d'olives à un taux de 15% en substitution au maïs dans l'aliment pour poulet de chair n'affecte pas les performances des animaux et permet d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande en réduisant la teneur en acides gras saturés et mono-insaturés et en augmentant la teneur en acides gras polyinsaturés.

En outre, selon Abo Omar (2000), l'incorporation de la pulpe d'olives dans l'aliment destiné au poulet de chair à des taux de 3 et 6% permet d'améliorer la digestibilité des constituants de la ration (matière sèche, protéines brutes, ENA) il semblerait que la teneur en fibres dans les régimes contenant la pulpe d'olives améliore la digestibilité des rations.

Selon El-Hachemi *et al.* (2007), le grignon d'olives peut être incorporé à un taux de 15% en substitution au maïs dans l'aliment des poulets de chair sans répercussions négatives sur les performances de croissance des animaux. Sateri *et al.* (2017), rapportent quant à eux que pour des taux d'inclusion de grignon d'olives égaux ou inférieurs à 8% dans les aliments pour poulet de chair, un supplément d'enzymes n'est pas nécessaire pour atteindre une performance de productivité optimale. En outre, D'autres auteurs ont également rapporté que le grignon d'olives peut être incorporé dans les aliments de poulets de chair jusqu'à un taux d'incorporation de 10% sans nécessité un supplément en levures (*Saccharomyces cerevisiae*) (Al-Harhi, 2016), l'addition d'enzymes tel que la phytase (Al-Harhi, 2017), entre l'âge de 1 à 28j un supplément d'acide citrique du 28 à 49j d'âge (Al-Harhi et Attia, 2016). Ainsi, le grignon d'olives peut être incorporé dans l'aliment de poulet de chair à un taux de 10% du 1 au 49j d'âge sans effet négatif sur la santé, les performances ou les caractéristiques de la carcasse.

En outre, l'incorporation du grignon d'olives en alimentation du poulet de chair permet de diminuer le dépôts du gras abdominal tandis que la teneur en acides gras linoléique et oléique augmente au niveau des muscles pectoraux et des cuisses ce qui peut représenter un apport nutritionnel important et bénéfique à la santé des consommateurs (El-Hachemi *et al.*, 2007). Une étude récente rapporte que le grignon

d'olives incorporé à 5% de l'aliment de type poulet de chair, permet d'obtenir des performances similaires à celles obtenues avec un régime témoin (Nasopoulou *et al.*, 2018). De plus, les sujets présentent des propriétés antithrombotiques testées *in vitro* très importantes et un profil sensoriel plus attrayant.

Selon Zangeneh et Torki (2011); Zarei *et al.*(2011), la pulpe d'olives peut également être utilisée dans l'alimentation de la poule pondeuse à un taux de 9% sans impact négatif sur les performances des oiseaux ou la qualité de l'œuf. Cependant, Afsari *et al.* (2013), signalent qu'en dépit du maintien des performances dans ces conditions d'utilisation de la pulpe d'olives, la couleur du jaune d'œuf et poids de la coquille de l'œuf pourraient être affectées négativement.

Il est observé par Al-Shanti et Abo Omar (2003) que les poules pondeuses consommant un aliment à base de grignon d'olives (9.5%) ont une production d'œufs comparable à celle de poules alimentées avec un régime à base de maïs-tourteau de soja. Le grignon d'olives peut être incorporé jusqu'au seuil de 20% dans l'aliment de poules pondeuses (Al-Harhi, 2015), il peut être également associé à de l'acide citrique (0.1%) (Al-Harhi et Attia, 2015) sans effet néfaste sur les performances de ponte des poules (taux de ponte, poids et masse d'œufs produite) ainsi que sur la qualité des œufs. De plus, à ce taux, le grignon d'olives n'affecte pas l'état sanitaire des poules (Al-Harhi, 2015). Des résultats comparables ont été rapportés par Ghasemi *et al.* (2014) lorsque du grignon d'olives est incorporé à raison de 20% dans l'aliment pour poules pondeuse.

Au taux d'inclusion de 5,7% du grignon d'olives à la ration de la poule pondeuse, les œufs produits sont de meilleure qualité nutritionnelle, caractérisée par une forte diminution de la teneur du jaune en lipides totaux, cholestérol, LDL et une diminution de la concentration en acides gras saturés (de 38,3%), en faveur d'une augmentation de la teneur en acides gras mono (17,3%) et polyinsaturés (2,6 fois), conduisant à une baisse de ration n-6 :n-3 de 13,1.

La récente synthèse de Seidavi *et al.* (2018) sur l'utilisation des sous-produits oléicoles en alimentation du poulet de chair et de la poule pondeuse, indique qu'en respectant les taux optimum recommandés, les performances de production ne sont pas

affectées conduisant ainsi à la réduction du coût de production de l'aliment, étant donné que le prix du sous-produit oléicole est faible comparé à celui du maïs et du tourteau de soja.

L'incorporation à un taux de 10% de la pulpe d'olives irradiée aux rayons gamma dans le régime alimentaire des cailles, (Ibrahim *et al.*, 2018 et El-Hady *et al.*, 2018) ou non (El-Hady *et al.*, 2018) n'affecte pas leurs performances de production (production et poids de l'œuf, l'efficacité alimentaire, % d'éclosion et le poids à l'éclosion).

I.2.2.4. Le poisson

L'huile de poisson est un des ingrédients majeur des aliments composés pour poisson utilisée pour sa forte digestibilité et sa teneur élevée en acides gras essentiels, l'oméga3 en particulier (Nasopoulou et Zabetakis, 2012). Cependant, selon ces mêmes auteurs, l'aquaculture utilise 75% de la production totale d'huile de poisson et les quantités produites risquent de ne plus satisfaire la demande. Aussi, des sources alternatives peuvent être utilisées entre autre le grignon d'olives.

Une étude conduite en Arabie Saoudite, a montré que l'incorporation du grignon d'olives à raison de 25% en substitution du son de blé, dans l'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*), n'affecte ni le gain de poids ni l'efficacité alimentaire chez le poisson (Al-Asgah *et al.*, 2011). En outre, le grignon d'olives peut être utilisé comme source alternative de lipides dans les aliments composés pour poisson, ce qui réduira la dépendance de cette branche à l'huile de poisson et permettra par conséquent un développement durable de l'aquaculture (Nasopoulou et Zabetakis, 2012 ; Sioriki *et al.*, 2015). En effet, selon Nasopoulou *et al.* (2011), la substitution partielle de l'huile de poisson (8%) avec du grignon d'olives n'affecte pas les performances de croissance de la dorade royale (*Sparus aurata*) et permet d'améliorer sa qualité nutritionnelle en diminuant sa teneur en matière grasse. De telles observations n'ont pas été rapportées concernant le bar (*Dicentrarchus labax*). Dans un travail publié ultérieurement, Nasopoulou *et al.* (2014), précisent que l'incorporation du grignon d'olives à un taux de 4% dans l'aliment finition du bar (*Dicentrarchus labax*) donne des résultats de croissance satisfaisants et permet d'obtenir un produit diététique. Les travaux de Sioriki *et al.* (2015), montrent que l'incorporation du grignon d'olives à hauteur de 8%

dans l'aliment destiné à la dorade royale, permet d'améliorer les propriétés cardio-protectrices spécifiques du produit final en enrichissant le profil lipidique du poisson de lipides dotés de propriétés cardio-protectrices permettant de prévenir les problèmes cardiovasculaires. De même, Nasopoulou *et al.* (2013), rapportent que l'inclusion du grignon d'olives à 8% de l'aliment composé de la dorade permet non seulement d'améliorer sa valeur nutritive en l'enrichissant en lipides dotés de propriétés cardio-protectrices mais permet aussi d'améliorer la valeur marchande du poisson. En outre, la dorade nourrie avec un aliment contenant 8% de grignon d'olives préserve des propriétés cardio-protectrices importantes même après cuisson et présente des caractéristiques sensorielles similaires à celle de la dorade recevant un aliment conventionnel (Sioriki *et al.*, 2015).

La substitution d'huile de poisson par des huiles végétales tel que le grignon d'olives, permet également de réduire le coût de production étant donné que la production des huiles végétales augmente régulièrement, elles sont ainsi disponibles et à faible coût (Nasopoulou et Zabetakis, 2012). Cependant, des facteurs tels que la variabilité de sa composition chimique ainsi que sa teneur élevée en fibres indigestibles peuvent limiter l'utilisation du grignon d'olives chez le poisson (Nasopoulou *et al.*, 2014).

I.3. Limites d'utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

Bien que des quantités importantes de grignon d'olives soient générées chaque année par les industries oléicoles, plusieurs facteurs limitent son utilisation en alimentation animale. Le principal facteur qui limite l'utilisation du grignon d'olives est sa forte saisonnalité et sa détérioration rapide due à sa teneur élevée en humidité et en matière grasse induisant l'altération de sa valeur nutritive (Hadjipanayiotou, 1999 ; Rowghani et Zamiri, 2007). Les grignons abandonnés à l'air libre rancissent rapidement et deviennent inconsommables par les animaux (Sansoucy, 1985). Leur utilisation en alimentation animale nécessite au préalable des modes de conservation et de stockage appropriés (Weinberg et Weinberg 2008 ; Habeeb *et al.*, 2017). A cette fin, le grignon d'olives peut être déshydraté, mais selon Sansoucy (1985), cette technique ne permet qu'une conservation limitée à 45 jours pour les grignons bruts ; elle permet toutefois la conservation plus longue (une année) du grignon épuisé. L'utilisation d'un procédé de

déshydratation en vue de la conservation du grignon d'olives est très limitée compte tenu qu'une température élevée de séchage conduit à la dénaturation des protéines et à la baisse de l'activité antioxydante globale observée à une température de l'ordre de 90°C (Uribe *et al.*, 2013). De plus, la déshydratation est un procédé coûteux car énergivore (Sansouny, 1985). La technique d'ensilage est préconisée particulièrement en cas d'un stockage prolongé du grignon d'olives (Amici *et al.*, 1991 ; Hadjipanayiotou et Koumas, 1996 ; Hadjipanayiotou, 1999 ; Rowghani et Zamiri, 2007) ; dans ces conditions de conservations, le grignon d'olives peut remplacer en partie les fourrages conventionnels. Selon, Weinberg et Weinberg (2008), l'addition de mélasse améliore la fermentation de l'ensilage de grignon d'olives comme en témoigne la teneur élevée en acide lactique et le plus grand nombre de bactéries lactiques lorsque 4 à 6% de mélasse sont ajoutées. Cependant, aux taux d'incorporation de 4 à 6% de mélasse, il est observé des pertes de matière par fermentation atteignant les 9,4%. Par conséquent, il est recommandé par Weinberg et Weinberg (2008) de n'associer la mélasse au grignon d'olives qu'au taux optimal de 3. Plus récemment, Habeeb *et al.* (2017) juge satisfaisante la conservation du grignon d'olives par le biais de son introduction à des blocs multi-nutritionnel. Cette technique permet dans ces conditions d'utilisation, de valoriser le grignon d'olives tout en réduisant le recours aux concentrés et d'améliorer, à faible coûts, les performances des animaux (Salem et Znaidi, 2008).

➤ L' utilisation du grignon d' olives en alimentation animale est également limitée par le manque de données relatives à sa valeur nutritive (Sadeghi *et al.*, 2009). En effet, bien que l'alimentation animale est considérée comme une alternative d'utilisation du grignon d'olives, la connaissance de son profil chimique et nutritionnel est indispensable à son utilisation rationnelle (García *et al.*, 2003), particulièrement pour les sous produits résultant des nouvelles procédures industrielles d'extraction de l'huile d'olives (Alcaide et Nafzaoui, 1996).

➤ L' utilisation du grignon d' olives est limitée par sa faible valeur nutritive en raison d' une teneur élevée en constituants pariétaux et en lipides *et à* une faible concentration en protéines (Ouaini *et al.*, 2010). En effet, la teneur élevée en cellulose

brut du grignon d'olives, constituée principalement de lignine, diminue sa biodégradabilité (Amici *et al.*, 1991). En outre, la méthode d'extraction affecte également la digestibilité du grignon d'olives, ainsi le grignon d'olives obtenu par le processus d'extraction à 2 phases présente la digestibilité *in vitro* la plus élevée (El Otmani *et al.*, 2017).

➤ Le grignon d'olives a une faible valeur alimentaire en rapport à son transit digestif rapide qui limite la digestion de ses structures par les *microorganismes* du rumen (Nefzaoui, 1991a). Par conséquent, Abbeddou *et al.* (2011b) préconisent d'introduire un faible taux de grignons d'olives dans les rations des ruminants.

➤ Le grignon d'olives contient des substances inhibitrices (composés simples de types phénols ou complexe de types tannins), qui sont impliquées dans la faible valeur nutritive du grignon d'olives mais aussi dans l'effet dépressif de ce dernier sur la digestibilité des rations auxquelles il est incorporé (Zaidi *et al.*, 2009). En effet, les polyphénols du grignon d'olives ont la propriété de se lier à la cellulose et aux protéines ainsi lorsqu'ils sont présents dans un produit, ils limitent sa digestibilité propre et lorsqu'ils sont solubilisés dans le milieu, ils inhibent l'activité de la cellulase. Une étude conduite dans les années 70, rapportait déjà que l'activité du jus de rumen des animaux recevant du grignon d'olives est plus faible que celle du jus de rumen d'animaux témoins ; cette différence étant probablement liée à la présence de substances solubles à l'origine de la moindre digestibilité des rations (Thiérez et Boule, 1970).

➤ Les matières grasses du grignon d'olives jouent également un rôle dans la faible valeur nutritive de ce dernier, en réduisant l'attaque des particules fibreuses par les *microorganismes* du rumen et conduisant à la faible dégradabilité du grignon d'olives (Habeeb *et al.*, 2017). En outre, les matières grasses du grignon d'olives ont un effet négatif sur la digestibilité du foin auquel elles ont été incorporées (Zaidi *et al.*, 2008). En effet, selon les mêmes auteurs l'incorporation d'huile d'olives à un foin de vesce avoine, réduit significativement la digestibilité de la matière organique à partir d'un taux d'incorporation de 10% tandis que l'huile de tournesol n'a d'effet négatif sur la

Chapitre I Utilisation du grignon d'olives en alimentation animale

digestibilité de la matière organique du même foin qu'à partir d'un taux d'incorporation de 15%.

L'utilisation du grignon d'olives en alimentation animale est une alternative pour produire à moindre coût tout en ayant un impact positif sur l'environnement et la santé des consommateurs. En outre, la valorisation du grignon d'olives en alimentation animale permettra de réduire les coûts de production de l'huile d'olives liés au traitement de ce sous produit ce qui jouera un rôle important dans le développement de cette filière. L'utilisation du grignon d'olives en alimentation des animaux présente également des avantages sociaux et environnementaux, particulièrement importants dans les écosystèmes méditerranéens semi-arides très fragiles où les pâturages et les fourrages disponibles sont rares. Cependant, La documentation spécialisée rapporte peu de données relatives à la valeur nutritive du grignon d'olives chez différentes espèces animales. Aussi, des études sur la détermination de la valeur nutritive du grignon d'olives chez les différentes espèces sont préconisées.

Chapitre 2

Utilisation du gland en alimentation animale

Le chêne est un arbre appartenant à la famille des fagacées et au genre *Quercus* qui comporte plus de 250 espèces dont le chêne vert (*Quercus ilex*) appelé également yeuse et le chêne liège (*Quercus suber*) dont les peuplements forment les subéraies (Larousse agricole, 1981). Ces espèces sont rencontrés généralement dans le bassin méditerranéen (Portugal, Espagne, Algérie, France, Italie, Tunisie et au Maroc) mais aussi en Asie, en Europe moyenne et en Amérique du nord (Ait Saada *et al.*, 2017). Selon ces mêmes auteurs, le chêne vert et le chêne liège occupent en Algérie une superficie importante estimée à 354000 et 643000 ha respectivement. En effet, le chêne liège couvre de grands massifs continus depuis la Kabylie jusqu'à la frontière tunisienne tandis que le chêne vert vient en seconde place et s'étend sur la frange nord à partir des piémonts sud de l'atlas saharien (Ait Saada *et al.*, 2017). De plus, *Quercus ilex*, anciennement connu sous le nom de *Quercus rotundifolia* ou encore *Quercus balotta*, est une espèce dominante dans les forêts méditerranéennes et constitue avec le chêne liège les espèces, du genre *Quercus* les plus abondantes en Algérie, en Italie et en Espagne (Kadi *et al.*, 2016).

Les fruits du chêne sont des akènes appelés glands (Ait Saada *et al.*, 2017). Se sont des fruits secs indéhiscent contenant 2 cotylédons comestibles et riches en amidon (Ait Saada *et al.*, 2017). Selon Gasmi-Boubaker *et al.* (2012), le gland est caractérisé par une teneur élevée en amidon et faible en protéines et renferme des tanins (4 à 15% MS) concentrés au niveau des coques en particulier. El Mahi *et al.* (2016) rapportent que l'analyse des composés phénoliques contenus dans le gland révèle la présence de tannins condensés et de tanins hydrosolubles dont la teneur dépend de l'espèce ainsi que du stade de maturation du gland. Ainsi, la contribution de la coque à la teneur en composés phénoliques totaux du gland est relativement faible chez l'espèce *Quercus ilex* avec un ratio coque/endocarpe de 1 : 200 mais peut être relativement élevée chez l'espèce *Quercus suber* avec un ratio de 1 : 3 (Cantos *et al.*, 2003). Selon ces mêmes auteurs, ces substances confèrent au gland de chêne liège, un goût amer.

Le gland étant un aliment énergétique par excellence, il est utilisé de par le monde en alimentation des différentes espèces domestiques : ovins, bovins, porcs, les volailles et confère à la viande produite une qualité appréciée par les consommateurs (Ait Saada *et al.*, 2017). Dans le bassin méditerranéen, il est rapporté par Gasmi-Boubaker *et al.* (2012) que dans les systèmes de production extensifs, les glands de chêne sont introduits dans l'alimentation des animaux domestiques.

II.1. Composition chimique du gland et facteurs de variation

Le gland (chêne vert, chêne liège), présente une composition chimique intéressante (Tableau 1) justifiant son utilisation en alimentation animale en substitution aux matières premières conventionnelles.

Tableau 1 : Composition chimique des glands de chêne vert et de chêne liège

Composition chimique (%MS)	Gland de chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)		Gland de chêne liège (<i>Quercus suber</i>)	
	Kadi <i>et al.</i> (2016)	Ait Saada <i>et al.</i> (2017)	(Gasmi- Boubaker <i>et al.</i> (2007a))	Ait Saada <i>et al.</i> (2017)
MS	76,0	82,3	71,5	78,0
MAT	6,3	7,87	7,9	6,75
CB	-	2,44	11,8	2,93
MM	2,6	2,01	-	1,81
MG	-	8,04	-	7,62
Amidon	-	71,37	-	65,43
NDF	29,5	-	27,4	-
ADF	19,2	-	25,8	-
ADL	11,2	-	14,1	-

Une étude conduite par Charef *et al.* (2008) ciblant les caractéristiques chimiques et la composition en acides gras de l'huile extraite du gland de chêne vert et de chêne liège, indique que l'huile de gland est riche en acides gras polyinsaturés. Les glands de chêne vert et de chêne liège sont en effet riches en acides gras mono et polyinsaturés et sont caractérisés par des teneurs élevées en acides gras indispensables, tel que l'acide linoléique (56,3 à 63,3% des acides gras totaux) et l'acide α linoléique (1,06 à 2% des AGT) tel que rapporté par Ait Saada *et al.* (2017). De plus, le gland représente une source naturelle d'antioxydants tels que les composés phénoliques et les tocophérols présents sous la forme α et γ (Tejerina *et al.*, 2011). Selon ces mêmes auteurs, les antioxydants extraits du gland ont une plus grande capacité à prévenir la peroxydation lipidique que ceux extraits de l'herbe. De plus, Rakić (2000), rapporte que même un traitement à 210°C pendant 15 min n'a pas d'effet négatif sur les propriétés antioxydantes du gland.

La composition chimique du gland varie selon l'espèce et la variété à la quelle il s'apparente, selon l'origine géographique et la nature du sol (Afzal-Rafii *et al.*, 1992 ; Ait Saada *et al.*, 2017), selon les conditions de sa conservation (Ait Saada *et al.*, 2017) et le climat (Afzal-Rafii *et al.*, 1992). Selon Keddou (2001) et Moujahed *et al.* (2003), le stade de récolte et par

conséquent le degré de maturation du gland, constituent également des facteurs de variation de son profil chimique (Tableaux 2 et 3).

