



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

THESE

Présentée par

Rabia Raja épouse Hannachi

En vue de l'obtention du titre de

Docteur en Sciences Agronomiques

Option : Production animale

Thème

**Valorisation de la graine de fève sèche
"Vicia faba L. major" en alimentation du lapin**

Soutenue publiquement le 9/02/2019

Devant le jury composé de :

Président	DJENANE	Djamel	Professeur UMMTO
Directeur de thèse	BERCHICHE	Mokrane	Professeur UMMTO
Examineurs	AIN-BAZIZ	Hacina	Professeur ENSV Alger
	GHEZLANE	Fayçal	Professeur ENSA Alger
	KELLAF	Djamel	Professeur ENSV Alger
Invité	KADI	Si Ammar	Maître de conférences A UMMTO

A la mémoire de mon frère youwa

A mes parents

A mon épouse

A Mouna, Jugurtha, Dahlia, Anis et Amine

Remerciements

Ce travail de longue haleine a nécessité l'aide et la collaboration de plusieurs personnes sans qui cette thèse ne serait jamais arrivée à son terme. C'est donc avec émotion que je remercie profondément chacun d'eux.

En premier lieu, mes sincères remerciements et ma gratitude, vont à mon directeur de thèse le **Professeur Mokrane Berchiche**, pour m'avoir intégrée dans son équipe de recherche, nutrition et production animale au niveau du laboratoire (LABAB) et accepté d'encadrer ce travail doctoral, de m'avoir appris à être moins « bonne élève » mais plus autonome, tout au long de ce travail de recherches. Merci pour vos orientations et vos conseils enrichissants et encourageant tout au long de ces longues années à effectuer ce laborieux travail.

Mes plus sincères remerciements vont au **Maître de conférence Kadi Si Ammar**, qui a été d'une aide précieuse durant toutes les étapes de la réalisation de cette thèse à commencer par la justesse des protocoles expérimentaux dans les conditions du terrain réalisés avec précision et minutie, l'analyse statistique d'une partie des résultats avec le logiciel R, ses orientations, corrections et vérifications des résultats obtenus avant la rédaction de chaque article et surtout pour sa constante disponibilité.

J'exprime ma gratitude et ma reconnaissance au **Docteur Thierry Gidene** (Directeur de Recherches, UMR TANDEM, INRA de Toulouse), qui m'a accueillie dans son laboratoire dans le cadre de projet CMEP, m'a encouragée, critiqué et vérifié minutieusement les résultats de mes travaux ; m'avoir consacré beaucoup de son précieux temps à m'orienter et me corriger lors de la rédaction de mes articles à publier.

Mes remerciements distingués s'adressent aux membres du jury, qui m'ont fait l'honneur de participer et d'examiner les travaux de ma thèse.

- Pr Djenane Djamel de Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury déjà membre dans mon jury de Magister ;
- Pr Ain Baziz Hacina de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger,
- Pr Ghezlane Fayçal de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie d'Alger,
- Pr Khellaf Djamel de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger,

Bien que très pris par vos travaux respectifs, vous avez accepté de nous donner de votre temps pour juger ce travail et nous honorer de votre présence.

Mes remerciements chaleureux vont également au directeur de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé en Agriculture de Montagne (ITMAS) de Boukhalfa, Mr Tamene, pour nous avoir accueillis dans son établissement pour réaliser une partie de nos essais. J'associe également à ces remerciements les employés de l'exploitation agricole qui m'ont facilité la conduite de mes essais.

Un grand merci à Mr Rahoui, important éleveur de la région de Makouda, qui m'a fourni les animaux expérimentaux et a également hébergé deux de mes essais.

Mes remerciements vont aussi à certaines de mes étudiantes : Berkani Lynda, Tahir Lynda, Chabi Rachida, Abed Nadia, Belabes saliha, Guenoun Manel, Belahcen saliha, Mammeri Farida, Oumeddah Ghania, qui ont collaboré à la conduite de mes essais lors de mon encadrement de leurs mémoires de master.

Je ne peux manquer de remercier chaleureusement, Carole Bannelier Technicienne au laboratoire de recherches de l'INRA de Toulouse, que j'ai régulièrement côtoyé lors de mes deux séjours pour m'avoir grandement facilité la tâche pour toutes les analyses physicochimiques de mes nombreux échantillons, de m'avoir appris la minutie du travail d'analyse et permis d'utiliser librement le matériel.

Mes plus profonds remerciements vont à ma famille, qui m'a toujours soutenue, encouragée et aidée. Qu'elle trouve, dans la réalisation de ce travail, l'expression de ma plus sincère gratitude,

Je pense à mes parents que dieu leur prête vie pour leur soutien, patience et compréhension,

A mon précieux et formidable époux, qui m'accompagne et m'épaulé de façon inconditionnelle depuis le tout début, merci pour ton soutien indéfectible et permanent.

A mes chers enfants Dahlia, Anis et Amine qui trouvent drôle que maman continue à étudier, merci d'avoir compris les impératifs de ce travail..,

Une mention spéciale à Jugurtha et Mouna à qui j'adresse toute mon affection,

Je ne citerai pas, mais ils se reconnaîtront, tous mes amis et collègues, qui m'ont soutenu de près ou de loin. Je leur en suis reconnaissante.

Je remercie enfin toutes les personnes intéressées par mon travail, en espérant qu'elles puissent trouver dans ma thèse des explications utiles pour leurs propres travaux.

Publications issues de la thèse

Hannachi-Rabia R, Kadi S A, Bannelier C, Berchiche M et Gidenne T 2017: La graine de fève sèche (*Vicia faba L.major*) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 29, Article #50 <http://www.lrrd.org/lrrd29/3/hann29050.html>

Hannachi-Rabia R., Kadi S.A., Bannelier C. , Berchiche M. Gidenne T. Nutritive value of dry bean seed (*Vicia faba L. Major*) for the growing rabbit *.In preparation for world Rabbit Sciences.*

Hannachi-Rabia R., Kadi S.A., Berchiche M. de la substitution totale du tourteau de soja par la graine de fève sèche (*vicia faba L.major*) sur la croissance, le rendement à l'abattage et les caractéristiques de la carcasse. *En préparation pour soumission à Livestock Research for Rural Development.*

Table des matières

Résumé.....	8
Abstract.....	9
Résumé en arabe	10
Introduction générale.....	12

Partie I. Synthèse bibliographique

Introduction à l'étude bibliographique.....	20
Chapitre I- Alimentation du lapin en croissance.....	21
I.1. Besoins nutritionnels du lapin en croissance	21
I.2. Recommandations nutritionnelles pour lapin en croissance.....	23
I.3. Aliment industriel dans l'alimentation du lapin en croissance.....	29
Chapitre II. Sources alimentaires incorporées dans l'aliment granulé du lapin.....	30
II.1. Sources alimentaires classiques.....	30
II.2. Sources végétales alternatives au tourteau de soja.....	35
II.3. Composition chimique et valeur nutritive des matières premières communément utilisées chez le lapin.....	36
II.4. Méthodes de mesure de la valeur nutritive des sources alimentaires.....	39
Chapitre III. Valorisation de la graine de <i>Vicia faba</i> (féverole et fève) en alimentation du lapin.....	42
III.1. La fève : <i>Vicia faba</i> L. major matière premières alternative au tourteau de soja	43
III.1.1. Description.....	43
III.1.2. Classification botanique de la fève.....	44
III.1.3. Importance de la fève.....	47
III.1.4. Composition chimique de la graine de fève.....	48
III.2. Valorisation des protéagineux par les animaux d'élevage en alimentation du lapin....	50

Partie II : Etude expérimentale

Introduction à la partie expérimentale.....	71
Expérience 1. Détermination de la valeur nutritive de la graine de fève sèche (<i>Vicia faba</i> L <i>major</i>).	
Résumé.....	77
Abstract.....	78
Introduction.....	79

Material et methods.....	80
Results et discussion.....	81
Conclusion.....	85
Références bibliographiques.....	85
Expérience 2. La graine de fève sèche (<i>Vicia faba major L</i>) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage.	
Résumé	91
Abstract.....	92
Introduction.....	93
Matériel et méthodes.....	93
Résultats et discussion.....	95
Conclusion.....	100
Références bibliographiques.....	101
Expérience 3. La substitution totale du tourteau de soja par la graine de fève sèche (<i>Vicia faba major L.</i>) sur l'alimentation du lapin en croissance : Effets sur la croissance, le rendement à l'abattage et les caractéristiques de la carcasse.	
Abstract.....	106
Résumé	107
Introduction.....	108
Matériel et méthodes	108
Résultats et discussion.....	110
Conclusion.....	118
Références bibliographiques.....	119
Discussion générale	121
Conclusion générale et perspectives	136
Annexes	