Tableau 2 : Composition chimique du gland de chêne vert en fonction du stade de récolte (Keddam, 2001)

Stade de récolte	MS (%)	MM (%)	Amidon (%)	CB (%)	PB (%)	MG (%)
Mi septembre	75,2	2,9	46,2	4,0	5,8	4,2
Début octobre	79,7	2,3	59,7	5,2	6,4	5,2
Fin octobre	79,4	2,3	62,0	5,73	6,7	6,4
Mi novembre	75,2	3,7	46,7	3,6	6,0	5,9
Mi décembre	75,0	1,8	46,0	3,8	7,9	6,5

Tableau 3 : Composition chimique du gland de chêne liège en fonction du stade de récolte (Keddam, 2001)

Stade de récolte	MS (%)	MM (%)	Amidon (%)	CB (%)	PB (%)	MG (%)
Mi septembre	67,8	2,7	43,7	3,2	5,7	4,0
Début octobre	73,3	2,8	58,9	3,8	4,5	5,2
Fin octobre	77,1	2,8	59,3	4,0	4,3	5,5
Mi novembre	73,7	2,8	34,8	3,9	5,2	6,0
Mi décembre	81,8	3,3	33,0	4,2	6,7	6,3

Selon Moujahed *et al.* (2003), la teneur en constituants pariétaux (NDF, ADF et ADL) du gland *Quercus coccifera* tend à diminuer avec la maturation du gland tandis que les teneurs en matière minérale et en protéines sont inchangées. Les mesures réalisées par Keddam (2001) indiquent que le gland de chêne vert et de chêne liège présentent des teneurs faibles en tanins, qui ont tendance à diminuer avec la maturation du gland ce qui est en faveur de son utilisation en alimentation animale. Aussi, la période de récolte ainsi que l'année de production affecte notamment la teneur en antioxydants qui augmente avec la maturation du gland (la teneur de γ tocophérol passe de 57,5 entre le 15 et le 30 novembre à 107,9 mg/kg MS entre le 16 et le 31 janvier dans le gland *Quercus rotundifolia L.*) (Tejerina *et al.*, 2011). Selon ces mêmes auteurs, le stade de maturation affecte également le profil en acide gras du gland étant donné que, la teneur en acide gras palmitique (C16 : 0) diminue tandis que la teneur en acide gras oléique (C18 : 1) augmente.

Le traitement technologique constitue également un facteur de variation de la composition chimique du gland. Ainsi, un traitement thermique par autoclavage à 100°C pendant 30 min permet de réduire de plus 50% la teneur en tanins du gland et permet d'améliorer la

digestibilité de l'amidon (Ait Saada *et al.*, 2017). Un tel traitement thermique peut cependant, altérer la concentration en glucides, protéines et lipides du gland. L'opération de décortilage du gland réduit sa teneur en polyphénols (Pour *et al.*, 2010). Les conditions et la méthode de conservation des glands peuvent également avoir une incidence sur sa composition chimique car elles modifient le métabolisme respiratoire des structures cellulaires à l'origine de la diminution des réserves énergétiques (Pasquini *et al.*, 2012). Selon Tejerina *et al.* (2011), la germination, qui implique des réactions biochimiques mobilisant les sources d'énergie ainsi que l'attaque par des parasites sont également des facteurs de variations de la composition chimique du gland. En effet, les insectes consomment l'endocarpe induisant une modification de la composition chimique du gland (Adjami *et al.*, 2013). Cependant, selon Gea-Izquierdo *et al.* (2006), l'attaque par les insectes provoque la diminution de la teneur en matière grasse du gland mais n'a aucune incidence sur sa teneur en protéines. De plus, ils précisent que la position du gland dans la canopée modifie sa composition chimique.

Aussi, le gland peut être utilisé comme source d'énergie en alimentation animale. En outre, l'incorporation des glands des différentes espèces, le gland de chêne vert et le gland de chêne liège en particulier, en alimentation animale peut présenter une alternative intéressante d'amélioration de la qualité nutritionnelle des produits d'origine animale (Akcan *et al.*, 2017).

II.2. Le gland en alimentation animale

Dans les conditions actuelles d'élevage, il est important que les besoins des animaux n'interfèrent pas avec ceux de l'Homme. Aussi, l'utilisation du gland en alimentation animale permettra d'épargner des quantités importantes de céréales (Nowar *et al.*, 1994). L'utilisation du gland en alimentation animale peut présenter un intérêt économique en réduisant le coût de l'aliment et le marché du gland peut s'étendre et générer de nouveaux revenus aux populations locales (Gasmi-Boubaker *et al.*, 2012).

II.2.1. Cas des monogastriques

II.2.1.1. La volaille

Les travaux menés par Boudroua *et al.* (2009), montrent que le gland est un produit qui peut être utilisé dans l'alimentation du poulet en croissance. Cependant, il renferme une proportion non négligeable de tanins, principal facteur antinutritionnel en alimentation animale (Ait Saada *et al.*, 2017). Selon Gasmi-Boubaker *et al.* (2012), les composés phénoliques sont connus pour engendrer des effets dépressifs sur l'utilisation des aliments, la croissance et la

santé des animaux. Les tanins que renferment les glands amers de certaines espèces de chênes provoquent des intoxications chez les animaux lorsqu'ils sont consommés en grandes quantités. La teneur en tanins des glands est un frein considérable à leur utilisation en alimentation avicole et le décorticage semble constituer une alternative intéressante pour la réduction de leur teneur en tanins (Pour *et al.*, 2010).

Pour *et al.* (2010) rapportent qu'il est possible d'inclure l'endocarpe du gland en alimentation du poulet en substitution au maïs jusqu'à un taux d'inclusion de 15% sans effet négatif sur les performances des animaux, un taux qui semble être le seuil que peut tolérer le poulet en croissance, des résultats obtenus avec de fortes teneurs en poly-phénols(1,76%). Aussi, selon Ait Saada *et al.* (2017), lorsque les teneurs en composés phénoliques du gland sont faibles (0,7 à 0,75%), le gland peut être utilisé à l'état cru en alimentation des volailles sans effets toxiques. En outre, il semblerait que l'effet antinutritionnel des tanins contenu dans le gland diminue avec l'âge des poulets (Bouderoua *et al.*, 2009).

Ainsi, Bouderoua *et al.* (2009) rapportent que l'incorporation du gland de chêne vert en alimentation du poulet de chair jusqu'à un taux d'inclusion de 33,5% n'affecte pas les performances des animaux.

Selon Ait Saada *et al.* (2017), le taux d'incorporation du gland de chêne vert et de chêne liège cru en alimentation du poulet de chair ne doit pas dépasser les 50%, qui semble être le seuil critique de substitution au maïs, au delà de ce taux d'inclusion les performances (indice de consommation et gain de poids) des animaux se détériorent. En effet, des poulets de chair recevant un aliment contenant du gland de chêne vert et de chêne liège à un taux de substitution au maïs de 60% ont présenté des poids vifs de 25% plus faibles que ceux recevant l'aliment contenant du maïs (Bouderoua et Selselet-Attou, 2003). Bouderoua *et al.* (2004) rapportent également que l'incorporation du gland de chêne vert en alimentation du poulet de chair à un taux de 67% en substitution au maïs, entre 15 et 56j d'âge provoque une baisse du poids vif de 9% comparé au poids des animaux recevant l'aliment contenant du maïs. L'autoclavage permet de réduire le teneur en composés phénoliques du gland ce qui permet d'augmenter son taux de substitution au maïs pour atteindre les 100% sans effets négatifs sur les performances des animaux (Ait Saada *et al.*, 2017).

L'incorporation du gland en alimentation des volailles permet également d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande produite. En effet, l'utilisation du gland en alimentation du poulet permet d'améliorer la qualité nutritionnelle de la viande en diminuant le dépôt de gras

(Bouderoua et selselet-Attou, 2003 ; Bouderoua *et al.* 2004 ; Bouderoua *et al.*, 2009 ; Ait Saada *et al.*, 2017). En outre, l'incorporation du gland permet d'améliorer le profil en acides gras des lipides avec une baisse de la teneur en acides gras saturés au profit des acides gras insaturés ce qui a pour conséquence l'augmentation du ratio AGI/AGS qui est un critère recherché par les consommateurs (Bouderoua *et al.*, 2009). En effet, Bouderoua *et al.* (2004), Hamou *et al.* (2009) et Hamou *et al.* (2015), rapportent que l'incorporation du gland de chêne vert en alimentation du poulet de chair permet d'enrichir la viande en acide gras insaturés notamment en acide oléique et linoléique. Ainsi, selon Ait Saada *et al.* (2017), l'incorporation du gland en alimentation du poulet de chair permet non seulement d'obtenir une viande diététique riche en acides gras polyinsaturés et en oméga 3 mais permet également d'obtenir, au plan gustatif, une viande proche de celle du poulet fermier. Aussi, le poulet enrichi en acides gras polyinsaturés pourrait être une source majeure d'acides gras insaturés en alimentation humaine et contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires (Hamou *et al.*, 2015). Cependant, selon les mêmes auteurs, la forte proportion en acides gras insaturés rend la viande de poulet enrichi en acides gras insaturés susceptible à l'oxydation durant la cuisson. En effet, la cuisson modifie la composition de la viande de poulet enrichi en acides gras insaturés, mais même après cuisson, la valeur nutritionnelle est meilleure, le ration AGI/AGS est plus important dans la viande du poulet nourri avec un régime contenant du gland en substitution à 50% du maïs comparée à la viande des poulet recevant le régime à base de maïs (Hamou *et al.* 2015).

Une étude rapporte également l'utilisation du gland de l'espèce *Quercus Brantii L.* chez le poulet de chair (Houshmand *et al.*, 2015). En effet, selon ces mêmes auteurs, l'incorporation du gland de chêne *Quercus Brantii L.* à un taux de 15% a des effets négatifs sur les performances des animaux et les caractéristiques de l'os du tibia chez le poulet de chair. Cependant, l'augmentation des apports alimentaire en méthionine, choline et protéines peut atténuer ces inconvénients.

II.2.1.2. Le lapin

Les travaux réalisés par de nombreux auteurs, indiquent que le gland peut être intégré dans la formule alimentaire de l'aliment destiné au lapin.

Le gland de chêne vert peut être utilisé comme matière première source d'énergie en alimentation du lapin sans effets néfastes sur sa santé (Kadi *et al.*, 2016). En outre, selon ces mêmes auteurs, l'incorporation du gland de chêne vert à un taux de 20%, en substitution

complète à l'orge, conduit à une légère baisse du gain moyen quotidien (GMQ), mais n'affecte pas l'ingéré ainsi que l'indice de conversion alimentaire et les caractéristiques de la carcasse. Selon Gasmi-Boubaker *et al.* (2007a), le gland de chêne liège peut également être utilisé en alimentation du lapin à un taux d'incorporation de 25% en substitution à l'orge sans effets négatifs sur les performances (GMQ et poids final) ni sur l'état de santé des animaux. Cependant, selon ces mêmes auteurs, l'incorporation du gland conduit à la baisse de la digestibilité de la matière sèche (MS), matière organique (MO) et des protéines brutes (PB) de 10,8 ; 11,5 et 17,5% respectivement, une baisse de digestibilité qui peut être liée à la teneur en lignine et en tanins du gland comparé à l'orge.

Le gland d'une autre espèce du genre *Quercus* est également utilisée en alimentation du lapin, c'est le cas du gland de *Quercus coccifera*, utilisé en alimentation du lapin à l'engraissement, à un taux de 20% en substitution au maïs sans effet négatif sur les performances des animaux (Nowar *et al.*, 1994). Selon ces mêmes auteurs, l'utilisation de cette matière première non conventionnelle en alimentation du lapin permet de réduire le prix de l'aliment.

II.2.1.2. Le porc

Comme chez toutes les espèces, le type d'aliment utilisé conditionne la qualité de la viande porcine (Akcan *et al.*, 2017). En Europe, les « Dehesa » sont des forêts regroupant plusieurs espèces de chênes dont le chêne vert et le chêne liège et dont les fruits associés à de l'herbe, sont à la base de l'alimentation utilisé pour élever des porcs ibériques (Lopez-Bote, 1998 ; Ventanas *et al.*, 2005 ; Etienne *et al.*, 2008 ; Tejerina *et al.*, 2011). Ce type de forêt (densité de 40 et 60 arbres matures/ha) permet selon Etienne *et al.* (2008) une production de 400 à 700 kg de gland par hectare. En Europe le gland est fréquemment utilisé comme aliment en phase de finition de l'élevage des porcs (Rey *et al.*, 1997). En effet, il existe une bonne synchronisation entre les « Dehesa » et l'élevage des porcs ibériques, étant donné que la phase de maturation des glands, qui a lieu entre début novembre et fin février, caractérisée par une abondance alimentaire coïncide avec la phase de finition de l'élevage des porcs (Lopez-Bote, 1998). Ainsi, la viande des porcs élevés en plein air dans les forêts méditerranéenne nourris avec un régime à base de gland et d'herbe est la catégorie de viande la plus cher dans le commerce et la plus appréciée par les consommateurs (Rey *et al.*, 2006 ; Akcan *et al.* 2017). En effet, le gland est très appétissant et le porc peut en consommer de grande quantités par jour (environ 7 à 10 kg) (Lopez-Bote, 1998). Aussi, Rodríguez-Estévez *et al.* (2009), rapportent que dans les conditions d'élevage sur parcours, le porc ibérique ingère des quantités en matière sèche

d'environ 3,1 à 3,6 Kg de gland et 0,38 à 0,48 Kg d'herbe. Le porc ne consomme pas le gland en entier il se débarrasse du dôme et de la coque qui sont très riches en fibres (Lopez-Bote, 1998). Nieto *et al.* (2002) ont démontré, que la coque du gland est indigestible chez le porc n'étant ni dégradée par les enzymes intestinales ni fermenté dans le colon. En outre, dans les forêts composées de plusieurs espèces du genre *Quercus*, le porc montre une préférence pour les glands des espèces *Q. rotundifolia* et *Q. ilex* qu'il consomme en premier tandis qu'il ne consomme les glands de l'espèce *Q. suber* que si les glands des deux espèces précédentes ont été complètement épuisés (Cantos *et al.*, 2003).

Afin d'éviter la surexploitation des « Dehesa » où sont entretenus des porcs consommant les glands de chênes et des vaches broutant l'herbe, Etienne *et al.* (2008) ont utilisé un modèle de simulation pour déterminer la charge animale optimale. Selon ces mêmes auteurs, pour une « Dehesa » de 1031174 ha avec une production fourragère estimée à 3615 kg/ha et une glandée estimée à 249 kg/ha, la charge animale optimale est de 0,3 à 0,8 porcs/ha et de 0,1 à 0,9 UGB/ha.

Selon Lopez-Bote (1998), alimenter le porc avec un régime à base de gland durant la phase de finition permet de réaliser des gains de poids quotidien de 750 à 1000 g/j. En effet, selon Nieto *et al.* (2002), le gland est une excellente source d'énergie disponible pour le porc (17,1 MJ/kg MS et 16,6 MJ/kg MS d'EM en ce qui concerne le gland de chêne vert), mais caractérisé par un faible apport en protéines avec une valeur biologique médiocre. Selon ces mêmes auteurs, le gland a un effet négatif sur la digestion des protéines et le bilan azoté. Ainsi, une pratique fréquente en élevage du porc consiste en un supplément de 200 à 300 g d'un concentré protéique (Lopez-Bote, 1998). Cependant, l'utilisation des concentré provoque la détérioration de la qualité organoleptique de la viande, il est donc préconisé d'apporter un supplément en certains acides aminés tel que la lysine, afin d'obtenir une efficacité de l'accrétion protéique chez le porc en permettant l'augmentation de l'ingéré alimentaire ainsi que le dépôt protéique sans effets négatifs sur la qualité organoleptique de la viande (Nieto *et al.*, 2002). De plus, selon Tejerina *et al.* (2011), la capacité à faire précipiter les protéines liée à la présence des tanins dépend du stade de maturation du gland et diminue avec celle-ci.

En outre, le porc recevant un régime à base de gland et d'herbe et élever en plein air permet de produire du jambon de qualité supérieur et vendu plus cher qu'un jambon produit à partir de la viande de porc élevé en stabulation et recevant un aliment concentré (Jurado *et al.*, 2007). De plus, selon Pérez-Palacios *et al.*, (2010), les produits obtenus dans ce types

d'élevage ont une meilleure qualité qu'un produit obtenu à partir de la viande de porc recevant un régime à base de concentré enrichi en acide gras oléique. Alimenter les porcs avec un régime à base de gland permet également d'améliorer la qualité nutritionnelle du jambon produit en l'enrichissant en acides mono et polyinsaturés (Pérez-Palacios *et al.*, 2010). En effet, selon Ventanas *et al.* (2005), le gland est un des facteurs qui permet d'améliorer la qualité nutritionnelle, sensorielle et technologique de la viande de porc ibérique. Aussi, la viande et les produits carnés des porcs recevant un régime à base de gland et d'herbe sont caractérisés par des teneurs en acide oléique supérieures à 55% des acides gras totaux (Cantos *et al.*, 2003). Toutefois, selon ces mêmes auteurs, l'augmentation de la teneur en acides gras insaturés de la viande peut provoquer une progression importante du phénomène d'auto-oxydation dû à la longue période de maturation (> 2 ans). En revanche, selon Rey *et al.* (1997) et Rey *et al.* (2006), le gland permet d'enrichir la viande de tocophérol qui peut améliorer la stabilité d'oxydation des acides gras. En effet, la viande du porc élevé en plein air et nourri au gland est enrichie en tocophérols ce qui permet en association avec les tocophérols contenus dans l'herbe de ralentir l'oxydation des acides gras (Cantos *et al.*, 2003). Selon ces mêmes auteurs, ceci permet de obtenir du jambon qui a subi une oxydation limitée et située principalement dans la couche externe avec une accumulation à l'intérieur de nombreuses substances volatiles donnant lieu à un produit au goût agréable et apprécié. Rey *et al.* (1997), rapportent également que l'oxydation des acides gras membranaires est faible chez les porc élevé de façon extensive et nourris avec un régime à base de gland comparé aux animaux recevant un aliment concentré, ce qui peut être lié à d'autres facteurs antioxydants apportés par le régime à base de gland. En effet, Cantos *et al.* (2003) ont rapporté que les poly-phénols contenus dans le gland pourraient ralentir l'oxydation des acides gras de la viande de porc.

Daza *et al.* (2007) rapportent également que la consommation par le porc du gland infesté par le parasite *Curculio M.* n'affecte pas les performances des animaux (GMQ, poids de la carcasse) ou le dépôt de gras sur la carcasse. Cependant, selon les mêmes auteurs, le parasite modifie le profil en acides gras des lipides du gland et par conséquent, la consommation par le porc du gland infesté modifie la composition en acides gras de la viande avec une augmentation de la teneur en acides gras saturés au détriment des acides gras mono et polyinsaturés.

Selon Tejerina *et al.* (2011), la variation du profil en acides gras des lipides ainsi que de la teneur en antioxydant du gland peuvent être responsables, en partie, de la variation des

constituants tissulaires chez le porc d'année en année ou durant la même saison de production ce qui affecte la composition et la qualité de la viande et des produits carnés.

L'analyse du profil en acides gras de la viande est une technique qui permet de distinguer la viande du porc nourris au gland de celle obtenu d'animaux recevant un autre type d'aliment (Cantos *et al.*, 2003 et Pérez-Palacios *et al.*, 2010).

II.2.2. Cas des ruminants

Bien que le gland soit riche en tanins, son utilisation en alimentation des ruminants peut être avantageuse. En effet, si une teneur élevée en tanins réduit l'ingestion volontaire d'aliment et la digestibilité des différents constituants de la ration, une concentration faible à modérée de tannins peut améliorer chez les ruminants l'utilisation digestive de l'aliment suite principalement à la faible dégradation des protéines dans le rumen et par conséquent à l'augmentation du flux d'acides aminés dans l'intestin grêle (Pour *et al.*, 2010).

II.2.2.1. Les ovins

Selon Keddam (2001) le gland de chêne vert et de chêne liège peuvent constituer de potentiels aliments pour les ovins.

En effet, l'incorporation du gland de chêne vert en alimentation des agneaux à raison de 50% de la ration, en substitution à l'orge, n'affecte pas les performances des animaux et permet des gains de poids similaires à ceux des animaux recevant l'aliment conventionnel (Keddam *et al.*, 2010). Ainsi, le régime à base de gland a une aptitude nutritionnelle similaire au régime à base d'orge. De même, l'incorporation du gland de chêne vert à un taux de 40% dans l'aliment concentré des agneaux en engraissement n'affecte pas les performances de croissance ou les caractéristiques physico-chimique de la viande (Mekki *et al.*, 2019). En outre, l'incorporation du gland a réduit le dépôt de gras superficiel ce qui peut être lié à la nature de l'amidon contenu dans le gland moins digestible comparé à l'amidon contenu par l'orge (Keddam *et al.*, 2010). Cependant, l'incorporation du gland n'a pas modifié de manière significative le profil en acides gras des lipides, cela peut être dû à la forte bio-hydrogénation des acides gras dans le rumen (Keddam *et al.*, 2010 ; Mekki *et al.*, 2019). En outre, Mekki *et al.* (2019), rapportent que la viande des agneaux alimentés à base de gland est caractérisée par une meilleure qualité sensorielle (tendresse et jutosité).