Résumé

Valorisation de la graine de fève sèche "*Vicia faba L. major*" en alimentation du lapin

En Algérie, les matières premières importées (céréales, farine de luzerne déshydratée, tourteaux de soja) composants les aliments industriels du lapin sont coûteuses et subissent souvent les fluctuations du marché, d'où la variation du prix de l'aliment granulé. Pour y remédier, plusieurs chercheurs ont tenté de substituer le tourteau de soja par différents protéagineux (lupin, pois, féverole) avec succès qui se sont avérés des sources azotées alternatives intéressantes en alimentation animale, en raison de leurs taux élevés en protéine brutes et leur richesse en minéraux. Nous avons, à notre tour, choisi de le substituer par la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) disponible toute l'année en Algérie et dont l'excès ou le déclassé ne sont pas valorisés en alimentation humaine faute de moyens et d'usines de transformations.

Les objectifs de nos trois essais sont principalement la détermination de la valeur nutritive de la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) par une méthode indirecte dite de régression ou de substitution; ainsi que la valorisation de cette graine dans un aliment pour lapin en croissance en substitution partielle puis totale au tourteau de soja d'importation. Nous avons évalué les performances de croissance ainsi que les caractères des carcasses à l'abattage.

La valeur nutritive de la graine de fève a été estimée par régression après mesure de la digestibilité fécale *in vivo* sur des lapins. La digestibilité de la protéine obtenue est de 83,1% équivalent à 200 g de protéines digestibles par kg brute. La concentration en énergie digestible obtenue est aussi d'un bon niveau avec 2839 kcal / kg brute.

Suite à la détermination de la valeur nutritive de la graine de fève, une substitution partielle du tourteau de soja (15% de soja par 15% de fèves) a été réalisée dans un aliment classique (luzerne 32%, orge 25%, son de blé 20%, tourteau de soja 15%, paille 6%, vitamines et minéraux 2%). Les performances des lapins n'ont pas été influencées ($P > 0,05$) par le type d'aliment. La vitesse de croissance obtenue était modérée (25,6 g par jour), la prise alimentaire faible (97 g/j) et l'indice de consommation moyen (3,75).

Pour terminer nous avons substitué la totalité des protéines (6,75 points) apportées par 15% de tourteau de soja qui est la source principale, par 27% de graines de fèves sèches (*Vicia faba L. major*) (6,62 points) dans l'aliment des lapins en croissance. L'aliment à base de fèves a permis des performances de croissance d'un bon niveau (GMQ = 34,7 g/j) équivalentes à celles obtenues avec l'aliment témoin à base de tourteau de soja, malgré la consommation d'aliment modérée (95g/j). L'IC obtenu dans les deux régimes (2,95) traduit une efficacité alimentaire appréciable. La fève constitue donc une ressource alimentaire alternative intéressante en alimentation du lapin en croissance. Son utilisation pourrait contribuer à l'autonomie alimentaire de la cuniculture algérienne, en remplaçant partiellement ou totalement le tourteau de soja, le coût de l'aliment granulé diminuerait considérablement.

Mots clés : Lapin, graine de fève (*Vicia faba L. Major*), valeur nutritive, alimentation, protéines, croissance, abattage.

Abstract

Valorisation of the dry bean seed “*Vicia faba L. Major*” in rabbit feeding

In Algeria, imported raw materials (cereals, dehydrated alfalfa meal, soybean meal) which are components of industrial rabbit feed are expensive and often suffer from market fluctuations, hence the variation in the price of granulated feed. To remedy this, several authors have tried to substitute soybean meal with different protein crops (lupine, peas, faba beans) with success, which prove to be interesting alternative nitrogen sources in animal feed, which prove to be attractive alternative nitrogen sources in animal feed, because of their high crude protein content and mineral richness. We have, in turn, chosen to substitute the dry bean seed (*Vicia faba L. major*) available all year in Algeria and whose excess or declassified are not valued for lack of resources and plants of transformations.

The objectives of our three trials are mainly the determination of the nutritional value of the dry bean seed (*Vicia faba L. major*) by an indirect method known as regression or substitution; as well as the valorization of this seed in a food for rabbit in growth in partial substitution then total with the meal of imported soya. We evaluated growth performance and carcass characteristics at slaughter.

In the first experiment, the nutritional value of bean seed was estimated by regression after measuring fecal digestibility in vivo in rabbits. The digestibility of the protein obtained seems very satisfactory (83.1%) equivalent to 200 g of digestible protein per gross kg. The digestible energy concentration obtained is also of a good level with 2839 kcal / kg of food.

The second experiment was oriented towards a partial substitution of soybean meal (15% soybean with 15% dry bean seeds) in a conventional food (32% alfalfa, 25% barley, 20% wheat bran, 15% soybean meal, straw 6%, vitamins and minerals 2%). The performances were not influenced ($P > 0, 05$) by the type of food. The growth rate obtained was moderate (25.6 g per day), low food intake (97 g / d) and average consumption index (3.75).

In a third and final test we substituted all the proteins (6.75 points) provided by 15% soybean meal which is the main source, by 27% of dry bean seeds (*Vicia faba L. major*) (6, 62 points) in the food of growing rabbits. The faba bean feed allowed a good level of growth performance (GMQ = 34,7 g / d) equivalent to that obtained with the control food based on soybean meal, despite the consumption of moderate food (95g / day). The CI obtained in both diets (2.95) reflects a significant dietary efficiency.

The bean is therefore an interesting alternative food resource for growing rabbits. Its use could contribute to the food self-sufficiency of the Algerian rabbit breeding by reducing the importation of soybean meal but also to the reduscitation of the cost of the food.

Key words: Rabbit, bean seed (*Vicia faba L. Major*), nutritional value, diet, protein, growth, slaughter.

ملخص

تقييم بذور الفول الجافة « *Vicia faba L. major* » في تغذية الأرانب

في الجزائر، تعتبر المواد الخام المستوردة التي تشكل الأعلاف الصناعية للأرانب (الحبوب، وجبة الفصفاة المجففة، وجبة فول الصويا) غالية الثمن وغالباً ما تعاني من تقلبات السوق، ومن هنا يأتي التغيير في سعر علف للأرانب. استبدل العديد من المؤلفين فول الصويا بمحاصيل مختلفة من البروتين: الترمس، والبازلاء، والفاصوليا، لأنهم أثبتوا أن مصادر النيتروجين البديلة مثيرة للاهتمام في العلف الحيواني، بسبب محتواها من البروتين الخام العالي ومحتواها المعدني العالي. لقد حاولنا من جانبنا استبدال بذور الحبة الجافة (*Vicia faba L. major*) التي تم إنتاجها على مدار السنة في الجزائر، والتي لا يتم تقييم فائضها بسبب نقص الوسائل ومعامل التجهيز.

تتمثل أهداف تجاربنا الثلاث في تحديد القيمة الغذائية لبذور الفول الجافة (*Vicia faba L. major*) بطريقة غير مباشرة تسمى الانحدار أو الاستبدال في الجسم الحي (اختبار هضم)، التركيب الكيميائي لهذا البقول. فضلاً عن تثمين هذه البذور في غذاء الأرانب في النمو في استبدال جزئي ثم مجموع مع كعكة الصويا للاستيراد. قمنا بتقييم أداء النمو والخصائص التشريحية الذبيحة عند الذبح.

في التجربة الأولى تم تقدير القيمة الغذائية لبذور الحبة عن طريق الانحدار بعد قياس هضم البراز في الجسم الحي في الأرانب. يبدو هضم البروتين الذي تم الحصول عليه مرضياً للغاية (83.1%) أي ما يعادل 200 جرام من البروتين القابل للهضم لكل كيلوغرام إجمالي، كما أن تركيز الطاقة القابلة للهضم (DE) الذي يتم الحصول عليه يكون بمستوى جيد مع 2839 كيلو كالوري / كغ من الطعام.

كانت التجربة الثانية موجهة نحو إحلال جزئي لوجبة فول الصويا (15% من فول الصويا مع 15% من الفاصوليا) في طعام تقليدي (32% من البرسيم، 25% شعير، 20% نخالة قمح، 15% وجبة فول الصويا، القش 6%، والفيتامينات والمعادن 2%). لم تتأثر الأداء ($P > 0.05$) من نوع الطعام. كانت معدلات النمو التي تم الحصول عليها معتدلة: 25.6 غرام في اليوم، وانخفاض استهلاك الغذاء (97 غ / د) ومتوسط مؤشر الاستهلاك من 3.75.