Cependant, le coefficient d'utilisation digestive des différents nutriments est faible chez l'ovin recevant un régime à base de gland de chêne vert ou de chêne liège seul (Keddam, 2001). Selon le même auteur, associé le gland des deux espèces à de la paille ou du tourteau de soja permet d'améliorer l'utilisation digestive des différents constituants de la ration.

En outre, il y a une disparition importante des tanins dans le tractus digestif du mouton (de l'ordre de 80%) et une association avec du tourteau de soja permet de favoriser cette disparition de 5 à 12% (Keddam, 2001).

Al-Jassim *et al.* (1998), rapportent également que l'utilisation du gland *Quercus coccifera* à un taux de 25% de l'aliment concentré chez les agneaux n'affecte pas les performances des animaux et permet un gain de poids similaire à celui des animaux recevant l'aliment concentré contenant l'orge (186 vs 189 g). Cependant, selon les mêmes auteurs, la substitution de l'orge par du gland provoque une baisse de la digestibilité (MS, MO, MM, NDF, ADF et de l'azote) lié probablement à la présence de facteurs antinutritionnels dans le gland.

En outre, l'incorporation du gland en alimentation des agneaux en substitution à l'orge présente un avantage économique étant donné que le prix du gland est faible comparé au prix de l'orge (Al-Jassim *et al.*, 1998). Aussi, une comparaison doit être effectuée entre le faible coût du régime à base de gland et les faibles performances des animaux afin de juger de l'incorporation possible du gland à des taux plus élevés en alimentation des agneaux.

II.2.2.2. Les caprins

Peu d'études rapportent l'utilisation du gland en alimentation caprine. L'utilisation du gland de chêne liège en alimentation des chevreaux en croissance, en substitution à l'orge, n'affecte pas l'état de santé des animaux ainsi que l'ingéré alimentaire (Gasmi-Boubaker *et al.*, 2007b). Cependant, selon ces mêmes auteurs, son utilisation conduit à une baisse du coefficient d'utilisation digestive de la MS, MO, protéines brutes et par conséquent à un gain de poids faible comparé au gain de poids des animaux recevant de l'orge (43 vs 80 g/j). La faible digestibilité peut être liée à la teneur élevée en lignine du gland comparé à l'orge ainsi qu'à la présence des tanins qui protègent les constituants cellulaires et inhibe l'action des enzymes digestives. En outre, une période d'adaptation au régime contenant le gland est nécessaire étant donné que les animaux avaient subi une perte de poids (42 g/j) durant les 3 premières semaines qui ont suivi le début de la distribution de la ration contenant le gland (Gasmi-Boubaker *et al.*, 2007b).

De plus, selon Moujahed *et al.* (2003), le stade de maturation des glands *Quercus coccifera* affecte la dégradabilité *in-sacco* de la matière sèche qui s'améliore avec la maturation du gland. Aussi, selon ces mêmes auteurs, la période qui s'étend entre fin novembre et fin décembre semble être la période la plus favorable pour la récolte des glands destinés à l'alimentation des caprins.

Le gland peut être utilisé comme matière première source d'énergie en alimentation animale (ovins, caprins, lapins, volailles et porcs). En outre, la valorisation de cette matière première non conventionnelle, permettra de réduire le prix de l'aliment et par conséquent réduire le prix de revient des produits d'origine animale. L'incorporation du gland en alimentation animale permettra également, d'améliorer la qualité nutritionnelle des produits en améliorant leur teneur en acides gras insaturés et en oméga3. Cependant, les tannins contenus dans le gland est un facteur limitant son utilisation en alimentation animale, un autoclavage ou un décorticage préalable est indiqué. Enfin, des études sur la détermination de la valeur nutritive des glands chez les différentes espèces animales sont préconisées afin qu'ils puissent être valorisés en alimentation animale.

Partie pratique

Matériel et Méthodes

Notre travail a pour objectif la détermination de la valeur nutritive de 4 matières premières locales : du grignon d'olives issu d'une huilerie traditionnelle, du grignon d'olives issu d'une huilerie moderne, du gland de chêne vert et du gland de chêne liège.

Cette partie rapporte le matériel et les méthodes utilisés pour mesurer la valeur nutritive (énergie digestible et protéines digestibles), chez le lapin en croissance des 4 matières premières précédemment citées.

- Dans l'essai 1, deux types de grignon d'olives (*Olea europaea* L.); le grignon brut provenant d'une huilerie traditionnelle et le grignon d'olives provenant d'une huilerie moderne utilisant le processus d'extraction d'huile à trois phases de centrifugation ou en chaîne continue ont été étudiés.
- Dans l'essai 2, des glands chêne vert (*Quercus ilex*) et de chêne liège (*Quercus suber*) ont fait l'objet de mesures expérimentales.

III.1. Le matériel utilisé

III.1.1. Les bâtiments

Les deux essais ont été effectués dans des clapiers répondant aux conditions d'expérimentation en matière d'équipement et conditions d'ambiance d'élevage.

Le premier essai s'est déroulé du 9 au 20 mai 2015, dans un clapier d'un éleveur de lapins de la commune de Makouda, située à 19 km au nord du chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. L'essai a été effectué dans un bâtiment d'une superficie de 112m², comportant 7 vasistas pour l'aération et l'éclairage d'une superficie totale de 5 m², ainsi que des rigoles d'évacuation tel que montré par la figure (6), avec une capacité de 70 cages d'engraissement.



Figure 6: a : Vue extérieure ; b : intérieure du clapier de Makouda

Le deuxième essai a été mené du 14 au 25 mai 2016, au niveau du clapier pédagogique de l'ITMAS (Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisé) de Boukhalfa, région située à 5km au Nord-Ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Le clapier de l'ITMAS est une structure en bois, disposée sur une plateforme en ciment (Figure 7) et d'une superficie de $111.6m^2$. Le toit est couvert par des tôles métalliques et l'aération du bâtiment est assurée par 8 ouvertures latérales de $1,6m^2$ de section. Le clapier de l'ITMAS de Boukhalfa a une capacité de 75 cages d'engraissement.

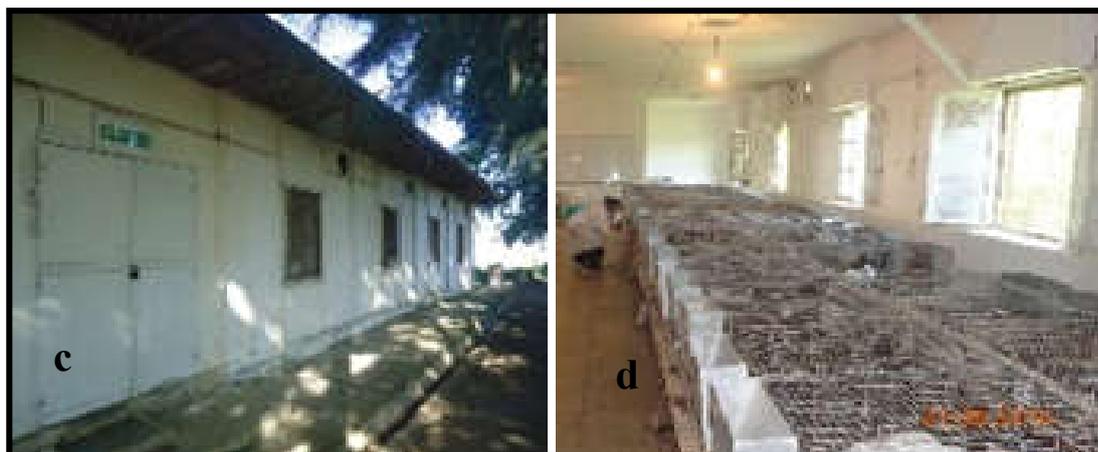


Figure 7: c : Vue extérieure ; d : vue intérieure du clapier de l'ITMAS de Boukhalfa

Dans les 2 essais les cages sont en fer galvanisé ($56 \times 38 \times 28cm$) disposées en flat deck. Chaque cage porte le numéro de l'animal et l'aliment distribué et comporte des mangeoires et des abreuvoirs automatiques (Figure 8).

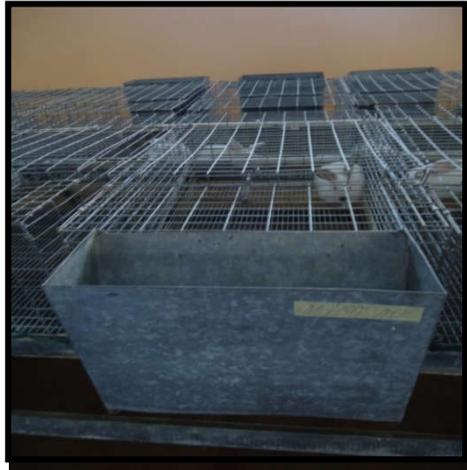


Figure 8 : Mode d'identification du numéro de l'animal

En outre, des moustiquaires ont été placées au-dessous des cages afin de récupérer les crottes ainsi que l'aliment gaspillé (Figure 9). Les bâtiments ainsi que l'ensemble du matériel utilisé dans les 2 essais ont été au préalable nettoyés et désinfectés. En effet, tout le matériel a été nettoyé avec de l'eau et détergeant avant d'être désinfecté à l'aide de la flamme d'un chalumeau.



Figure 9 : Moustiquaire placée au-dessous d'une cage à digestibilité pour la collecte des crottes

III.1.2. Les aliments

III.1.2.1. Provenance

Les aliments utilisés lors de cette étude sont composés des matières premières expérimentales (grignon traditionnel, grignon chaînes continues, gland de chêne vert, gland de chêne liège) en association avec un régime de base (RB).

Dans l'essai 1, le grignon d'olives traditionnel et le grignon d'olives chaîne continue utilisés proviennent respectivement d'une huilerie traditionnelle située dans la région de Tizi-Rached (à 17km de la ville de Tizi-Ouzou) et d'une huilerie moderne située dans la région de Draa El Mizan (à 42Km du chef-lieu de la wilaya). Sitôt récupérés, les grignons d'olives ont été séchés au soleil et tout au long du processus de séchage les grignons d'olives ont été fréquemment retournés afin d'éviter le développement de moisissures. Une fois séché, les deux types de grignon d'olives ont été acheminés vers l'unité de fabrication d'aliment de bétail SARL "production locale" à Bouzereah (Alger) pour leur incorporation dans les aliments granulés.

Pour l'essai 2, le gland de chêne vert provient du marché de Tizi-Ouzou tandis que le gland de chêne liège a été ramassé dans la forêt d'Yakouren (à 46km de Tizi-Ouzou) durant la glandée de l'année 2016. Les deux espèces de glands complets (coque et endocarpe) ont été acheminées également vers l'unité de fabrication d'aliment de bétail SARL "production locale" située à Bouzereah (Alger) pour être intégrés aux aliments expérimentaux.

III.1.2.2. Composition des aliments expérimentaux

Les 2 types de grignons d'olives ainsi que les glands de chêne vert et de chêne liège ont été incorporés à des taux de 10 et 20% en substitution au régime de base (Tableau 4) composé de 38% de Luzerne, de 9% d'Orge, de 10% de Tourteau de soja et de 43% de Son de blé, utilisé pour confectionner les aliments expérimentaux.

Le régime de base utilisé est un aliment formulé pour être complet et équilibré ; il est caractérisé par un apport (calculé) en ADF, NDF et ADL respectivement de 20,67%,

38,65% et de 4,82% ainsi que des teneurs (calculées) en énergie et protéines digestibles respectivement de 2261,30kcal/kg et 11,62% brut.

Tableau 4: Composition (%) de l'aliment témoin et des aliments expérimentaux

	RB	Essai 1		Essai 2		Premix	Sel Ca Co3
		GT	GCC	QI	QS		
Aliment témoin	98	-	-	-	-	1	1
Aliment GT10	88	10	-	-	-	1	1
Aliment GT20	78	20	-	-	-	1	1
Aliment GCC10	88	-	10	-	-	1	1
Aliment GCC20	78	-	20	-	-	1	1
Aliment QI10	88	-	-	10	-	1	1
Aliment QI20	78	-	-	20	-	1	1
Aliment QS10	88	-	-	-	10	1	1
Aliment QS20	78	-	-	-	20	1	1

RB : Régime de base ; GT : Grignon traditionnel ; GCC : Grignon chaîne continue ; QI : *Quercus ilex* ; QS : *Quercus suber* ; GT10 : Aliment contenant 10% de GT ; GT20 : Aliment contenant 20% de GT ; Aliment GCC 10 : Aliment à 10% de GCC ; Aliment GCC20 : aliment à 20% GCC ; Aliment QI10 : Aliment contenant 10% de gland QI ; Aliment QI20 : Aliment contenant 20% QI ; Aliment QS10 : Aliment contenant 10% de gland QS ; Aliment QS20 : Aliment contenant 20% de gland QS.

III.1.3. Les animaux

Dans le premier essai, 60 lapins de population locale blanche (Figure 10) provenant de la maternité du clapier ont été utilisés. Ils ont été sevrés à 35j d'âge avec un poids vif moyen de 702±36g. Ils ont été répartis en 5 groupes homogènes de 12 lapins et disposés individuellement dans des cages à digestibilité. A chaque groupe est affecté un des 5 régimes alimentaires fabriqués. Les aliments et l'eau sont présentés *Ad libitum* aux animaux



Figure 10: lapin de population locale

Dans le deuxième essai, 60 lapins de population locale (Figure 11) sevrés à 35j d'âge, âgés de 46j et d'un poids vif moyen de 1331 ± 261 g provenant d'un clapier privé situé à Ain El Hammam (à 60km de la ville de Tizi-Ouzou) ont été utilisés. Cinq groupes de 12 lapins ont été formés sur la base d'un poids vif homogène. Les animaux ont été disposés dans des cages individuelles. A chaque lot de lapins a été assigné un des 5 aliments expérimentaux ; l'eau et l'aliment ont été fournis à volonté.



Figure 11: e ; f ; i : Phénotype des lapins

III.2. Méthodes

III.2.1. Les méthodes de mesures des paramètres biologiques

La valeur nutritive d'une matière première peut être déterminée par plusieurs méthodes : la méthode directe, méthode de substitution, régression linéaire multiple et

spectrométrie proche infrarouge. Dans le cas de nos travaux, nous avons opté pour l'utilisation de la méthode de régression. Cette dernière consiste à incorporer la matière première dont on veut déterminer la valeur nutritive à des taux croissants dans un régime de base qui est formulé pour couvrir les besoins des lapins (De Blas et Mateos, 2010). L'évolution de l'énergie digestible et des protéines digestibles est suivit par une analyse de régression selon le taux d'incorporation. Ainsi, en prenant comme référence l'ED et les PD du régime de base, on peut déterminer la valeur énergétique et les protéines digestibles de la matière première par extrapolation à la substitution totale (De Blas et Mateos, 2010).

La mesure de digestibilité des aliments a été réalisée suivant la méthode Européenne de référence de Perez *et al.* (1995), qui consiste en 7 jours d'adaptation et 4 jours de collecte totale des crottes. Les animaux ont été pesés en début et en fin des phases d'adaptation et de collecte. Les quantités d'aliments distribuées, refusées et gaspillées ont été enregistrées pour chaque lapin. Durant les 4 jours de collecte, les crottes excrétées par chaque lapin sont mises quotidiennement dans des sachets en plastiques identifiés et gardés à -20°C. A la fin de la période de collecte, toutes les crottes excrétées par chaque lapin sont rassemblées dans un même sachet et mises au congélateur à -20°C en attente des analyses ultérieures. Des échantillons des aliments et de matières premières utilisés ont été également prélevés et conservés pour être analysés.

III.2.2. Méthodes de mesures analytiques

III.2.2.1. Analyses chimiques

III.2.2.1.1. Analyses chimiques sur les aliments et les matières premières

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire GenPhySe de l'INRA de Toulouse en France. Les aliments expérimentaux ont fait l'objet d'analyses classiques. La première étape a consisté à broyer les échantillons à l'aide d'un broyeur RetschZM jusqu'à l'obtention de particules de 1 mm. La matière sèche a été déterminée par séchage à l'étuve à 103 ° C (± 3 ° C) pendant 24 heures (ISO 6496: 1999). Les cendres ont été déterminées par calcination dans un four à moufle à 250 ° C pendant 1 heure,

puis à 550 ° C pendant 5 heures (ISO 5984: 2002). La teneur en azote a été déterminée par la méthode de Dumas (ISO 16634-2: 2009). Un facteur de conversion de 6,25 a été utilisé pour convertir l'azote en protéine brute.

Les fibres Van Soest : Neutral detergent fibre (NDF), l'Acid detergent fibre (ADF) et l'Acid detergent lignin (ADL) ont été déterminées successivement, selon AFNOR (2013), ISO 16472: 2006 et ISO 13906: 2008 avec un appareil de type Fibertec. L'énergie brute a été déterminée par combustion dans un calorimètre adiabatique IKA C5010 (ISO 9831: 1998).

Des analyses supplémentaires que celles précédemment citées ont été effectuées sur les matières premières étudiées (grignon d'olives traditionnel, grignon d'olives chaînes continues, glands de chêne vert et gland de chêne liège) pour la détermination de la teneur en cellulose brute et de la matière grasse selon la méthodologie de l'AOAC (1978) (méthode 978.10) et la méthodologie proposée par Alstin et Nilsson (1990) et correspondant à un prétraitement par hydrolyse acide suivi d'une extraction à l'éther de pétrole (Soxtec® (Tecator)) respectivement. La teneur en amidon des deux espèces de glands a été également mesurée.

III.2.2.1.2. Analyses chimiques sur les crottes

La première étape a été celle de séchage des crottes selon les recommandations de Perez *et al.* (1995). Les crottes de chaque lapin ont été mises dans des barquettes en aluminium pesées et identifiées puis passées à l'étuve à 80°C pendant 24h. Après 24h environ la moitié des crottes a été prélevée et mise dans des sacs en papier et gardée pour les analyses ultérieures, tandis que l'autre moitié a été remise à l'étuve à 103° pendant 24h pour la détermination du taux de matière sèche. Les barquettes contenant les crottes étant pesées avant et après chaque passage à l'étuve.

Les fèces excrétées (7/groupe) ont fait l'objet d'analyse chimique similaire à celle décrite précédemment pour la détermination de la composition chimique des aliments expérimentaux.

III.2.2.2. Méthodes de calcul

Ce sont des paramètres zootechniques dont le calcul est le suivant :

- **L'ingéré alimentaire calculé comme suit :**

$$I = D - (R + G)$$

I : Ingéré alimentaire (g)

D : Distribué (g)

R : Refus alimentaire (g)

G : Gaspillé (g)

- **Indice de consommation calculé comme suit :**

$$IC = \text{Quantité d'aliment ingéré (Kg)} / \text{Gain du poids (Kg)}$$

- **Quantité de matière sèche excrétée obtenue par la formule suivante de Perez *et al.* (1995) :**

$$\text{Quantité de MS excrétée (QMSE)} = (Pds1-T) * [(Pds3-T) / (Pds2-T)] \quad (g)$$

T : tare du plateau (poids après une heure environ à 80°C)

Pds1 : poids des fèces, après séchage à 80°C + poids de la tare (T).

Pds2 : poids du plateau + environ 50 % de poids sec à 80°C des fèces.

Pds3 : poids du plateau + environ 50% fèces après séchage à 103°C.

- **La digestibilité apparente (CUDa) calculée par la formule :**

$$CUDa = [(\text{ingéré-excrété}) / \text{ingéré}] * 100$$

III.2.2.3. Analyses statistiques

Les données obtenues à l'issue de chaque essai ont été rassemblés dans des fichiers de type *Excel* et ont été analysées à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS (OnlineDoc®, SAS Inst., Cary, NC), le type de régime étant considéré comme facteur de variation. Une comparaison des moyennes a été effectuée par le test de Scheffe. L'effet de l'incorporation des matières premières étudiées (grignon d'olives

traditionnel, grignon d'olives chaîne continue, gland de chêne vert et le gland de chêne liège) a été analysé avec la procédure REG de SAS. Ensuite, la valeur nutritive des matières premières étudiées a été calculée selon la méthode de régression décrite par Villamide *et al.* (2001).

Pour l'essai 1, en plus des analyses précédentes, un test de linéarité pour les taux croissants d'incorporation des grignons d'olives ainsi qu'un test de contraste entre les 2 types de grignons ont été effectués.

Résultats et Discussion

IV.1. Résultats et discussion de l'essai 1

IV.1.1. Composition chimique de grignon d'olives

La composition chimique du grignon d'olives varie considérablement selon les caractéristiques de l'olive, le climat et l'origine géographique de l'olive (Mioč *et al.*, 2007) ainsi que selon le processus de fabrication (De Blas *et al.*, 2015).

En raison de sa composition chimique (tableau 5), le grignon d'olives peut être considéré comme une matière première source de fibres avec une teneur faible en protéines.