في الاختبار الثالث والأخير قمنا باستبدال جميع البروتينات التي جلبتها وجبة فول الصويا المصدر الرئيسي (6.75 نقطة) بنسبة 27% من بذور الفول الجافة (*Vicia faba L. major*) (6.62 جرام) في النظام الغذائي الأرانب النامية، سمحت الأعلاف الفول أداء النمو من مستوى جيد ($GMQ = 34g / d$) يعادل تلك التي تم الحصول عليها مع الغذاء القائم على فول الصويا، على الرغم من استهلاك المواد الغذائية معتدلة ($g / d95$)، و CI الحصول عليها في كل من الوجبات الغذائية (2.95) يعكس كفاءة غذائية كبيرة.

وبالتالي فإن الفول هو بديل مثير للاهتمام لوجبة فول الصويا ويمكن أن تسهم في استقلال الغذاء في إنتاج الأرانب الجزائرية عن طريق الحد من استيراد المواد الخام وتكلفة تغذية الأرانب الصناعية.

الكلمات المفتاحية: الأرانب، بذور الفول (*Vicia faba L. Major*)، القيمة الغذائية، النظام الغذائي، البروتين، النمو، الذبح.

Introduction générale

La viande de lapin comparée à celle des autres espèces animales est plus riche en protéines, en certaines vitamines et en minéraux. Par contre, elle est plus pauvre en graisses et en cholestérol (Dalle Zotte, 2014). L'acceptabilité de cette viande ne se pose pas, elle peut contribuer à diversifier les sources de viande du consommateur et améliorer ainsi sa couverture du besoin en protéines animales.

Les différents chercheurs ayant acquis des connaissances sur la biologie et la physiologie du lapin (Salse, 1983) ont cerné ses principales particularités digestives qui font sa singularité. Le lapin est un herbivore, capable de bien valoriser les coproduits agroalimentaires. La particularité de sa physiologie digestive lui permet d'obtenir des acides aminés et des vitamines par le biais de la caecotrophie. En outre, il peut transformer les protéines végétales, peu ou pas consommées par l'homme, en protéines animales de haute valeur biologique, et fixer 20% de ces protéines alimentaires qu'il absorbe, sous forme de viande comestible.

En élevage à un niveau rationnel du lapin, l'alimentation représente le poste des dépenses le plus élevé, 60% à 70 % (Maertens et Gidenne, 2016). La pratique de l'alimentation du lapin a bénéficié de l'avancée scientifique de la détermination des besoins nutritionnels. En ce sens, pour chaque catégorie d'animaux des recommandations ont été proposées et améliorées périodiquement (Lebas, 2004; Gidenne *et al* 2015). En Algérie, les importations des sources alimentaires composant les aliments industriels du lapin (céréales, tourteaux de soja, farine de luzerne déshydratée) sont coûteuses et subissent souvent les fluctuations du marché provoquant la variation du prix de l'aliment granulé.

Compte tenu de ce contexte, des recherches se concentrent de plus en plus sur la réduction l'utilisation des sources alimentaires d'importation. Les chercheurs spécialisés en cuniculture en Algérie tentent d'accroître l'autonomie en alimentation cunicole par l'usage de sources alimentaires disponibles localement. Ainsi, au laboratoire de biochimie analytique et biotechnologie (LABAB) à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, des projets de recherches (CNEPRU, CMEP, PNR) dirigés par le Pr Berchiche ont été orientés vers la substitution des sources alimentaires importées par des sources végétales et leur coproduits locaux. Effectivement, à partir de la décennie 1990, avec l'appui de l'INRA de Toulouse(France), des projets de recherche –formation sont conduits sur les sources végétales (Berchiche *et al.*, 1996 ; Berchiche *et al.*, 1998 ; Berchiche *et al.*, 2000 ; Lakabi *et al.*, 2008 ; Kadi *et al.*, 2011 ;Lounaouci *et al.*,2014 ; Djellal *et al.*,2016 ; Kadi *et al.*, 2016 ; Hannachi *et*

al., 2017 ; Kadi *et al.*, 2017a, 2017b) et sur les coproduits agro industriels (Lounaouci *et al.*, 2011b, 2012 ; Dorbane *et al.*,2016 ; Guermah *et al.*, 2016 ; Harouz-Cherifi *et al.*.,2018) .