Le GOT contient de faibles teneurs en protéines brutes (64g/kg MS) comparé aux valeurs rapportées par Fernández-Carmona *et al.* (1996) ou Chaabane *et al.* (1997), atteignant 100 et 87g/kg de MS respectivement. L'échantillon étudié présente une teneur très élevée en fibres brutes : 455g/kg de MS, valeur proche de celle rapportée par Chaabane *et al.* (1997): 476g/kg de MS et qui se situe dans la gamme des valeurs rapportées par la base de données Feedipedia (Heuzé *et al.*, 2014): 381g/kg MS ; cependant, la valeur obtenue est plus élevée que celle rapportée par Fernández-Carmona *et al.* (1996): 258g/kg de MS. Le contenu en lignine (ADL) est similaire à la valeur moyenne indiquée dans la base de données Feedipedia (272 g / kg MS; Heuzé *et al.*, 2014). En outre, le GOT présente une teneur élevée en matière grasse (82g/kg MS) une valeur dans la gamme de celles rapportées dans la littérature (Fernández-Carmona *et al.*, 1996; Chaabane *et al.*, 1997; Heuzé *et al.*, 2014). Les valeurs de 26 et 28 g de MM/ kg de MS du GOT et du GOCC sont respectivement deux à trois fois plus faible que les valeurs rapportées dans la base de données Feedipedia (Heuzé *et al.*, 2014).

Comme on pouvait s'y attendre, la composition chimique du GOCC diffère de celle du GOT, principalement par une teneur en matières grasses inférieure de 10%. Concernant les autres constituants, tel que les fibres et les protéines, ils sont présents à des taux similaires entre les deux types de grignon d'olives.

Tableau 5 : Composition chimique des aliments expérimentaux et des deux types de grignon d'olives

	GO0	GOT10	GOT20	GOCC10	GOCC20	GOT ¹	GOCC ²
<u>Ingredient %</u>							
Grignon d'olives	-	10,0	20,0	10,0	20,0		
Luzerne déshydratée	37,2	33,4	29,6	33,4	29,6		
Orge	8,8	7,9	7,0	7,9	7,0		
Tourteau de soja	9,8	8,8	7,8	8,8	7,8		
Son de blé	42,1	37,8	33,5	37,8	33,5		
Premix ³	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0		
<u>Composition chimique(g/kg MS)</u>							
Matière sèche	883	884	891	890	889	874	870
Matière minérale	87	87	82	84	80	26	28
Protéines brutes	191	182	166	174	166	64	60
Cellulose brute	-	-	-	-	-	455	470
Extraitéthéré	-	-	-	-	-	82	74
NDF	337	373	414	390	416	707	787
ADF	173	202	236	217	241	530	554
ADL	44	60	80	72	78	242	243
Energie brute(Kcal/kg)	4375	4428	4519	4456	4521	5335	5313

¹GOT: grignon d'olives brut provenant d'une huilerie traditionnelle, ²GOCC:grignon d'olives chaînes continues provenant d'une huilerie moderne. ³Fournis par Bouhzila S. A (Sétif, Algérie). Composition en minéraux et en vitamines (g/kg premix): Se: 0,025 ; Mg: 5 ; Mn: 7,5 ; Zn: 7,5 ; I: 0,12 ; Fe: 3,6 ; Cu: 2,25 ; Co: 0,04 ; thiamine: 0,1 ; riboflavine: 0,45 ; calcium dépanothénate:0,6 ; pyridoxine : 0,15 ; biotine: 0,0015 ; l'acide nicotinique: 2 ; chlorure de choline: 35 ; acide folique: 0,4 ; vitamine K 3: 0,2 ; acétate de dl- α -tocophéryle: 1,35 ; cyanocobalamine: 0,0006 ; vitamine A: 850000 IU, vitamine D3: 170000 IU.

IV.1.2. Ingestion alimentaire et croissance des lapins

Etant donné que notre étude a pour objectif la détermination de la valeur nutritionnelle du grignon d'olives, la durée de l'essai a été courte (11 jours) et le nombre de lapin faible (12 lapins par groupe). Par conséquent, nos résultats sur les performances ne sont pas suffisamment pertinents pour indiquer le bon état physiologique des animaux. Cependant, la consommation alimentaire, la croissance, le gain de poids et l'indice de consommation (IC) se situent dans les valeurs classiquement mesurées chez le lapin en croissance (Tableau 6). Aussi, ces données sont essentiels pour valider nos résultats de digestibilité étant obtenu sur des animaux ayant une bonne ingestion et une bonne croissance. Les résultats obtenus ont démontré que les aliments expérimentaux n'ont pas d'effet significatif pour les périodes allant de 35 à 42j et de 42 à 46j. Cependant, pour la période totale (35 à 46 j), les résultats obtenus indiquent que l'indice de consommation augmente de façon significative avec l'augmentation du taux d'inclusion des 2 types de grignons d'olives.

Tableau 6 : Effet du taux d'inclusion du grignon d'olives (GOB et GOCC) sur la consommation alimentaire et la croissance des lapins

	Aliments expérimentaux					ES	P
	GO0	GOT10	GOT20	GOCC10	GOCC20		
n	7	7	7	7	7		
<u>Période 35-42 j</u>							
Poids vif à 35 j (g)	716	699	690	694	696	3,80	0,780
Poids vif à 42 j(g)	843	803	817	795	775	9,60	0,234
Gain poids vif (g/j)	361	29,8	36,3	28,8	31,7	1,32	0,158
Ingéré (g/j)	71,5	71,7	76,2	67,6	73,2	1,63	0,574
IC, g/g	2,02	2,68	2,13	2,40	2,31	0,10	0,202
<u>Période 42-46 j</u>							
Poids vif à 46 j	1049	979	1012	971	932	16,69	0,179
Gain de poids vif, g/j	40,0	34,8	34,2	37,7	39,1	0,97	0,598
Ingéré, g/j	81,1	80,5	89,9	81,6	85,1	1,49	0,682
IC, g/g	2,04	2,41	2,76	2,20	2,36	0,10	0,195
<u>Période 35-46 j</u>							
Gain de poids vif, g/j	38,1	32,3	35,3	33,2	33,5	0,87	0,337
Ingéré, g/j	76,3	76,12	83,04	74,6	75,0	1,30	0,730
IC , g/g	2,03 ^a	2,54 ^{ab}	2,45 ^b	2,30 ^{ab}	2,47 ^{ab}	0,08	0,043

IV.1.3. Valeur nutritive du grignon d'olives

IV.1.3.1. Energie digestible

L'augmentation du taux d'incorporation du grignon d'olives traditionnel conduit à une diminution linéaire et significative de la digestibilité de l'énergie ($P < 0,001$) allant de 0,67 pour l'aliment témoin à 0,54 pour l'aliment GOT20 (tableau 7), une diminution due principalement à la forte teneur en fibres du grignon d'olives.

Tableau 7 : Effet du taux d'inclusion du GOT et du GOCC sur les coefficients d'utilisation digestive et la valeur nutritive des aliments expérimentaux chez des lapins en croissance entre l'âge de 42 à 46j d'âge

	Aliments expérimentaux					ES	P	L ₁	L ₂	P*
	GO0	GOT10	GOT20	GOCC10	GOCC20					
<u>Coefficients de digestibilité</u>										
Matière sèche	0,684 ^a	0,627 ^b	0,573 ^c	0,604 ^b	0,567 ^c	0,56	<.0001	<.0001	<.0001	0,018
Matière organique	0,678 ^a	0,614 ^b	0,556 ^c	0,591 ^b	0,553 ^c	0,60	<.0001	<.0001	<.0001	0,033
Energie ^μ	0,666 ^a	0,601 ^b	0,543 ^c	0,579 ^b	0,542 ^c	0,64	<.0001	<.0001	<.0001	0,076
Protéines brutes ^μ	0,803 ^a	0,782 ^{ab}	0,764 ^b	0,778 ^{ab}	0,758 ^b	0,76	<.0002	<.0001	<.0004	0,50
NDF ^μ	0,315 ^a	0,242 ^b	0,199 ^b	0,215 ^b	0,184 ^b	1,47	<.0001	<.0001	<.0001	0,17
ADF ^μ	0,224 ^a	0,130 ^b	0,102 ^b	0,125 ^b	0,104 ^b	1,51	<.0001	<.0001	<.0001	0,90
<u>Valeur nutritive</u>										
PD (g/kg brut)	136 ^a	126 ^b	113 ^c	121 ^b	112 ^c	1,17	<.0001	<.0001	<.0001	0,022
ED ^μ (MJ/kg brut)	10,77 ^a	9,85 ^b	9,15 ^{cd}	9,61 ^{bc}	9,11 ^d	0,11	<.0001	<.0001	<.0001	0,20

n = 7, PD: protéine brute digestible, DE: énergie digestible, μ : e et linéaire global significatif ($P < 0,05$), les valeurs moyennes portant des lettres différentes présentent une différence significative $p < 0,05$, L1: effet linéaire du GOT, L2: effet linéaire du GOCC, P*: Valeur P du contraste GOT vs GOCC.

La valeur calculée de l'énergie digestible (ED) du grignon d'olives traditionnel, par le biais de la méthode de régression décrite par Villamide *et al.* (2001), est de 3,24 MJ ED/kg MS avec une erreur d'estimation de 0,41 MJ ED/kg MS (14,3%). L'équation de prédiction de l'ED obtenue par régression est la suivante:

$ED (MJ / kg) = - 0,081 \text{ GOT } (\%) + 10,81; R^2 = 0,99$ avec GOT = taux d'incorporation du grignon d'olives traditionnel (%) (Figure 12).

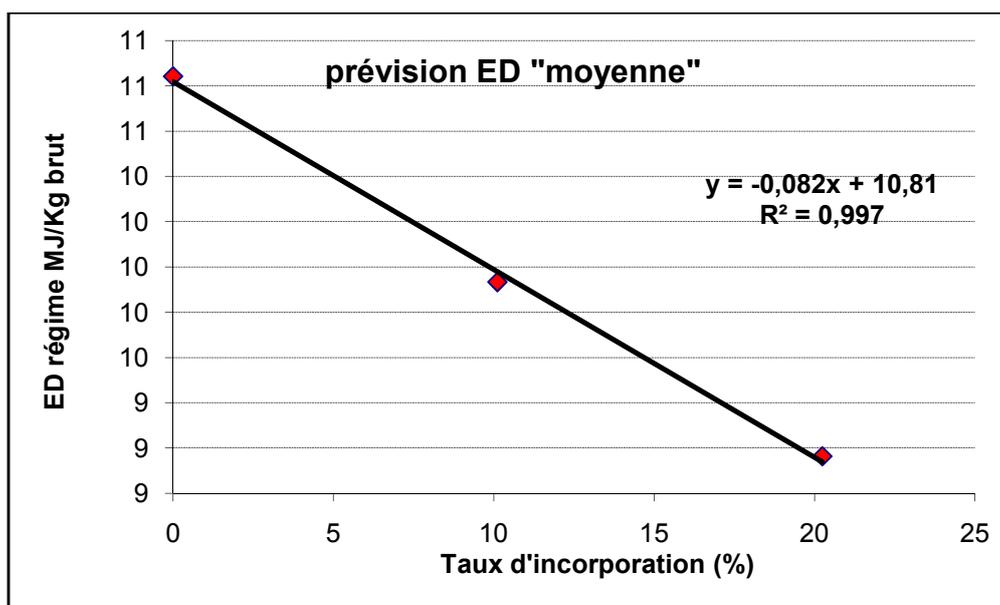


Figure 12 : Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives traditionnel (GOT)

Les résultats obtenus (Tableau 7), ont montré que l'énergie digestible de l'aliment diminue de façon linéaire ($P < 0,001$) avec l'augmentation du taux d'inclusion du grignon d'olives chaîne continue et passe de 0,67 (GO0) à 0,54 (GOCC20) (Tableau 7).

L'énergie digestible du grignon d'olives chaîne continue calculée par régression est de 2,94 MJ/kg MS avec une erreur d'estimation de 0,52 MJ/kg MS (20,2%). L'équation de prédiction de l'ED (obtenue par la méthode de régression) est de :

$ED = -0,080 \text{ GOCC (\%)} + 10,72$; $R^2 = 0,94$ avec GOCC = taux d'incorporation du grignon d'olives chaîne continue (%) (Figure 13).

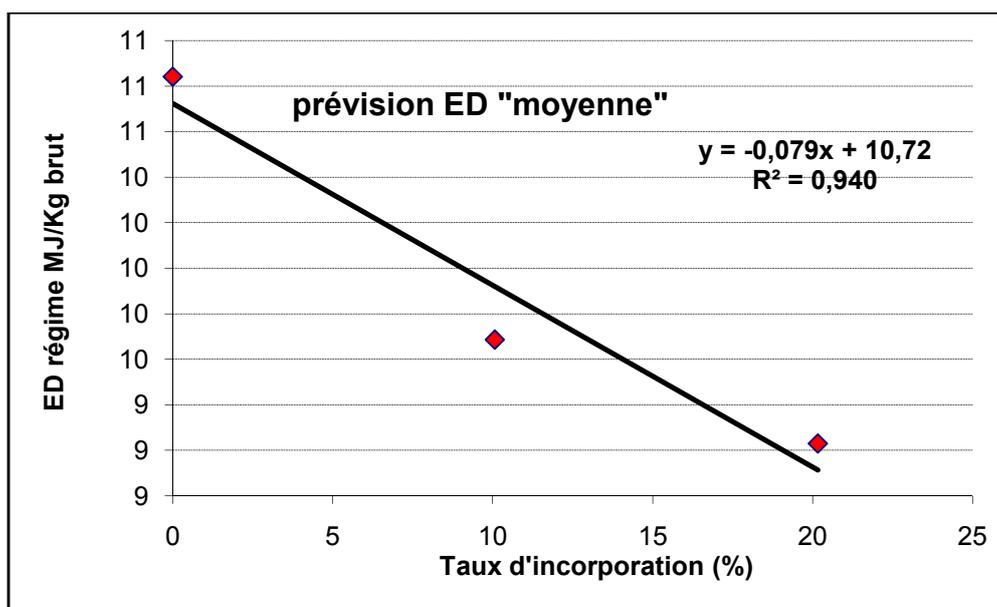


Figure 13 : Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives chaînes continues (GCC)

L'énergie digestible du grignon d'olives traditionnel est plus élevée que celle du grignon d'olives chaîne continue: 3,24 vs 2,94 MJ / kg MS. L'écart s'expliquerait par la forte teneur en matière grasse du grignon d'olives traditionnel comparée à celle du grignon d'olives chaînes continues.

La concentration en énergie digestible des grignons d'olives étudiés (3,24 et 2,94 MJ ED / kg MS pour GOT et GOCC respectivement) est faible comparée à la valeur de 7,1 MJ ED / kg MS rapportée par Fernández-Carmona *et al.* (1996), pour un grignon d'olives dont les auteurs n'ont pas précisé l'origine (huilerie traditionnelle ou moderne).

Cette différence serait probablement liée à la forte teneur en fibres des grignons d'olives étudiés ; en effet, ils sont caractérisés par des teneurs en NDF de 707 et 787g/kg MS pour le GOT et le GOCC respectivement, alors que cette teneur n'est que de 640 g / kg MS pour les GO étudiés par Fernández-Carmona *et al.* (1996). De plus, la méthodologie de mesure de la valeur nutritive du GO utilisée par Fernández-Carmona *et al.* (1996) diffère de la nôtre. Les mesures ont été effectuées sur des lapins adultes et la méthode directe a été adoptée : grignon d'olives comme seul ingrédient associé à un complément minéral et vitaminique. De telles conditions, conduisent à

une réduction considérable des quantités ingérées (48 g de MS / poids vif $\text{kg}^{0,75}$ j) et l'augmentation anormale du temps de rétention au niveau digestif et de la digestibilité.

IV.1.3.2. Protéines digestibles

L'incorporation croissante des deux types de grignon d'olives au régime de base a un effet délétère sur l'utilisation digestive des protéines chez le lapin en croissance. En effet, l'augmentation du taux d'inclusion du grignon d'olives traditionnel a pour conséquence la baisse significative du coefficient d'utilisation digestive des protéines de 0,80 (GOT0) à 0,76 (GOT20) (tableau 7). L'équation de prédiction des protéines digestibles obtenue par régression est de la forme:

$\text{PD (g/kg)} = -1,210 \text{ GOT (\%)} + 138,2$; $R^2 = 0,99$ (figure 14).

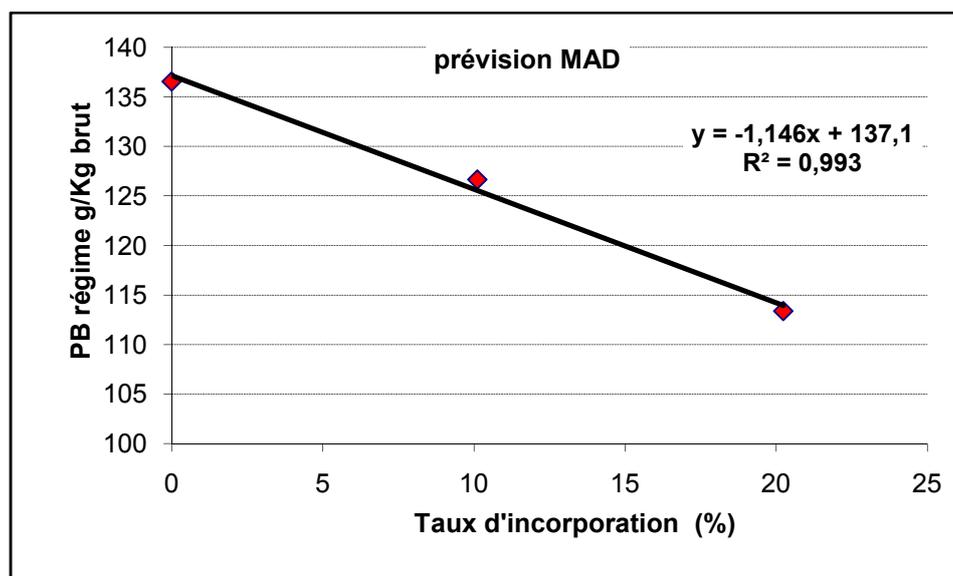


Figure 14 : Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives traditionnel (GOT)

La concentration de protéines digestibles prédite est de 27,9g PD/kg de MS, correspondant à une digestibilité des protéines brutes de 0,44; l'erreur de l'estimation est de 4,2 g (14,3%).

L'augmentation du taux d'incorporation du grignon d'olives chaîne continue a également un effet réducteur de l'utilisation digestive des protéines et conduit à une baisse du coefficient de d'utilisation digestive de 0,80 à (GO0) à 0,76 (GOCC)

(Tableau 7). L'équation de prédiction des protéines digestibles obtenue par régression est : $PD (g / kg) = - 1,363 GOCC(\%) + 136,5$; $R^2 = 0,97$ (Figure 15).

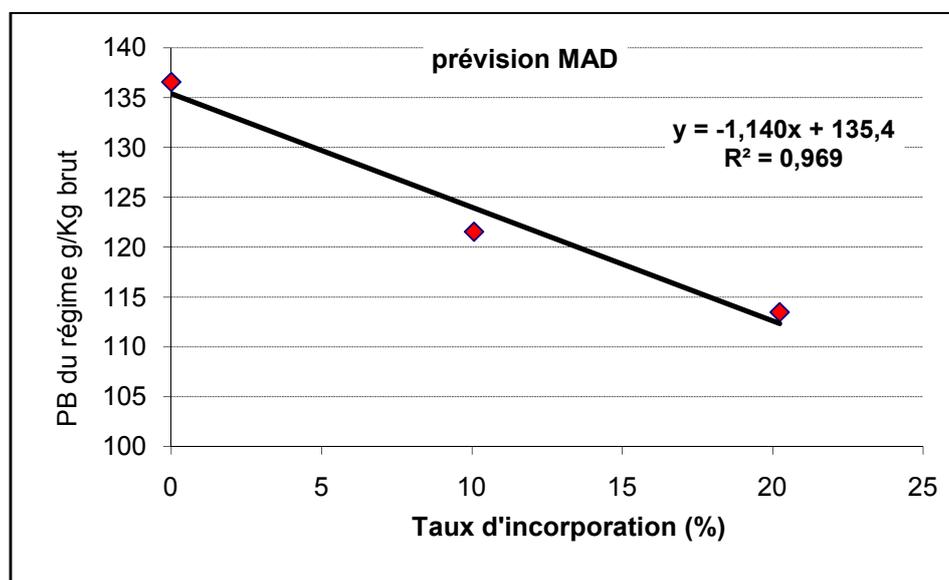


Figure 15 : Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du grignon d'olives chaînes continues (GOCC)

La concentration en protéines digestibles du GOCC prédite est de 22,4 g de PD/ kg de MS, correspondant ainsi à une digestibilité des protéines brutes de 0,37; avec une erreur d'estimation de 6 g (31%).

La valeur nutritive (ED et PD) du grignon d'olives chaîne continue est proche de celle obtenue pour le grignon d'olives traditionnel. Cependant, la concentration en protéines digestibles des deux grignons d'olives étudiés est supérieure à la valeur de $9,7 \pm 4,3$ g PD/kg de MS rapporté par Fernández-Carmona *et al.* (1996) en utilisant la méthode directe. Le coefficient d'utilisation digestive des protéines brutes du GOT (0,44) et du GOCC (0,37) est de même ordre de grandeur que celui rapporté par De Blas *et al.* (2015) : 0,40 déterminé *in-vitro* sur un grignon d'olives partiellement dénoyauté et provenant d'une huilerie moderne utilisant le processus de centrifugation à 2 phases.

La variabilité de la valeur nutritive du grignon d'olives peut être liée à la méthodologie de mesure utilisée par les différents auteurs, comme mentionné par Perez *et al.* (1995).

Ainsi, le grignon d'olives peut être considéré comme une source intéressante de fibre, mais une source modérée en d'autres nutriments pour la croissance du lapin. Le grignon d'olives provenant de l'huilerie traditionnelle contient une teneur en matière grasse de 10% plus élevée que la teneur du grignon d'olives provenant des huileries moderne, ce qui fournit une valeur énergétique supérieure de 10% pour le lapin, associée à des teneurs similaires en protéines digestibles et en fibres.

IV.2. Résultats et discussion de l'essai 2

IV.2.1. Composition chimique du gland

La composition chimique du gland peut être affectée par plusieurs facteurs dont l'espèce, la variété, l'origine géographique et la nature du sol (Afzal-Rafii *et al.*, 1992) ; les conditions de conservation (Ait Saada *et al.*, 2017) ainsi que le stade de récolte et par conséquent le degré de maturation des glands (Keddam, 2001 ; Moujahed *et al.*, 2003).

IV.2.1.1. Composition chimique du gland de chêne vert (*Quercus ilex*)

Les résultats obtenus (Tableau 8), montrent que le gland de chêne vert est une matière première source d'énergie mais de teneur protéique faible.

Le gland de chêne vert présente une teneur en protéines de 5,6 % MS, proche de celle (6,3% MS) rapportée par Kadi *et al.* (2016) ainsi que de celle (6,0% MS) mesurée par Keddam (2001) pour un gland de chêne vert récolté à la mi-novembre ; elle apparaît cependant faible par rapport à la valeur de 7,9% rapportée par Ait Saada *et al.* (2017). La valeur obtenue est proche de la valeur moyenne de 4,6 % MS rapportée par Galván (2012), mesurée sur des échantillons prélevés sur 13 stations différentes et dont les valeurs varient de 3,9 à 5,9% MS. De même, le résultat obtenu est dans la gamme des valeurs rapportées par Redriguez-Estévez *et al.* (2008) et qui est une synthèse des résultats de 10 travaux de recherche sur le gland de chêne vert et dont les valeurs minimale et maximale sont de 4,3 et 6% MS respectivement.

Tableau 8 : Composition chimique des aliments expérimentaux et du gland de chêne vert (*Quercus ilex*)

	Q10	Q110	Q120	Q1 ¹
<u>Ingrédient % brut</u>				
Gland de chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)	-	10,0	20,0	
Luzerne déshydratée	37,2	33,4	29,6	
Orge	8,8	7,9	7,0	
Tourteau de soja	9,8	8,8	7,8	
Son de blé	42,1	37,8	33,5	
Premix ²	2,0	2,0	2,0	
<u>Composition chimique, g/kg MS</u>				
Matière sèche	885	891	885	721
Matière minérale	94	79	83	24
Protéines brutes	174	159	147	56
Cellulose brute	-	-	-	112
Extrait éthéré	-	-	-	85
Amidon	-	-	-	310
NDF	286	314	307	274
ADF	144	157	152	207
ADL	35	43	40	104
Energie brut, Kcal/kg	3969	4381	4407	4769

¹Q1: gland de chêne vert (*Quercus ilex*), ²Fournis par Bouhzila S. A (Sétif, Algérie). Composition en minéraux et en vitamines (g/kg premix): Se: 0,025, Mg: 5, Mn: 7,5, Zn: 7,5, I: 0,12, Fe: 3,6, Cu: 2.25, Co: 0,04, thiamine: 0,1, riboflavine: 0,45, calcium dépanthénate:0,6, pyridoxine : 0,15, biotine: 0,0015, l'acide nicotinique: 2, chlorure de choline: 35, acide folique: 0,4, vitamine K 3: 0,2, acétate de dl- α -tocophéryle: 1,35, cyanocobalamine: 0,0006, vitamine A: 850000 IU, vitamine D3: 170000 IU.

Nos échantillons de gland de chêne vert se sont avérés riches en matière grasse : 8,5% MS, concentration comparable à celle rapportée par Ait Saada *et al.* (2017) et qui est de 8,04%. En revanche, elle apparaît élevée par rapport à celle rapportée par Keddami (2001) pour un gland récolté à la mi-novembre et qui est de l'ordre de 5,9%. Elle reste

également élevée d'un point environ à celle (7,2%) rapportée par Redriguez-Estévez *et al.* (2008). Ces mêmes auteurs relatent une gamme de concentration de matière grasse du gland de chêne vert allant de 5% à 11% MS. En revanche, la teneur en matière grasse obtenue est faible comparé à la valeur moyenne de 11,3% MS rapportées Galván (2012), une valeur moyenne de résultats variant de 19,1 à 14,9% MS.

La teneur en amidon de nos échantillons de gland est appréciable (31% MS), même si elle apparaît relativement faible comparée à celles rapportées respectivement par Keddam (2001) et Ait Saada *et al.* (2017) et qui sont de l'ordre de 46,7 et 71,3% MS.

A l'opposé, la fraction cellulosique de nos glands de chêne vert est relativement élevée (11,2 % MS) à celle déterminées respectivement par Keddam (2001) et Ait Saada *et al.* (2017) et qui sont de 3,6 et 2,4% MS. La teneur en CB de nos échantillons est également élevée comparée à la valeur moyenne de 4,9% MS rapportée par Redriguez-Estévez *et al.* (2008), et dont les valeurs extrêmes sont de 1,0% et 7,0% MS.

Les teneurs en fibres Van Soest du gland de chêne vert que nous avons déterminées sont de 27,4% pour le NDF ; 20,7% pour l'ADF et 10,4% pour l'ADL ; elles s'alignent à celles rapportées par Kadi *et al.* (2016), qui sont de 29,5% MS pour le NDF ; 19,2% MS pour l'ADF et 11,2% MS pour l'ADL.

Quant aux teneurs en matière minérale elles s'apparentent à celles rapportées par la bibliographie et sont de l'ordre de 2,4% MS.

IV.2.1.2. Composition chimique du gland de chêne liège (*Quercus suber*)

La composition du gland de chêne liège (*Quercus suber*) indique que cette matière première se caractérise par une teneur élevée en amidon et une teneur faible en protéines (Tableau 9).

Tableau 9 : Composition chimique et centésimale des aliments expérimentaux et du gland de chêne liège (*Quercus suber*)

	QS0	QS10	QS20	QS ²
<u>Composants (%)</u>				
Gland de chêne vert (<i>Quercus ilex</i>)	-	10,0	20,0	
Luzerne déshydratée	37,2	33,4	29,6	
Orge	8,8	7,9	7,0	
Tourteau de soja	9,8	8,8	7,8	
Son de blé	42,1	37,8	33,5	
Premix ³	2,0	2,0	2,0	
<u>Composition chimique, g/kg MS</u>				
Matière sèche	885	883	882	865
Matière minérale	94	67	67	46
Protéines brutes	174	171	162	58
Cellulose brute	-	-	-	88
Extrait éthéré	-	-	-	58
Amidon	-	-	-	410
NDF	286	290	283	207
ADF	144	150	141	125
ADL	35	42	40	52
Energie brute, Kcal/kg	3969	4427	4392	4561

¹QS: gland de chêne liège (*Quercus suber*), ²Fournis par Bouhzila S. A (Sétif, Algerie). Composition en minéraux et en vitamines (g/kg premix): Se: 0,025 ; Mg: 5 ; Mn: 7,5 ; Zn: 7,5 ; I: 0,12 ; Fe: 3,6 ; Cu: 2,25 ; Co: 0,04 ; thiamine: 0,1 ; riboflavine: 0,45 ; calcium dépanthénate:0,6 ; pyridoxine : 0,15 ; biotine: 0,0015 ; l'acide nicotinique: 2 ; chlorure de choline: 35 ; acide folique: 0,4 ; vitamine K 3: 0,2 ; acétate de dl- α -tocophéryle: 1,35 ; cyanocobalamine: 0,0006 ; vitamine A: 850000 IU, vitamine D3: 170000 IU.

La teneur en protéines du gland de chêne liège (5,8% MS) et en matière grasse (5,8% MS) sont comparables aux valeurs respectives de 5,2 et 6,0% pour ces 2 nutriments, rapportées par Keddou (2001) et concernant un gland de chêne liège d'origine locale récolté à la mi-novembre. Nos valeurs s'alignent également à celles rapportées par

Redriguez-Estévez *et al.* (2008) : 6,4 % MS de protéines (une valeur protéique au minimale = 6,1 et maximale =7) et une teneur moyenne en MG de 5,7% MS avec des valeurs allant de 2,2 et 7,7% MS. La teneur en protéines de notre échantillon (5,8% MS) s'éloigne de -2 et -1 points de celles mesurées respectivement par Gasmi-Boubaker *et al.* (2007a) et de Ait Saada *et al.* (2017).

La teneur en matière grasse est également faible comparée à la valeur de 7,6% MS rapportée par Ait Saada *et al.* (2017). Nos échantillons de gland de chêne liège renferment une teneur élevée en amidon (41%), supérieure à la valeur (34,8%) rapportée par Keddou (2001), mais reste faible comparée à la valeur de 65,4% rapportée par Ait Saada *et al.* (2017).

La teneur en cellulose brute du gland de chêne liège obtenue (8,8%) est inférieure de 3 et de 19 points comparée aux valeurs rapportées par Gasmi-Boubaker *et al.*(2007a) et Redriguez-Estévez *et al.* (2008) respectivement, mais supérieure aux valeurs de 3,9% et 2,9% rapportées par Keddou (2001) et Ait Saada *et al.* (2017) respectivement. Les teneurs en fibres Van Soest (20,7 NDF ; 12,5% ADF et 5,2% ADL) de notre échantillon sont faibles comparées aux valeurs de 27,4 ; 25,8 et 14,1% présentées par Gasmi-Boubaker *et al.*(2007a).

La teneur en matière minérale du QS (4,6%) est nettement supérieure aux valeurs de 1,8 et 2,8% rapportées respectivement par Ait Saada *et al.* (2017) et Keddou (2001) pour du gland de chêne liège local.

La comparaison de la composition chimique du gland de chêne vert et du chêne liège (Tableau 8 et 9), fait apparaître une concentration protéique similaire. En revanche, la teneur en amidon du gland de chêne liège est plus élevée que celle du gland de chêne vert. Ces observations divergent de celles notées par Keddou (2001) et Ait Saada *et al.* (2017), pour lesquels les teneurs en protéines et en amidon du gland de chêne vert sont plus élevées que celles obtenues pour le gland de chêne liège. Cependant, le gland de chêne vert contient plus de cellulose brute et de matière grasse que le gland de chêne liège, contrairement aux conclusions de Keddou (2001) et Ait Saada *et al.* (2017) qui ne soulignent pas de différences entre les 2 espèces de gland sur ce plan.

La différence entre les profils chimiques des glands sont en rapport avec de nombreux facteurs dont la variété utilisée, l'année de production, le stade de maturation ainsi qu'à l'origine géographique des glands.

IV.2.2. Valeur nutritive du gland

IV.2.2.1. Energie digestible

IV.2.2.1.1. Energie digestible du gland de chêne vert

La digestibilité de l'énergie augmente de façon linéaire et significative avec l'incorporation du gland de chêne vert ($P < .0001$), elle est de 0,64 pour l'aliment témoin à 0,70 pour l'aliment QI20 (Tableau 10).

Tableau 10: Effet du taux d'inclusion du gland de *Q. ilex* sur les coefficients d'utilisation digestive et la valeur nutritive des aliments expérimentaux chez des lapins en croissance entre l'âge de 46 à 49j

	Aliments expérimentaux			ES	P
	QI0	QI10	QI20		
<u>Coefficients de digestibilité</u>					
Matière sèche	0,694 ^a	0,719 ^b	0,722 ^b	0,18	0,001
Matière organique	0,685 ^a	0,714 ^b	0,715 ^b	0,19	0,0003
Energie	0,642 ^a	0,702 ^b	0,705 ^b	0,20	<.0001
Protéines brutes	0,746 ^a	0,763 ^b	0,762 ^b	0,38	0,017
NDF	0,196 ^a	0,308 ^b	0,314 ^b	0,44	<.0001
ADF	0,100 ^a	0,183 ^b	0,215 ^b	0,54	<.0001
<u>Valeur nutritive</u>					
PD (g/kg)	127 ^a	109 ^b	100 ^c	0,58	<.0001
ED (MJ/kg)	10,88 ^a	11,12 ^{ab}	11,28 ^b	0,03	0,009

n = 7, PD: protéine brute digestible, ED: énergie digestible, les valeurs moyennes portant des lettres différentes présentent une différence significative $p < 0,05$, QI : gland de chêne vert.

L'énergie digestible (ED) du gland de chêne vert, calculée par la méthode de régression décrite par Villamide *et al.* (2001), est de 17,86 MJ ED/kg MS avec une erreur d'estimation de 1,61 (12,5%). L'équation de prédiction de l'ED (figure 16) obtenue par régression est la suivante :

$ED \text{ (MJ / kg)} = 0,063 \text{ QI (\%)} + 10,65$: $R^2 = 0,77$ avec QI = taux d'incorporation du gland *Quercus ilex* (%).

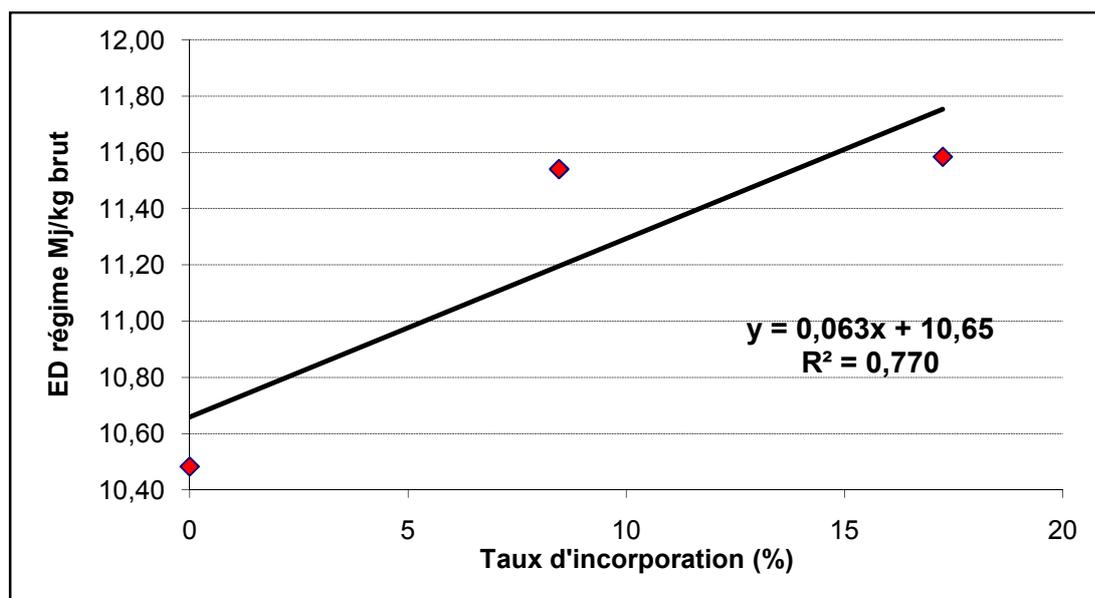


Figure 16: Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne vert (QI)

IV.2.2.1.1. Energie digestible du gland de chêne liège

L'augmentation du taux d'incorporation du gland de chêne liège conduit également à une augmentation linéaire et significative de la digestibilité de l'énergie ($P < 0,001$) allant de 0,64 pour l'aliment témoin à 0,70 pour l'aliment QS20 (Tableau 11).

L'amélioration de la digestibilité de l'énergie des aliments avec l'augmentation du taux d'incorporation des deux types de glands (gland de chêne vert et gland de chêne liège) est vraisemblablement liée à leur forte teneur en amidon.

Tableau 11 : Effet du taux d'inclusion du gland de *Q. suber* sur les coefficients d'utilisation digestive et la valeur nutritive des aliments expérimentaux chez des lapins en croissance entre l'âge de 46 à 49j

	Aliments expérimentaux			ES	P
	QS0	QS10	QS20		
<u>Coefficients de digestibilité</u>					
Matière sèche	0.694 ^a	0.718 ^a	0.718 ^a	0.29	0,055
Matière organique	0.685 ^a	0.715 ^b	0.715 ^b	0.29	0,017
Energie	0.642 ^a	0.702 ^b	0.702 ^b	0.31	<.0001
Protéines brutes	0.746 ^a	0.772 ^a	0.746 ^a	0.48	0,137
NDF	0.196 ^a	0.256 ^a	0.261 ^a	0,65	0,017
ADF	0.100 ^a	0.182 ^b	0.169 ^b	0,66	0,008
<u>Valeur nutritive</u>					
PD (g/kg brut)	127 ^a	112 ^a	101 ^b	0,71	<.0001
ED (MJ/kg brut)	10.88 ^a	11.12 ^a	11.25 ^a	0,05	0,169

n = 7, PD: protéine brute digestible, DE: énergie digestible, les valeurs moyennes portant des lettres différentes présentent une différence significative p<0,05, QS : gland de chêne liège.

L'énergie digestible du gland de chêne liège calculée par régression est de 14,67 MJ/kg de MS avec une erreur d'estimation de 2,49 (12,6%). L'équation (figure 17) obtenue par la méthode de régression pour prédire l'énergie digestible est:

ED (MJ / kg) = 0,060 QS + 10,69 ; R² = 0,674 avec QS = taux d'incorporation du gland *Quercus suber* (%)

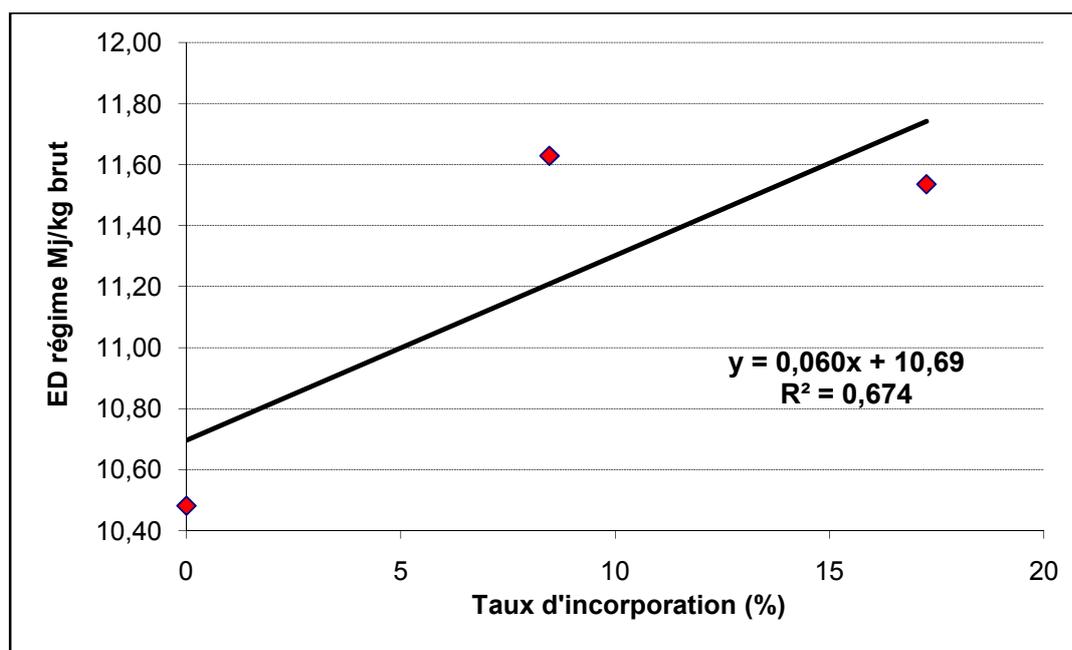


Figure 17: Energie digestible de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne liège

Nos données expérimentales permettent d'avancer que le gland de chêne vert présente pour le lapin en croissance un potentiel en termes d'ED plus intéressant que celui du gland de chêne liège. La forte teneur en tanins du gland de chêne liège comparée à celle du gland de chêne vert pourrait être à l'origine de cette différence. En effet, à l'issue de mesures de concentrations des tanins des glands de chêne vert récoltés en début de septembre, début octobre, fin octobre, mi-novembre et mi-décembre, Keddam (2001) rapporte les teneurs respectives de 2,2g, 1,8, 1,5 et 1,2 g/kg MS alors qu'elles sont de 3,2g, 2,8, 2,5, 1,7 et 1,8g/kg MS de gland de chêne liège récolté aux mêmes périodes.

Les valeurs de digestibilité de la matière sèche, de la matière organique et des protéines brutes des régimes à base de gland ne corroborent pas les résultats de Gasmi-Boubaker *et al.* (2007a), qui indiquent que l'incorporation du gland de *Q. suber* à l'aliment destiné au lapin conduit à la baisse de la digestibilité de ces différents constituants. Cela, peut être lié à des teneurs en tanin différentes des glands utilisés, qui selon Keddam (2001) varie en fonction du stade de récolte du gland.

IV.2.2.2. Protéines digestibles

IV.2.2.2.1. Protéines digestibles du gland de chêne vert

L'augmentation du taux d'incorporation du gland de chêne vert au régime de base, a un effet bénéfique sur la digestibilité des protéines. En effet, le coefficient d'utilisation digestive des protéines augmente parallèlement avec celui du taux d'incorporation du gland de chêne vert de 0 à 20% ; il passe de 0,74 à 0,76 (Tableau 10).

L'équation (Figure 18) de prédiction des protéines digestibles obtenues par régression est : $PD \text{ (g/kg)} = -1,605 \text{ QI (\%)} + 125,7$; $R^2=0,96$ avec QI= taux d'incorporation du gland de *Quercus ilex* (%)

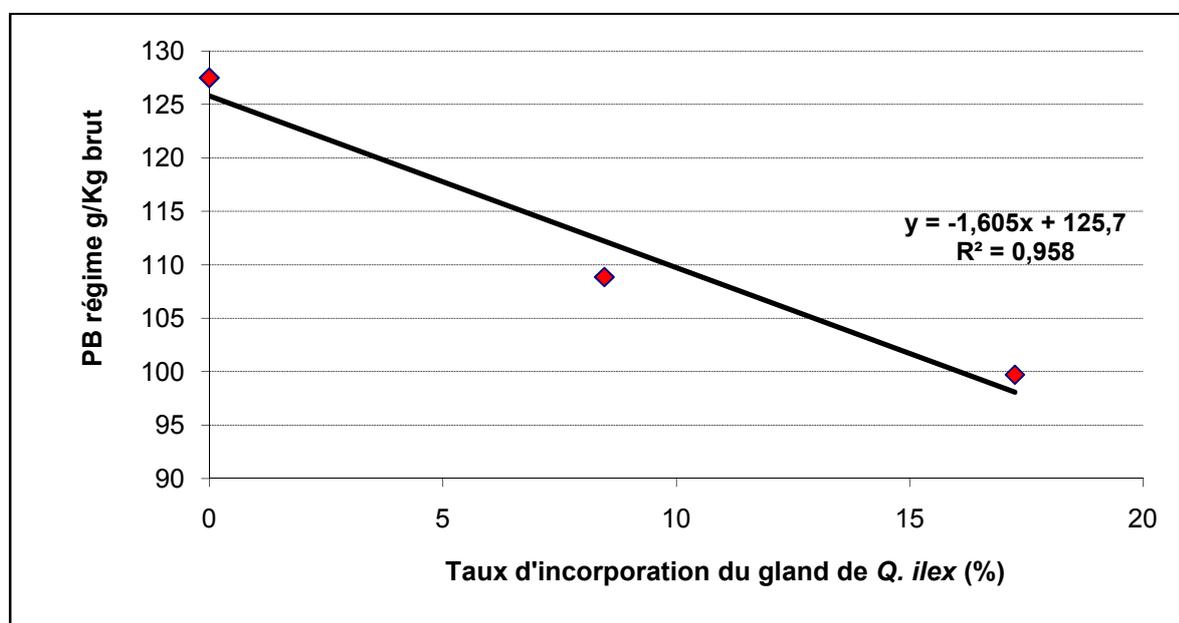


Figure 18: Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne vert

La teneur en protéines digestibles du gland de chêne vert prédite est de 52,44 g/kg MS correspondant à une digestibilité des protéines brutes de 93,93% avec une erreur d'estimation de 6,4g (3%).

IV.2.2.2.2. Protéines digestibles des glands de chêne liège

Un effet positif du gland de chêne liège sur la digestibilité des protéines a été également observé au taux d'incorporation de 10%. Aussi, l'augmentation du taux d'incorporation du gland de chêne liège conduit à une augmentation du coefficient

d'utilisation digestive des protéines de 0,75 pour l'aliment témoin à 0,77 pour l'aliment contenant 10% de gland de chêne liège (Tableau 11). Cependant, au taux d'incorporation de 20% de gland de chêne liège le coefficient diminue à 75%. A ce seuil d'incorporation, il semblerait que l'effet des tanins soit manifestement exprimé en se traduisant par la réduction des mécanismes de digestion des protéines alimentaires. L'équation de prédiction de la concentration de protéines digestibles obtenue par régression (figure 19) est la suivante :

$PD \text{ (g/kg)} = -1,554 \text{ QS (\%)} + 126,7$; $R^2=0,99$ avec QS = taux d'incorporation du gland *Quercus suber* (%)

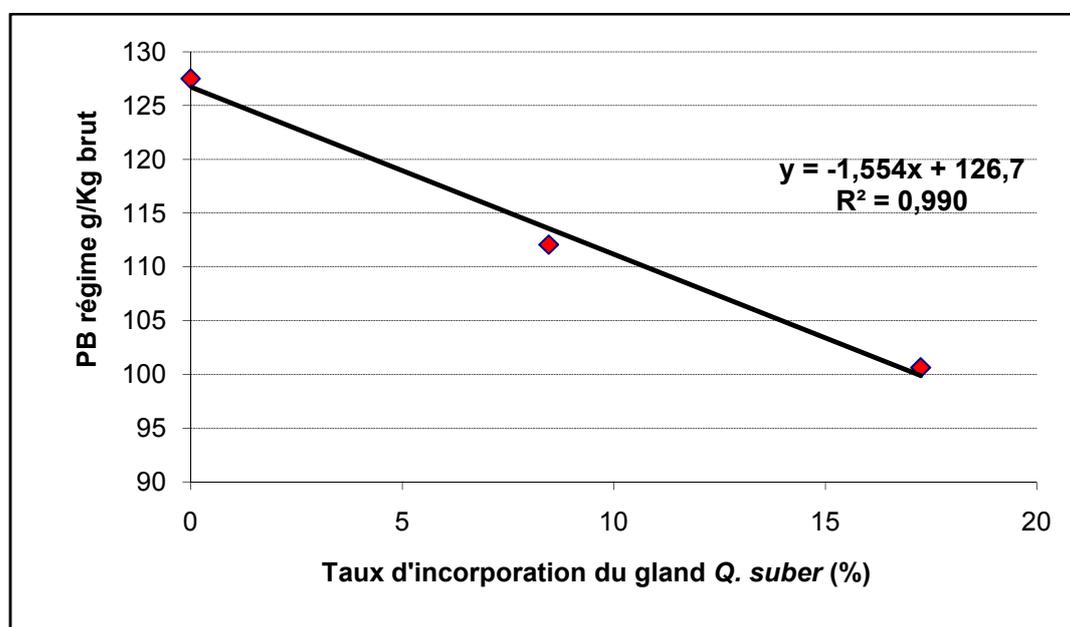


Figure 19: Protéines digestibles de l'aliment chez le lapin en croissance en fonction du taux d'incorporation du gland de chêne liège

La concentration en protéines digestibles du gland QS prédite est de 46,54 g de PD/ kg de MS, ce qui correspond à une digestibilité des protéines brutes de 0,80 avec une erreur d'estimation de 53,4 g (75%).

Au travers de nos résultats, il apparaît que la teneur en protéines digestibles du gland de chêne vert soit plus élevée que celle du gland de chêne liège. La teneur en tanins plus élevée du gland de chêne liège serait un des facteurs explicatifs de cette différence.

A notre connaissance il n'existe pas de documentation scientifique qui traite de la détermination de la valeur nutritive du gland de chêne vert et de gland de chêne liège chez le lapin en croissance. Cependant, la teneur en énergie digestible obtenue pour le gland de chêne vert (17,86 MJ/kg MS) est largement supérieure à celles rapportées par Maertens *et al.* (2002) pour des matières premières communément utilisées comme source d'énergie en alimentation du lapin tel que l'orge, maïs et avoine caractérisées par des teneurs en énergie digestible de 14,7 MJ/kg MS, 14,9 MJ/kg MS et 12,4 MJ/kg MS respectivement. Ces dernières valeurs s'apparenteraient davantage à celle du gland de chêne liège dont la concentration énergétique est de 14,67 MJ ED/kg MS.

Discussion générale

En Algérie, la population ne cesse de croître depuis l'indépendance; cette croissance est accompagnée d'une augmentation de la demande en protéines d'origine animale. La cuniculture est l'une des productions animales qui peut être développée pour contribuer à répondre à cette demande. Cependant, le poste alimentation est le principal facteur limitant de la production cunicole en raison de sa cherté compte tenu que la quasi-totalité des matières premières le constituant est importée. Cette situation se répercute sur le coût de revient de la viande de lapin qui reste inaccessible aux bourses moyennes. Afin de redresser cette situation, il apparaît logique de réduire le coût de l'aliment cunicole en intégrant dans la formule alimentaire, des matières premières ou sous-produits locaux. Cependant, les matières premières alternatives doivent d'abord être caractérisées (composition chimique et valeur nutritive : protéines et énergie digestibles) pour pouvoir être valorisées en alimentation animale. C'est dans cette optique que plusieurs travaux de recherche ont été menés à l'échelle nationale afin de cibler les produits susceptibles d'être valorisés en alimentation cunicole. Au sein du laboratoire de nutrition animale de la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques de l'université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou, plusieurs études se sont inscrites dans cet axe : valorisation de Sulla, des feuilles de roseau et feuilles de figuier (Kadi , 2012) ; valorisation de l'ensilage de Maïs et la pulpe de chicorée (Guermah, 2016) ; la valorisation des drêches de brasserie (Cherifi, 2018) et la valorisation des fèves (Hannachi, 2018) en alimentation du lapin. Nous contribuons pour notre part à cet axe de recherche, en déterminant la valeur nutritive de 4 matières premières locales : grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle, grignon d'olives provenant d'une huilerie moderne, gland de chêne vert (*Quercus ilex*) et gland de chêne liège (*Quercus suber*). Le choix de ces matières premières s'est basé sur leur disponibilité au niveau local mais aussi sur leur potentiel nutritionnel en alimentation animale tel que rapporté par plusieurs auteurs.

En effet, le grignon d'olives, un sous-produit de l'industrie des huileries, est disponible en grande quantité. Cependant, il est peu ou pas valorisé et représente une source de pollution de l'environnement en raison de la longue période nécessaire à sa

dégradation (Rupič *et al.*, 1999). Son potentiel nutritionnel en fait une ressource alimentaire certaine en alimentation animale (Heuzé *et al.*, 2014). Quant au gland, il est également disponible localement et plusieurs travaux soulignent son intérêt en alimentation animale (Lopez-Bote, 1998 ; Keddou, 2001; Bouderoua et Selselet-Attou, 2003 ; Bouderoua *et al.*, 2004 ; Ventanas *et al.*, 2005 ; Bouderoua *et al.*, 2009 ; Tejerina *et al.*, 2011 ; Gasmi-Boubaker *et al.*, 2012 ; Hamou *et al.*, 2015 ; Kadi *et al.*, 2016 ; Saada *et al.*, 2017 et Mekki *et al.*, 2019). De plus, selon Nowar *et al.* (1994), l'utilisation du gland en alimentation animale permettra d'épargner des quantités considérables de céréales.

Le grignon d'olives traditionnel et le grignon d'olives chaîne continue proviennent respectivement d'une huilerie traditionnelle située dans la région de Tizi-Rached (Tizi-Ouzou) et d'une huilerie moderne située dans la région de Draa El Mizan (Tizi-Ouzou) et récupérés durant la campagne oléicole de 2015. En revanche, le gland de chêne vert a été acheté chez des marchands de Tizi-Ouzou et le gland de chêne liège a été ramassé dans la forêt d'Yakouren durant la glandée de l'année 2016. Les 4 matières premières ont été incorporées à des taux croissant de 10 et 20% en substitution à un régime de base afin de déterminer leurs valeurs nutritives par régression suivant la méthode de Villamide *et al.* (2001). Pour cela, le travail a été scindé en 2 parties :

- Un premier essai effectué dans un clapier d'un éleveur de lapin situé à Makouda (Tizi-Ouzou) afin de déterminer la valeur nutritive des deux types de grignons d'olives.
- Un deuxième essai effectué au niveau du clapier pédagogique de l'ITMA de Boukhalfa (Tizi-Ouzou) dans le but de déterminer la valeur nutritive des glands des deux espèces *Quercus ilex* et *Quercus suber*.

Les résultats obtenus à l'issue du premier essai montrent que sur le plan de la composition chimique, le grignon d'olives est une matière première source de fibres, les teneurs en NDF; ADF et ADL étant respectivement, de 70,7; 53,0 et 24,2% pour le grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle et de 78,7 ; 55,4 et 24,3% pour

le grignon d'olives provenant d'une huilerie moderne. Ce profil chimique corrobore les données de Carraro *et al.* (2005), qui recommandent l'utilisation du grignon d'olives comme source de fibres dans les aliments destinés aux lapins pour assurer un équilibre entre les différentes fractions de fibres et réduire les risques sanitaires.

Sur le plan nutritionnel, les grignons d'olives évalués sont caractérisés par une teneur en énergie digestible de 3,24 ; 2,94 MJ/kg MS et une teneur en protéines digestibles de 27,9 ; 22,4 g/kg MS pour le grignon provenant d'une huilerie traditionnelle et moderne respectivement. Des résultats prévisibles, le grignon étant un sous-produit pauvre en protéines et l'écart entre la valeur énergétique des deux grignons s'expliquerait par le procédé d'extraction de l'huile utilisé. En effet, le procédé traditionnel utilisant un système de presse hydraulique laisse un sous-produit plus riche en huile que le procédé moderne utilisant un système de centrifugation.

En revanche, les résultats du deuxième essai ont confirmé que le gland de chêne est une matière première source d'énergie, avec un potentiel en énergie digestible de 17,9 et 14,7 MJ/kg MS pour le gland de chêne vert et le gland de chêne liège respectivement et une valeur faible en protéines digestibles de 52,4 et 46,5 g/kg MS respectivement. Ces teneurs sont en rapport avec respectivement pour le gland de chêne vert et le gland de chêne liège des teneurs élevées en amidon (31 et 41%), des teneurs faibles en fibres (10,4 et 5,2% d'ADL) et en protéines (5,6 et 5,8%).

Le Tableau 12 résume les principaux résultats (composition chimique et valeur nutritive) obtenus dans les deux essais effectués.

Tableau 12: Composition chimique (g/kg MS) et valeur nutritive des matières premières étudiées

	MS	MM	PB	EE	Amidon	EB	NDF	ADF	ADL	ED	PD
GT	874	26	64	82	-	22,3	707	530	242	3,24	27,9
GCC	870	28	60	74	-	22,2	787	554	243	2,94	22,4
QI	721	24	56	85	310	20,0	274	207	104	17,86	52,44
QS	865	46	58	58	410	19,1	207	125	52	14,67	46,54

MS : g/kg; GT : grignon d'olives traditionnel, GCC : grignon d'olives chaînes continues, QI : Quercus ilex, QS : Quercus suber, EB: MJ/kg MS; ED: MJ/kg MS; PD: g/kg MS.

Une comparaison de la composition chimique du grignon d'olives ainsi que sa valeur nutritive (Tableau 12), à celle des matières premières communément utilisées comme sources de fibres en alimentation du lapin et rapporté par Maertens *et al* (2002), a montré que le grignon d'olives a des teneurs en fibres supérieures à celles de la luzerne caractérisée par une teneur en NDF, ADF et ADL de 52,9; 41,2 et 9,2% respectivement. Cependant, la luzerne renferme des teneurs en protéines (14%) et en énergie digestible (7,5Mj/kg MS) supérieures à celles du grignon d'olives. En outre, le grignon d'olives semble avoir une composition chimique et une valeur nutritive proche de celle des coques de tournesol caractérisées par des teneurs en protéines : de 6,0% MS ; NDF de 77,0% MS ; ADF de 62,4% MS et en ADL de 22,6% MS ainsi qu'une teneur en énergie digestible de 4,7 MJ/kg MS et une digestibilité des protéines de 15% MS. De plus, le grignon d'olives contient des teneurs en matière grasse proche de celles du tourteau de coco (8,2% MS), du tourteau de palme (9,3% MS) et des graines de lupin (7,9% MS) qui sont classées selon Maertens *et al* (2002), dans la catégorie des matières premières riches en gras.

En ce qui concerne les deux types de gland les résultats obtenus (Tableau 12) que ça soit pour la composition chimique ou la valeur nutritive sont dans la gamme des valeurs NDF, ADF, EE, PB et énergie digestibles rapportés par Maertens *et al* (2002) qui caractérisent les matières premières sources d'énergie, et qui varient de 0 à 46,02% MS ; 0 à 15,4% MS ; 0 à 17,0% MS ; 2,95 à 28,1% MS et de 13,47 à 14,9Mj/kg MS respectivement. Cependant, les valeurs d'ADL obtenues sont supérieures aux valeurs

rapportées par les mêmes auteurs et pour les mêmes types de matières premières et qui varient de 0 à 4,0% MS.

Bien que les essais effectués n'aient pas pour objectif le suivi des performances des animaux, l'incorporation de matières premières étudiées à des taux élevés de 20% des aliments n'a pas eu d'effet négatif sur les performances des animaux. En outre, au même taux d'incorporation les aliments contenant le grignon d'olives traditionnel, le grignon d'olives chaîne continue, le gland de chêne vert et le gland de chêne liège ont permis des gains moyens quotidiens intéressants de 34,2g ($\pm 9,8$), 39,1g ($\pm 10,4$), 35,3g ($\pm 6,54$) et 33,3g (9,1) respectivement. Des résultats qui doivent être confirmés par des travaux ultérieurs utilisant des aliments équilibrés et effectués sur un plus grand nombre d'animaux.

Conclusion

Les résultats obtenus ont montré que le grignon d'olives est une matière première source de fibres avec des teneurs en ADF ; NDF et ADL respectivement de 70,7 ; 78,7 ; 53,0% dans le cas du grignon d'olives provenant d'une huilerie traditionnelle et 55,4 et 24,2 ; 24,3% pour le grignon provenant d'une huilerie moderne. Quant aux glands de chêne vert et liège ils sont respectivement caractérisés par des teneurs élevées en amidon (31 ; 41%), faibles en fibres (10,4 ; 5,2% d'ADL) et en protéines (5,6 ; 5,8%). Les grignons d'olives étudiés sont caractérisés par une teneur faible en énergie digestible et protéines digestibles respectivement de 3,24 ; 2,94 MJ/kg MS et 27,9 ; 22,4 g/kg MS pour le grignon provenant d'une huilerie traditionnelle et un grignon d'olives provenant d'une huilerie moderne. Ainsi, le grignon d'olives issu de l'huilerie traditionnelle est caractérisé par une teneur en énergie digestible supérieure de 10% comparé à celle du grignon d'olives issu de l'huilerie moderne avec des teneurs similaires en protéines brutes et en ADL. En revanche, les glands de chêne vert et de chêne liège présentent un apport en énergie digestible respectivement de 17,9 et 14,7 MJ/kg MS et une valeur faible en protéines digestibles de 52,4 et 46,5 g/kg MS respectivement.

Aussi, le grignon d'olives et le gland peuvent être considérés respectivement comme une importante source de fibres et d'énergie pour le lapin en croissance. La valorisation de ces matières premières en alimentation du lapin est vivement conseillée dans les conditions de productions algériennes.

Des travaux complémentaires doivent être effectués afin de déterminer les taux optimaux d'incorporation des 4 matières premières étudiées dans les aliments pour le lapin en croissance ainsi que d'étudier leur effet sur les performances zootechniques et les caractéristiques d'abattage des animaux. En outre, il serait intéressant de déterminer leur effet sur la qualité nutritionnelle de la viande de lapin. De plus, il serait intéressant d'utiliser ces 4 matières premières de manière complémentaire dans la formulation des aliments destinés au lapin. Enfin, il est impératif de sensibiliser les fabricants d'aliments ainsi que les éleveurs sur l'importance et l'avantage à valoriser des matières premières locales et pourquoi pas atteindre l'objectif de produire un aliment lapin 100% local.

Références bibliographiques

- Abbeddou S., Rischkowsky B., Hilali M. E. D., Haylani M., Hess H. D., Kreuzer M. 2015. Supplementing diets of Awassi ewes with olive cake and tomato pomace: on-farm recovery of effects on yield, composition and fatty acid profile of the milk. *Tropical animal health and production*, 47(1), 145-152.
- Abbeddou S., Rischkowsky B., Richter E. K., Hess H. D., Kreuzer M. 2011a. Modification of milk fatty acid composition by feeding forages and agro-industrial byproducts from dry areas to Awassi sheep. *Journal of Dairy Science*. 94(9) : 4657-4668.
- Abbeddou S., Riwhi S., Iniguez L., Zaklouta M., Hess H. D., Kreuzer M. 2011b. Ruminant degradability, digestibility, energy content, and influence on nitrogen turnover of various Mediterranean by-products in fat-tailed Awassi sheep. *Animal feed science and technology*. 163(2-4) : 99-110.
- Abo Omar J. A. 2000. The effect of different levels of olive pulp on the feed intake and digestibility of broilers. *Beth. University J.* 19 : 97-100.
- Abo Omar M. A. 2003. Response of broiler chicks to a high olive pulp diet supplemented with two antibiotics. *Dirasat, Agricultural Sciences*. 30(2).
- Abo Omar J.M. 2005. Carcass composition and visceral organ mass of broiler chicks fed different levels of olive pulp. *Gaza Univ. J.*, 13: 75-84.
- Abo Omar J. M. A., Daya R., Ghaleb A., 2012. Effects of different forms of olive cake on the performance and carcass quality of Awassi lambs. *Animal feed science and technology*. 171(2-4), 167-172.
- Adjami Y., Daas H., Ghanem R., Ouakid M. L., Pujade-Villar J. 2013. Effets des attaques d'insectes sur les glands de chêne-liège: Impact sur le pouvoir germinatif. *Geo-Eco-Trop*. 37(2) : 201-210.
- Afsari M., Mohebbifar A., Toriki M. 2013. Effects of Phytase Supplementation of Low Phosphorous Diets Included Olive Pulp and Date Pits on Productive Performance of Laying Hens, Egg Quality Traits and Some Blood Parameters. *Annual Research & Review in Biology*. 777-793.
- Afzal-Rafii Z., Dodd R. S., Pelleau Y. 1992. Mediterranean evergreen oak diversity: morphological and chemical variation of acorns. *Canadian Journal of Botany*. 70(7), 1459-1466.

- Ait Saada D., Ait Chabane O., Selselet-Attou G., Bouderoua K., Keddou R. 2017. Essais nutritionnels de la farine des glands en alimentation du poulet de chair (Caractéristiques organoleptiques-biochimiques-digestives et diététiques). *Salon National de l'Investissement dans le Domaine des Forêts- Parc National de Tlemcen 24 et 25 Décembre 2017*.
- Akcan T., Gökçe R., Asensio M., Estévez M., Morcuende D. 2017. Acorn (*Quercus* spp.) as a novel source of oleic acid and tocopherols for livestock and humans: discrimination of selected species from Mediterranean forest. *Journal of food science and technology*. 54(10) : 3050-3057.
- Al Jassim R. A. M., Awadeh F. T., Abodabos A. 1997. Supplementary feeding value of urea-treated olive cake when fed to growing Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 64(2-4), 287-292.
- Al Jassim R. A. M., Ereifej K. I., Shibli R. A., Abudabos A. 1998. Utilization of concentrate diets containing acorns (*Quercusaegilops* and *Quercuscoccifera*) and urea by growing Awassi lambs. *Small Ruminant Research*. 29(3) : 289-293.
- Al-Asgah N. A., Younis E. M., Abdel-Warith A. A., El-Khaldy A. A., Amanat A. 2011. Effect of feeding olive waste on growth performance and muscle composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Agriculture and Biology*. 13(2).
- Alcaide E. M. Nefzaoui A. 1996. Recycling of olive oil by-products: possibilities of utilization in animal nutrition. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 38(3-4), 227-235.
- Al-Harhi M. A. 2015. The effect of different dietary contents of olive cake with or without *Saccharomyces cerevisiae* on egg production and quality, inner organs and blood constituents of commercial layers. *European Poultry Science*. 79.
- Al-Harhi M. A. 2016. The efficacy of using olive cake as a by-product in broiler feeding with or without yeast. *Italian Journal of Animal Science*. 15(3) : 512-520.
- Al-Harhi M. A., 2017. The effect of olive cake, with or without enzymes supplementation, on growth performance, carcass characteristics, lymphoid

- organs and lipid metabolism of broiler chickens. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 19 (SPE), 83-90.
- Al-Harathi M. A., Attia Y. A., 2015. Effect of citric acid on the utilization of olive cake diets for laying hens. *Italian Journal of Animal Science*. 14 (3), 3966.
- Al-Harathi M. A., Attia Y. A. 2016. Effect of citric acid on the nutritive value of olive cake in broilers diets. *European Poultry Science*. 1-14.
- Al-Shanti H. A., Abo Omar J. M. 2003. Effect of olive cake on layers performance and egg quality. *J. Al-Azhar University, Gaza Nat. Sci.* 6, 1-6.
- Álvarez-Rodríguez J., Muñoz F., Joy M. 2009. Valoración nutritiva de alpeorajo crudo y extraído. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 10(3), 1-7.
- Amici A., M. Verna and F. Martillotti. 1991. Olive byproducts in animal feeding: improvement and utilization. *Options Méditerranéennes – Séries Séminaires*. 16: 149-152.
- Awawdeh M. S., Obeidat B. S. 2013. Treated olive cake as a non-forage fiber source for growing Awassi lambs: Effects on nutrient intake, rumen and urine pH, performance, and carcass yield. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 26(5), 661.
- Ayadi M., Keli A., Chentouf M. 2009. Effet des grignons d'olive ensilés avec mélasse sur le niveau de production laitière et sur la composition chimique et le profil des acides gras du lait de la chèvre locale du nord du Maroc. Effect of ensiled olive cake with molasses on production, chemistry composition and fatty acid milk of goats in north Morocco. *16èmes Rencontres Recherches Ruminants*. 2.
- Ben Rayana A., Bergaoui R., Ben Hamouda M., Kayouli C. 1994. Incorporation du grignon d'olive dans l'alimentation des lapereaux. *World Rabbit Science*. 2, 3 : 127-127.
- Berbel J., Posadillo A. 2018. Opportunities for the bioeconomy of olive oil by products. *Biomed. J. Sci. Tech. Res.* 1, 1-3.
- Bouderoua 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-Australasian Journal of Animal Sciences*. 22(6) : 843-848.

- Bouderoua K., Selselet-Attou G. 2003. Fatty acid composition of abdominal adipose tissue in broilers fed green-oak (*Quercus ilex*), cork oak acorn (*Quercus Suber* L.) based diets. *Animal Research*. 52(4) : 377-382.
- Bouderoua K., Selselet-Attou G., Mourot J. 2004. Effet D'un Regime A Base De Glands De Chene Vert Sur La Composition En Acides Gras Des Lipides Du Tissu Musculaire De La Cuisse De Poulet De Chair. *10 èmes Journées «Sciences du Muscle et Technologies des Viandes»*. 53.
- Brozzoli V., Bartocci S., Terramoccia S., Contò G., Federici F., D'Annibale A., Petruccioli M. 2010. Stoned olive pomace fermentation with *Pleurotus* species and its evaluation as a possible animal feed. *Enzyme and Microbial Technology*. 46(3-4) : 223-228.
- Cantos E., Espín J. C., López-Bote C., de la Hoz L., Ordóñez J. A., Tomás-Barberán F. A. 2003. Phenolic compounds and fatty acids from acorns (*Quercus* spp.), the main dietary constituent of free-ranged Iberian pigs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51(21) : 6248-6255.
- Caparra P., Foti F., Cilione C., Scerra M., Vottari G., Chies L. 2003. Olive cake, citrus pulp and wheat straw silage as an ingredient in lamb diets: 1. Effects on growth and carcass characteristics. *Italian Journal of Animal Science*. 2(sup1) : 488-490.
- Carraro L., Trocino A., Xiccato G., 2005. Dietary supplementation with olive stone meal in growing rabbits. *Ital.J.Anim.Sci*. 4, 3: 88-90.
- Chaabane K., Bergaoui R., Ben Hamouda M. 1997. Utilisation de différents types de grignons d'olives dans l'alimentation des lapereaux. *World Rabbit Science*. 5, 1 : 17-21.
- Charef M., Yousfi M., Saidi M., Stocker P. 2008. Determination of the fatty acid composition of acorn (*Quercus*), *Pistacialentiscus* seeds growing in Algeria. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 85(10) : 921-924.
- Cherifi-Harouz Z. 2018. Utilisation des drèches de brasseries en alimentation du lapin. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Option Production animale. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ozou. 121p.

<https://dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/4335/Th%C3%A8se%20doctorat%20CHERIFI%20Zakia%202018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Chimi H., 2006. Technologies d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. *Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA: Maroc.* (141), 1-4.
- Chiofalo B., Liotta L., Zumbo A., Chiofalo V. 2004. Administration of olive cake for ewe feeding: effect on milk yield and composition. *Small Ruminant Research*, 55(1-3), 169-176.
- Cibik M., Keles G. 2016. Effect of stoned olive cake on milk yield and composition of dairy cows. *Cellulose*. 15(15.9), 27-8.
- Dal Bosco A., Castellini C., Cardinali R., Mourvaki E., Moscati L., Battistacci L., Servili M., Taticchi A. 2007. Olive cake dietary supplementation in rabbit: immune and oxidative status. *Ital.J.Anim.Sci.* 6, 1: 761-763.
- Dal Bosco A., Mourvaki E., Cardinali R., Servili M., Sebastiani B., Ruggeri S., Mattioli A., Tacchi S., Sposto C., Castellini C. 2012. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits. *Meat science*. 92(4) : 783-788.
- Daza A., López-Bote C. J., Barberán F. T., Espin J. C., Carrasco C. L., Olivares A., Rey A. I. 2007. Effect of Mediterranean forest parasite with *Curculio* sp. on nutritional value of acorn for Iberian pig feeding and fat characteristics. *Meat science*. 76(2) : 316-320.
- De Blas C., Mateos G.G. 2010. Feed formulation. *In: De Blas C., Wiseman J. (Eds.). Nutrition of the rabbit, CABI, 222-232.*
- De Blas J. C., Rodriguez C. A., Bacha F., Fernandez, R., Abad-Guamán, R. (2015). Nutritive value of co-products derived from olivecake in rabbit feeding. *World Rabbit Science*, 23(4), 255-262.
- Djellal F. 2018. Valeur nutritive pour le lapin en croissance des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Option Production animale. Université Ferhat Abbas Sétif 1. 120 p. <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/3297>

- Dronney. 2019. Les matières premières agricoles pour l'alimentation humaine et animale : le monde. *INRAE Productions Animales*, 31(3), 165-180. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.0.31.0.2345>
- El Hachemi A., El Mecherfi K. E., Benzineb K., Saidi D., Kheroua O. 2007. Supplementation of olive mill wastes in broiler chicken feeding. *African Journal of Biotechnology*. 6(15).
- El Mahi F. Z., Benali M., DIF M., Bouazza S., Rih A. 2016. First Phytochemical Analysis of the Anti-Nutritional Aspect of Holm Oak Acorn (*Quercus Ilex L*) of Tessala (Algeria NW) before and after Cooking. *Advances in Environmental Biology*. 10(1), 259-264.
- El Otmani S., Ayadi M., Chentouf M., Hornick J. L., Cabaraux J. F. 2017. Effect of the method and the period of oil extraction on in vitro digestibility of olive cake in northern of Morocco. *Proceedings of the 4th FARAH-Day*, 59.
- El-Hady, H. A., Hamady, G. A. A., Abu-Taleb, A. M. 2018. Influence Of Dietary Olive Pulp Supplementation And Gamma Irradiation On Productive Performance And Some Blood Parameters Of Japanese Quail. (https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:-hdB9pWueN8J:scholar.google.com/+%22Influence+Of+Dietary+Olive+Pulp+Supplementation+And+Gamma+Irradiation+On+Productive+Performance+And+Some+Blood+Parameters+Of+Japanese+Quail%22&hl=fr&as_sdt=0,5).
- El-Sayaad G. A. E., Farag M. D. E. D., Khayyal A. A., Abdella M. M., Mekawy H. M. S. 2009. Effect of feeding diets containing irradiated olive cake on growth performance of growing rabbits. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*. 12(3) : 461-474.
- Estaún J., Dosil J., Al Alami A., Gimeno A., De Vega A. 2014. Effects of including olive cake in the diet on performance and rumen function of beef cattle. *Animal Production Science*. 54(10), 1817-1821.
- Etienne A., Martínez Valderrama J., Hernández Díaz-Ambrona C. G. 2008. Productive model of evergreen oak and annual pastures in Extremadura (Spain). *Options Méditerranéennes. Series A : No. 79*.

- Fadel M., El-Ghonemy D. H. 2015. Biological fungal treatment of olive cake for better utilization in ruminants nutrition in Egypt. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 4(4) : 261-271.
- Farghaly M. S., Ebrahim E. A. E., Mahmoud A. E. M. 2018. Performance of Barki Lambs Fed on Rations Containing Olive Cake with or Without Polyethylene Glycol. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 21, 307-313.
- Faye B., Konuspayeva G., Narmuratova M., Serikbaeva A., Musaad A. M., Mehri H. 2013. Effect of crude olive cake supplementation on camel milk production and fatty acid composition. *Dairy Science & Technology*. 93(3), 225-239.
- Fernandez-Carmona J., Cervera C., Blas E. 1996. Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim. Feed Sci. Techn.* 64: 61-75.
- Ferrer P., García-Rebollar P., Cerisuelo A., Ibáñez M. A., Rodríguez C. A., Calvet S., De Blas C. 2018. Nutritional value of crude and partially defatted olive cake in finishing pigs and effects on nitrogen balance and gaseous emissions. *Animal Feed Science and Technology*. 236, 131-140.
- Foti F., Caparra P., Giuffrida G., Scerra M., Chies L. 2003. Olive cake, citrus pulp and wheat straw silage as an ingredient in lamb diets: 2. Effects on meat quality. *Italian Journal of Animal Science*. 2(sup1) : 491-493.
- Galván J. V. 2012. Variabilidad poblacional en encina (*Quercus ilex* subsp. *Ballota* (Desf.) Samp.): morfometría, espectroscopía de infrarrojo cercano y proteómica. Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba. 179p.
- García A. M., Moumen A., Ruiz D. Y., Alcaide E. M. 2003. Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. *Animal Feed Science and Technology*. 107(1-4), 61-74.
- García-Casco J. M., Muñoz M., Martínez-Torres J. M., García-López A., Fernández-Barroso M. A., González-Sánchez E. 2017. Alternative Feeding in Iberian Pigs during Growth Period: Incorporation of Olive Cake in a Dry or Wet (silage) Form. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 82 (2), 147-150.
- Gasmi-Boubaker A., Abdouli H., Khelil H., Mouhbi R., Tayachi L. 2007b. Nutritional value of cork oak acorn (*Quercussuber* L.) as an energy source for growing goats. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2(1) : 32-37.

- Gasmi-Boubaker A., Abdouli H., Losada M. R., Tayachi L., Mansouri M., Zaidib I. (2007a). Cork oak (*Quercus suber* L.) acorn as a substitute for barley in the diet of rabbits: effect on in vivo digestibility, growth and carcass characteristics. *Journal of animal and veterinary advances*. 6(10) : 1219-1222.
- Gasmi-Boubaker A., Losada R. M., Abdouli H., Rigueiro A. 2012. Importance of Mediterranean forest products as food resource of domestic herbivores: the case of oak acorn. In *New trends for innovation in the Mediterranean animal production*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. 123-126.
- Gea-Izquierdo G., Cañellas I., Montero G. 2006. Acorn production in Spanish holm oak woodlands. *Forest Systems*. 15(3) : 339-354.
- Gharbi F. R., Benarif T., 2011. Opportunité économique de l'introduction de grignons d'olive dans l'alimentation des animaux en Tunisie. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 15(2), 259-270.
- Ghasemi R., Torki M., Ghasemi H. A., Zarei M. 2014. Single or combined effects of date pits and olive pulps on productive traits, egg quality, serum lipids and leucocytes profiles of laying hens. *Journal of applied animal research*. 42(1) : 103-109.
- Gidenne T., Garreau H., Maertens L., Drouilhet L. 2019. Efficacité alimentaire en cuniculture: voies d'améliorations, impacts technico-économiques et environnementaux. *INRA Productions Animales*, 32(3), 431-444.
- Göhl B., 1982. *Les aliments du bétail sous les tropiques: Données sommaires et valeurs nutritives*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Gravador R. S., Serra A., Luciano G., Pennisi P., Vasta V., Mele M., Pauselli M., Priolo A. 2015. Volatiles in raw and cooked meat from lambs fed olive cake and linseed. *Animal*. 9(4), 715-722.
- Guermah H. 2016. Nutrition du lapin : étude de sources alimentaires alternatives. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Option Production animale. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ozou. 121 p.
<https://dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/1508/These%20Guermah%20Hoci ne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Gül S., Keskin M., Kaya Ş. 2010. Olive cake usage as an alternative to cotton seed meal in dairy goat feeding. *African Journal of Agricultural Research*. 5(13), 1643-1646.
- Habeeb A. A. M., Gad A. E., El-Tarabany A. A., Mustafa M. M., Atta M. A. A., 2017. Using of Olive Oil By-Products In Farm Animals Feeding. *Cellulose*. 3(6.00), 38-00.
- Hadjipanayiotou M., 1999. Feeding ensiled crude olive cake to lactating Chios ewes, Damascus goats and Friesian cows. *Livestock Production Science*. 59(1), 61-66.
- Hadjipanayiotou M., 2000. The use of crude olive cake silage as small ruminant feed in Cyprus: A review. *Cahires-Options Mediterraneennes*. 52, 51-54.
- Hadjipanayiotou M., Koumas A. 1996. Performance of sheep and goats on olive cake silages. *MPKV; Maharastra. Technical bulletin*. 176.
- Hamdi H., Majdoub-Mathlouthi L., Picard B., Listrat A., Durand D., Znaïdi I. A., Kraiem K. 2016. Carcass traits, contractile muscle properties and meat quality of grazing and feedlot Barbarine lamb receiving or not olive cake. *Small Ruminant Research*. 145, 85-93.
- Hamou H., Bouderoua K., Sisbane I. 2015. The effects of cooking on protein content and nutritional composition of fatty acid of broilers meat fed on green oak acorn (*Quercus ilex*). *Scientific Journal of Animal Science*. 4(8) : 89-96
- Hamou H., Kaddour B., Ghalem S. A., Faiza H. 2009. Effets d'un regime a base de gland de chêne vert sur la composition en acides gras du muscle *Pectoralis Major* du poulet de chair. *Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St Malo*. 25 et 26 mars 2009.
- Hannachi-Rabia R. 2019. Valorisation de la graine de fève sèche "Vicia faba L. major" en alimentation du lapin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques non publiée. Option Production animale. Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou. Algérie. 138p.
- Heuzé V., Tran G., Gomez Cabrera A., Lebas F. 2014. Olive oil cake and by-products. Feedipedia.org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/32> last updated on May 11, 2015, 14:32

- Houshmand M., Hojati F., Parsaie S. 2015. Dietary nutrient manipulation to improve the performance and tibia characteristics of broilers fed oak acorn (*Quercus brantii* Lindl). *Brazilian Journal of Poultry Science*. 17(1) : 17-24.
- Ibrahim N. S., Sabic E. M., Abu-Taleb A. M. 2018. Effect of inclusion irradiated olive pulp in laying quail diets on biological performance. *Journal of radiation research and applied sciences*. 11(4) : 340-346.
- Ishfaq A., Sharma R. K., Rastogi A., Malla B. A., Rather S. A. 2017. Effect of lime treated olive cake on nutrient utilization and performance of male goats. *Indian J. Anim. Res.* 51(2), 286-290.
- Jammal B., Ziadé W., Ghoub N. 1998. Effects of Supplementation Rations with Crude Olive Cake on Milk Productivity in Dairy Cows. *Annales de Recherche Scientifique*. 1 : 207-213.
- Joven M., Pintos E., Latorre M. A., Suárez-Belloch J., Guada J. A., Fondevila M. 2014. Effect of replacing barley by increasing levels of olive cake in the diet of finishing pigs: Growth performances, digestibility, carcass, meat and fat quality. *Animal Feed Science and Technology*. 197, 185-193.
- Jurado Á., García C., Timón M. L., Carrapiso A. I. 2007. Effect of ripening time and rearing system on amino acid-related flavour compounds of Iberian ham. *Meat Science*. 75(4), 585-594.
- Kadi S.A. Alimentation du lapin de chair : valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques. Option Production animale. 2012. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ozou. 144p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01184579/document>
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Chebat F., 2004. Inclusion of crude olive cake in growing rabbits diet: Effect on growth and slaughter yield. 8th *World Rabbit Congress*, 2004 September, Puebla, Mexico, 7-10.
- Kadi S. A., Belaidi-Gater N., Djourdikh S., Aberkane N., Bannelier C., Gidenne T. 2016. Feeding *Quercus ilex* acorns to fattening rabbits: effects on growth and carcass characteristics. 11th *World Rabbit Congress June 15-18 Qingdao, China*.

- Keddam R. 2001. Acceptabilité, ingestibilité et digestibilité des glands de chêne vert et de chêne liège par les ovins. *Mémoire de magistère*. 121p.
- Keddam R., Boudroua K., El-Affifi M., Selselet-Attou G. 2010. Growth performances, carcasses parameters and meat fatty acid composition of lamb fed green oak acorns (*Quercus ilex*) based diet. *African Journal of Biotechnology*. 9(29) : 4631-4637.
- Keleş G. 2015. Zeytin posasının ruminantlar için besin ve besleme değeri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 3(10) : 780-789.
- Keles G., Yildiz-Akgul F., Kocaman V. 2017. Performance and milk composition of dairy goats as affected by the dietary level of stoned olive cake silages. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 30(3), 363.
- Keli A., Chentouf M., Ayadi M. 2009. Effet de l'incorporation du grignon d'olive non épuisés, dénoyautés et séchés dans les rations des chèvres laitières sur le niveau de production et la qualité du lait effect of the incorporation of destoned and dried olive cake on milkyield and quality in lactatinggoats. *16 émes Rencontres recherches ruminants*, 2.
- Kotsampasi B., Bampidis V. A., Tsiaousi A., Christodoulou C., Petrotos K., Amvrosiadis I., Fragioudakis N., Christodoulou V. 2017. Effects of dietary partly destoned exhausted olive cake supplementation on performance, carcass characteristics and meat quality of growing lambs. *Small ruminant research*. 156 : 33-41.
- Larousse Agricole. 1981. Publié sous la direction de Jean-Michel Clément. Directeur de l'Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires. *Librairie Larousse, Paris 1207p*.
- Lopez-Bote C. J. 1998. Sustained utilization of the Iberian pig breed. *Meat science*. 49 : S17-S27.
- López-García A., García-Casco J. M., Muñoz M., Martínez-Torres J. M., Fernández-Barroso M., A., González-Sánchez E. 2017. Backfat fatty acid profile after growing period in iberian pigs fed with olive cake in a dry or wet (Silage) form. *Proceedings of the 11th International Symposium Modern Trends in Livestock Production October 11-13, 2017*.

- Luciano G., Pauselli M., Servili M., Mourvaki E., Serra A., Monahan F. J., Lanza A., Priolo A., Zinnai A., Mele M. (2013). Dietary olive cake reduces the oxidation of lipids, including cholesterol, in lamb meat enriched in polyunsaturated fatty acids. *Meat Science*, 93(3), 703-714.
- Maertens L., Perez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbit: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Science*, vol 10 (4), 157- 166.
- Martinez-Pascual, J., Fernández, J. 1980. Composición, digestibilidad, valor nutritivo y relaciones entre ambos de diversos piensos para conejos. Proc. II *World Rabbit Congress*: 214–223.
- Marzouk K. M., Ibarhim E. M. M., Mohamed K. I., Zounouy A. I. 2017. Potential using olive cake as by-products in feeding of ossimi sheep. *Egyptian J. Nutrition and Feeds*. 20(2) : 189-196.
- Mehrez A. Z., Mousa M. R. M. 2011. Growth performance of rabbits fed olive pulp in North Sinai. *Asian J. Anim. Sci.* 5 : 317-329.
- Mekki I., Smeti S., Hajji H., Yagoubi Y., Mahouachi M., Atti N. 2019. Effect of oak acorn (*Quercus ilex*) intake during suckling and fattening of Barbarine lambs on growth, meat quality and fatty acid profile. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 28(1) : 22-30.
- Mele M., Serra A., Pauselli M., Luciano G., Lanza M., Pennisi P., Conte G., Taticchi A., Esposito S., Morbidini L. 2014. The use of stoned olive cake and rolled linseed in the diet of intensively reared lambs: effect on the intramuscular fatty-acid composition. *Animal*. 8(1), 152-162.
- Mioč B., Pavic V., Vnuecec I., Prpic Z., Kostelik A. Subic V. 2007. Effect of olive cake on daily gain, carcass characteristics and chemical composition of lamb meat. *Czech J. Anim. Sci.* 52: 31–36.
- Mohamed-Brahmi, A., Khaldi R., Khaldi. G. 2010. L'élevage ovin extensif en Tunisie: Disponibilités alimentaires et innovations pour la valorisation des ressources fourragères locales. Emilie Coudel, Hubert Devautour, Christophe-Toussaint Souldard, Bernard Hubert. ISDA 2010, Jun 2010, Montpellier, France. *Cirad-Inra-SupAgro*. 12 p.

- Molina E., Aguilera J.F. 1991. Utilisation des sous-produits de l'olivier dans l'alimentation des ovins. In : Tisserand J.-L. (ed.), Alibés X. (ed.). Fourrages et sous-produits méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 1991. p. 163-166. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 16.*
- Molina E., Aguilera J. F., Colmenero E. 1988. Valorisation nutritive d'un grignon d'olive traité à la soude. Utilisation digestive des constituants des parois cellulaires. In *Annales de zootechnie*. Vol. 37 (2), pp. 63-72.
- Molina-Alcaide E., Morales-García E. Y., Martín-García A. I., Salem H. B., Nefzaoui A., Sanz-Sampelayo M. R. 2010. Effects of partial replacement of concentrate with feed blocks on nutrient utilization, microbial N flow, and milk yield and composition in goats. *Journal of Dairy Science*, 93(5), 2076-2087.
- Molina-Alcaide E., Yáñez-Ruiz D. R. 2008. Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review. *Animal Feed Science and Technology*. 147(1), 247-264.
- Moujahed N., Mustapha C. B., Kayouli C. 2003. Effect of maturity stage on chemical composition, in sacco degradation and in vitro fermentation of acorns (*Quercus coccifera* L). *Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products*. 413-417.
- Nasopoulou, C., Gogaki, V., Stamatakis, G., Papaharisis, L., Demopoulos, C., Zabetakis I. 2013. Evaluation of the in vitro anti-atherogenic properties of lipid fractions of olive pomace, olive pomace enriched fish feed and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fed with olive pomace enriched fish feed. *Marine drugs*. 11(10) : 3676-3688.
- Nasopoulou C., Lytoudi K., Zabetakis I. 2018. Evaluation of olive pomace in the production of novel broilers with enhanced in vitro antithrombotic properties. *European journal of lipid science and technology*. 120(4) : 1700290.
- Nasopoulou C., Smith T., Detopoulou M., Tsikrika C., Papaharisis L., Barkas D., Zabetakis I. 2014. Structural elucidation of olive pomace fed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) polar lipids with cardioprotective activities. *Food chemistry*. 145 : 1097-1105.

- Nasopoulou C., Stamatakis G., Demopoulos C. A., Zabetakis I. 2011. Effects of olive pomace and olive pomace oil on growth performance, fatty acid composition and cardio protective properties of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food chemistry*. 129 (3) : 1108-1113.
- Nasopoulou C., Zabetakis I. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. *A review. LWT-Food Science and Technology*. 47(2) : 217-224.
- Nasopoulou C., Zabetakis I. 2013. Agricultural and aquacultural potential of olive pomace *a review. Journal of Agricultural Science (Toronto)*. 5(7) : 116-127.
- Nefzaoui A., 1991a. Valorisation des sous-produits de l'olivier. In : Tisserand J.-L. (ed.), Alibés X. (ed.). *Fourrages et sous-produits méditerranéens*. Zaragoza : CIHEAM, 16 : 101-108. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*.
- Nefzaoui A., 1991b. Valeur nutritive des ensilages combinés de fientes de volailles et de grignons d'olives. II. Quantités ingérées, digestibilité, r' rétention azotée et transit des particules chez les ovins. *Annales de zootechnie*, 40 (2), pp.113-123.
- Nieto R., Rivera, M., García M. A., Aguilera J. F. 2002. Amino acid availability and energy value of acorn in the Iberian pig. *Livestock Production Science*. 77(2-3) : 227-239.
- Nowar M. S., Al-Shawabkeh K., Nissour H. 1994. Evaluation of oak acorn (*Quercuscoccifera*) as untraditional energy feedstuff for complete substitution of corn grains in fattening rabbit ration. *Cah. Opt. Méd.* 8, 177-182.
- Obeidat B. S. 2017. The effects of feeding olive cake and *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on performance, nutrient digestibility and blood metabolites of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 231, 131-137.
- Ouaini R., Estephan N., Chébib H., Rutledge D. N., Medawar S., Daoud R., Ouaini N. 2010. Chemical composition of olive cakes resulting from various mills in Lebanon. *Agrochimica*. 54 (6) : 321-330.
- Owaimer A.N., Kraidees M.S., Al-Saiady M., Zahra S., Abouheif M.A. 2004. Effect of feeding olive cake in complete diet on performance and nutrient utilization of lambs. *Asian-Aust. J. Anim.Sci.* 17, 4: 491-496.

- Ozdogan M., Ustundag A. O., Yarali E. 2017. Effect of mixed feeds containing different levels of olive cake on fattening performance, carcass, meat quality and fatty acids of lambs. *Tropical animal health and production*. 49(8), 1631-1636.
- Pallara G., Buccioni A., Pastorelli R., Minieri S., Mele M., Rapaccini S., Messini A., Pauselli M., Servili M., Giovannetti L., Viti C. 2014. Effect of stoned olive pomace on rumen microbial communities and polyunsaturated fatty acid biohydrogenation: an in vitro study. *BMC veterinary research*. 10 (1) : 271.
- Pasquini S., Mizzau M., Petrusa E., Braidot E., Patui S., Gorian F., Lambardi M., Vianello A. 2012. Seed storage in polyethylene bags of a recalcitrant species (*Quercus ilex*): analysis of some bio-energetic and oxidative parameters. *Acta physiologiaeplantarum*. 34 (5), 1963-1974.
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabano R., Fraga M.J., Ramos M.A, Cerver C., Blas E., Fernandez J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European Reference Method For *IN VIVO* Determination Of Diet Digestibility In Rabbits. *World Rabbit Science*, 3 (1), 41 – 43.
- Pérez-Palacios T., Antequera T., Durán M. L., Caro A., Rodríguez P. G., Ruiz J. 2010. MRI-based analysis, lipid composition and sensory traits for studying Iberian dry-cured hams from pigs fed with different diets. *Food Research International*. 43(1) : 248-254.
- Pond W. G., Church D. B., Pond K. R., Schoknecht P. A. (2004). *Basic animal nutrition and feeding*. John Wiley & Sons.
- Pour M. B., Bahmaninia E., Ebrahimi R., Fayazi J. 2010. Evaluate effects of different inclusion of oak kernel with determine food potential oak kernel substitute with corn seed on broiler chicken's ration. *Research Journal of Biological Sciences*. 5(1) : 17-19.
- Rabayaa E., Abo Omar J. M., Othman R. A. 2001. Utilization of olive pulp in broiler rations. *An-Najah University Journal of Research*. 15, 133-144.

- Rakić S. 2000. Effect of oak acorn extracts on lipide oxidation kinetics. *Journal of Agricultural Sciences*. 45(2) : 139-143.
- Rey A. I., Daza A., López-Carrasco C., López-Bote C. J. 2006. Feeding Iberian pigs with acorns and grass in either free-range or confinement affects the carcass characteristics and fatty acids and tocopherols accumulation in Longissimusdorsi muscle and backfat. *Meat science*. 73(1), 66-74.
- Rey A. I., Isabel B., Cava R., López-Bote C. J. 1998. Dietary acorns provide a source of gamma-tocopherol to pigs raised extensively. *Canadian Journal of Animal Science*. 78(3) : 441-443.
- Rey A. I., Lopez-Bote C. J., Arias R. S. 1997. Effect of extensive feeding on α -tocopherol concentration and oxidative stability of muscle microsomes from Iberian pigs. *Animal Science*. 65(3), 515-520.
- Rodríguez-Estévez V., García A., Gómez-Castro A. G. 2009. Intrinsic factors of acorns that influence the efficiency of their consumption by Iberian pigs. *Livestock science*. 122(2-3) : 281-285.
- Rodríguez-Estévez V., García Martínez A., Mata Moreno C., Perea Muñoz J. M., Gómez Castro A. G. 2008. Dimensiones y características nutritivas de las bellotas de los Quercus de la dehesa. *Arch. Zootec*. 57, 1-12.
- Roig A., Cayuela M. L., Sánchez-Monedero M. A. 2006. An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*. 26(9): 960-969.
- Rowghani E., Zamiri M. J. 2007. Effects of additives on chemical composition, degradability coefficients and ruminal-intestinal disappearance of dry matter and crude protein of laboratory ensiled olive cake. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 8(1), 32-39.
- Rowghani E., Zamiri M. J., Seradj A. R. 2008. The chemical composition, rumen degradability, in vitro gas production, energy content and digestibility of olive cake ensiled with additives. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 9(3): 213-221.
- Rupič V., Škrilin J., Mužic S., Šerman V., Stipić N., Bačar-Huskić L. 1999. Protein and fat concentrations in the blood serum of rabbits fed different quantities of dried olive cake. *Acta veterinaria brno*. 68(2), 91-None.

- Sadeghi H., Yansari A.T., Ansari-Pirsarai Z. 2009. Effects of different olive cake by products on dry matter intake, nutrient digestibility and performance of Zel sheep. *Int. J. Agr. Biol.* 11: 39-43.
- Salama W. A., Basyony M. M., Suliman M. A., Matari R. I. M., Hassanein H. A. 2016. Effect Of Feeding Olive Cake Supplemented With Or Without Bentonite On Performance Of Growing Rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science.* 26(2): 211-230.
- Salem H. B., Salem I. B., Nefzaoui A., Said M. B. 2003. Effect of PEG and olive cake feed blocks supply on feed intake, digestion, and health of goats given kermes oak (*Quercus coccifera* L.) foliage. *Animal Feed Science and Technology.* 110 (1-4): 45-59.
- Salem H. B., Znaidi I. A. 2008. Partial replacement of concentrate with tomato pulp and olive cake-based feed blocks as supplements for lambs fed wheat straw. *Animal feed science and technology.* 147(1-3): 206-222.
- Sansoucy R. 1985. Olive by-products for animal feed. Review. FAO Animal Production and Health. Paper 43 : 8-15.
- Sateri S., Seidavi A., Bouyeh M., Neumann P., Kutzler M., Laudadio V., Loperfido F., Tufarelli V. 2017. Effect of olive meal and supplemental enzymes on performance traits, blood biochemistry, humoral immunity response and caecal microbiota of broilers. *South African Journal of Animal Science.* 47(6) : 804-812.
- Sayehban P., Seidavi A., Dadashbeiki M., Ghorbani A., Araújo W. A. G., Albino L. F. T. 2016. Effects of different levels of two types of olive pulp with or without exogenous enzyme supplementation on broiler performance and economic parameters. *Brazilian Journal of Poultry Science.* 18(3): 489-500.
- Sebban A., Bahloul A., Saadoun M., Ait Kassi A., Berrada M., Pineau J. L., Kitane S. 2004. Schema de valorisation des grignons d'olives produits par les maasras marocaines. *Déchets sciences & techniques.* 34, 39-43.
- Seidavi A. R., Azizi M., Ragni M., Laudadio V., Tufarelli V. 2018. Practical applications of agricultural wastes in poultry feeding in Mediterranean an

- Middle East regions. Part 2: tomato, olive, date, sunflower wastes. *World's Poultry Science Journal*. 74(3) : 443-452.
- Serra A., Conte G., Giovannetti M., Casarosa L., Agnolucci M., Ciucci F., Palla M., Bulleri E., Cappucci A., Servili M., Mele M. 2018. Olive Pomace in Diet Limits Lipid Peroxidation of Sausages from Cinta Senese Swine. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 120(1): 1700236.
- Shabtay A., Hadar Y., Eitam H., Brosh A., Orlov A., Tadmor Y., Izhaki I., Kerem Z. 2009. The potential of Pleurotus-treated olive mill solid waste as cattle feed. *Bioresource technology*. 100 (24): 6457-6464.
- Shdaifat M. M., Al-Barakah F. S., Kanan A. Q., Obeidat B. S. 2013. The effect of feeding agricultural by-products on performance of lactating Awassi ewes. *Small ruminant research*. 113(1): 11-14.
- Sioriki E., Nasopoulou C., Demopoulos C. A., Zabetakis I. 2015. Comparison of sensory and cardioprotective properties of olive-pomace enriched and conventional gilthead sea bream (*Sparus aurata*): The effect of grilling. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 24 (8): 782-795.
- Taticchi A., Bartocci S., Servili M., Di Giovanni S., Pauselli M., Mourvaki E., Meo Zilio D., Terramoccia S. 2017. Effect on quanti-quality milk and mozzarella cheese characteristics with further increasing the level of dried stoned olive pomace in diet for lactating buffalo. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 30 (11), 1605.
- Tejerina D., García-Torres S., de Vaca M. C., Vázquez F. M., Cava R. 2011. Acorns (*Quercus rotundifolia* Lam.) and grass as natural sources of antioxidants and fatty acids in the “montanera” feeding of Iberian pig: Intra-and inter-annual variations. *Food chemistry*. 124 (3): 997-1004.
- Terramoccia S., Bartocci S., Taticchi A., Di Giovanni S., Pauselli M., Mourvaki E., Urbani S., Servili M. 2013. Use of dried stoned olive pomace in the feeding of lactating buffaloes: effect on the quantity and quality of the milk produced. *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 26 (7): 971.
- Theriez M., Boule G. 1970. Valeur alimentaire du tourteau d'olive. In *Annales de zootechnie* (Vol. 19, No. 2, pp. 143-157). EDP Sciences.

- Tortuero F., Rioperez J. and Rodriguez M.L. 1989. Nutritional value for rabbits of olive pulpan and the effects on their visceral organs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 25:79-87.
- Tufarelli V., Introna M., Cazzato E., Mazzei D., Laudadio V. 2013. Suitability of partly destoned exhausted olive cake as by-product feed ingredient for lamb production. *Journal of animal science.* 91(2), 872-877.
- Tüzün A. E., Ünlü H. B. 2016. Farklı Düzeylerde Zeytin Pulpu İlave Edilmiş Karmalarla Yemlenen Etlik Piliçlerin Besi Performansı ve But Eti Yağ Asitleri Kompozisyonu. *Hayvansal Üretim.* 57(2): 15-21.
- Uribe E., Lemus-Mondaca R., Vega-Gálvez A., López L. A., Pereira K., López J., Kong A., Di Scala K. 2013. Quality characterization of waste olive cake during hot air drying: nutritional aspects and antioxidant activity. *Food and Bioprocess Technology.* 6(5), 1207-1217.
- Vargas-Bello-Pérez E., Vera R. R., Aguilar C., Lira R., Peña I., Fernández J. 2013. Feeding olive cake to ewes improves fatty acid profile of milk and cheese. *Animal Feed Science and Technology.* 184(1-4), 94-99.
- Ventanas S., Ventanas J., Ruiz J., Estévez M., Pandalai S. G. 2005. Iberian pigs for the development of high-quality cured products. *Recent research in development in agricultural and food chemistry.* 27-53.
- Vera R., Aguilar C., Lira R., Toro P., Barrales L., Peña I., Squella F., Pérez P., Quenaya J., Yutronic H., Briones, I. 2009. Feeding dry olive cake modifies subcutaneous fat composition in lambs, noting cake resistance to degradation and peroxidation Alimentación con alperujo modifica la composición de grasa subcutánea en corderos, con una nota en la resistencia del alperujo a.
- Villamide M.J., Maertens L., Cervera C., Perez J.M., Xiccato G. 2001. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbits Science,* vol. 9 (1), 19 – 25.
- Weinberg Z. G., Chen Y., Weinberg P. 2008. Ensiling olive cake with and without molasses for ruminant feeding. *Bioresource technology.* 99(6), 1526-1529.
- Wiesman Z. 2009. Desert olive oil cultivation: Advanced BioTechnologies. Academic Press.

- Yáñez-Ruiz D. R., Molina-Alcaide E. 2007. A comparative study of the effect of two-stage olive cake added to alfalfa on digestion and nitrogen losses in sheep and goats. *Animal*. 1(2), 227-232.
- Zaidi F., Hassissene N., Allouache H., Kichou M., Ourdani S., Rezki K., Bellal M.M., Grongnet J.F., Youyou A. 2009. Les composés phénoliques, facteur limitant du grignon d'olive chez les ruminants. *Revue de Médecine Vétérinaire*. 160(2), 67.
- Zaidi F., Hassissene N., Boubekeur N., Bouaiche A., Bouabdellah A., Grongnet J. F., Bellal M., M., Youyou A. 2008. Etude in vitro de facteurs limitant la valeur nutritive du grignon d'olive: effets des matières grasses et des métabolites secondaires. *LivestRes Rural Dev*, 20.
- Zangeneh S., Torki M. 2011. Effects of b-mannanase supplementing of olive pulp included diet on performance of laying hens, egg quality characteristics, humoral and cellular immune response and blood parameters. *Global Vet*. 7 : 391-398.
- Zarei M., Ehsani M., Torki M. 2011. Productive performance of laying hens fed wheat-based diets included olive pulp with or without a commercial enzyme product. *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4303-4312.
- Zilio D. M., Bartocci S., Di Giovanni S., Servili M., Chiariotti A., Terramoccia S. 2015. Evaluation of dried stoned olive pomace as supplementation for lactating Holstein cattle: effect on milk production and quality. *Animal production science*. 55(2) : 185-188.