Les travaux de notre thèse font partie du projet de notre laboratoire intitulé : Nutrition et alimentation du lapin de chair en condition de production Algériennes accé essentiellement sur la substitution des matières importées par des sources produites localement. Nos essais sont consacrés à la valorisation de la graine de fève, comme ce fut le cas des travaux sur la graine de féverole. Le choix de ce protéagineux est motivé par l'accroissement de sa production dans notre pays, rehaussée par l'intensification de cette culture dans le Sud (Biskra et El Oued).

La fève est consommée par l'homme durant toute l'année sous deux formes, soit en vert comme légume (gousse) ou comme graines sèches. L'excédent de production ainsi que les graines contaminées par la brûche (mauvais conditionnement) impropres à la consommation humaine pourraient êtres affectés à l'alimentation animale. Ainsi, Cette graine de légumineuse peut constituer une alternative et substituer les protéines du tourteau de soja en alimentation du lapin à l'instar de la graine de féverole (Berchiche *et al.*, 1995a et b) en dépit de sa constitution en facteurs anti nutritionnels et fibres (Valdebouz *et al.*, 1980). Cette initiative peut se justifier par les particularités digestives du lapin qui ont favorisé l'utilisation de la féverole, même à un taux élevé. Par ailleurs, cette valorisation est moindre chez les autres animaux monogastriques tels que les volailles. De ce fait, l'introduction de la graine de fève sèche peut être envisagée dans l'aliment granulé du lapin en croissance.

Nos expérimentations sont conçues pour être une continuité des travaux réalisés sur la féverole en alimentation du lapin en croissance à l'INRA de Toulouse (Colin et Lebas 1976, Seroux, 1984 ; Berchiche, 1985) poursuivies en Algérie par d'autres essais (Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008 et Lounaouci *et al.*, 2014). En ce sens, nos investigations se sont orientées d'abord vers la détermination de la valeur nutritive de la fève (*Vicia faba L. Major*) non étudiée à ce jour, ensuite vers l'optimisation de la graine de fève dans l'aliment en substitution du tourteau de soja .

Notre thèse comprend une introduction générale, suivie d'une synthèse bibliographique, présentée en trois chapitres : 1. Alimentation du lapin en croissance ou nous résumons le maximum de travaux sur les besoins nutritionnels, les recommandations, l'aliment industriel du lapin, 2. Les sources alimentaires classiques et alternatives dans l'alimentation du lapin en croissance, 3. La valorisation de la graine *Vicia faba L major* et *minor* en alimentation du lapin.

Notre étude expérimentale comprend trois expériences:

1. La première est consacrée à l'étude de la valeur nutritive de la graine de fève (*Vicia faba L.major*)
2. La deuxième porte sur la substitution partielle du tourteau de soja par la graine de fève (*Vicia faba L.major*)

3. La troisième a mis en œuvre la substitution totale des protéines du tourteau de soja par la graine de fève (*Vicia faba L.major*).

Enfin, une discussion générale de nos trois expérimentations et une conclusion générale clôturent notre thèse.

Références bibliographiques:

A

Asar M.A., Osman M., Yakout H.M., Safoat A. 2010. Utilization of corn-cob meal and faba bean straw in growing rabbits diets and their effects on performance, digestibility and economic efficiency. *Egypt. Poult Sci.*, 30 (II): 415-442.

B

Berchiche M. 1985. Valorisation des protéines de la fève par le lapin en croissance. *Thèse de doctorat en biologie et physiologie animale, INP Toulouse, 150p.*

Berchiche M., Kadi S.A., Lebas F. 2000. Valorisation of wheat byproducts by growing rabbits of local Algerian population, *In Proc.: 7th World Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain, Vol. C: 119-124.*

Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995a. Utilization of field beans by growing rabbits. 1. Effects of supplementations aimed at improving the sulfur amino acid supply. *World Rabbit Science*, 3, 35-40.

Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995b. Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations. *World Rabbit Science*, 3, 63-67.

Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995. Utilisation des féveroles par les lapins en croissance: Effet de supplémentation visant à améliorer l'approvisionnement en acides aminés soufrés. *World Rabbit Sci.*, 3, 35-40

Berchiche M., Lebas F., Lounaouci G., Kadi S.A. 1996. Feeding of local population rabbits: effect of straw addition to low fibre pelleted diets, on digestibility, growth performance and slaughter yield. *Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9- 12/07/1996, vol. 1:89-92*

Berchiche M., Lounaouci G., Lebas F., Lomboley B. 1998. Utilisation of 3 diets based On different protein sources by algerian local growing rabbits. *Options Méditerranéennes, Série Cahier*, 41, 51-55.

Berchiche M., Lounaouci G., Lebas F., Lomboley B. 1999. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian localgrowing rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes.*, 4:51-55.

Berchiche M., Kadi S. A., Lebas F. 2000. Valorisation of wheat by products by growing rabbits of local Algerian population. *In Proc.: 7thWorld Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain.Vol.C:119-124.*

Blas E., Fernández-Carmona J., Cervera C., Pascual J.J. 2000.Nutritive value of coarse and fine brans for rabbits. *Anim. FeedSci. Techn.*, 88: 239-251.

Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research.Revised proposal. *WorldRabbit Sci.*, 4: 93-99.

Boudouma D. 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Livest. Res. RuralDevelop.*, 21.

C

Colin M, 1976. *Besoin en acide amines indispensables du lapin en croissance .1st world: rabbit congres, Dijon, 1976.*

D

Dalle Zotte A. (2014). Rabbit farming for meat purposes.*Animal Frontiers*, 4, 62–67.

Dalle Zotte A., Szendrő Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *MeatScience*, 88, 319–331.

Djellal F., Kadi S.A., Madani T., Abbas K., Bannelier C., Gidenne T.2016. Nutritive value of fresh ash (*Fraxinus angustifolia*) leavesfor growing rabbits. *In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June15-18, 2016, Qingdao, China, 377-380.*

Dorbane Z., Kadi S.A., Boudouma D., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. 2016. Nutritive value of crude olive cake (*Oleaeuropaea L.*) for growing rabbit. *In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016, Qingdao, China, 381-384.*

E

EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *WorldRabbit Sci.*, 9: 57-64.

F

Faria H.G.D., Ferreira W.M., Scapinello C., Oliveira C. E. Á.D. 2008. Effect of the use of simplified diets based on forages on digestibility and performance of New Zealand rabbits, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37: 1797-1801.

Fernández-Carmona J., Blas E., Pascual J.J., Maertens L., Gidenne T., Xiccato G., García J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228.

G

Gidenne T. 2015a. Le lapin. De la biologie à l'élevage. *Quae (Ed) Versailles, France*, p. 270.

Gidenne T. 2015b. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*, 9: 227-242.

Gidenne T., Carabaño R., García J., De Blas C. 2010. Fibre Digestion. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 66-82.

Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchies P., Duperray J., Davoust C., Fortun-Lamothe L., 2015. Nutrition et alimentation. In : *Le lapin. De la biologie à l'élevage. Gidenne T. (coord.), Éditions Quae, Collection « Savoir-faire », 137-182.*

Gidenne T., Garreau H., Drouilhet L., Aubert C., Maertens L. 2017. Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Sci. Technol.*, 225: 109-122.

Guermah H., Maertens L., Berchiche M. 2016. Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits, *World Rabbit Sci.*, 24: 183-189.

H

Hannachi-Rabia R., Kadi S.A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2017. La graine de fève sèche (*Vicia faba major* L.) en alimentation cunicole : effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29.*

Harouz-Cherifi Z., Kadi S A., Mouhous A., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T 2018. Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livestock Research for Rural Development. Volume 30.*

K

Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Chebat F. 2004. Inclusion of crude olive cake in growing rabbits diet: Effect on growth and slaughter yield. In *Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September, 2004. Puebla, Mexico*, 2: 1202-1207.

Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2008. Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona, Italy*, 1559-1564.

Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*) and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159.

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. *In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016, Qingdao, China*, 423-426.

Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F., Gidenne T. 2017a. Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9: 13-22.

Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F., Senhadji Y., Tiguem N., Gidenne T. 2017b. Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. *Livest. Res. Rural Develop.*, 29.

L

Lakabi-Ioualitene D., Lounaouci-Ouyed G., Lebas F., Fortun-Lamothe L. 2008. The effects of the complete replacement of barley and soybean meal with hard wheat by-products on diet digestibility, growth and slaughter traits of a local Algerian rabbit population. *World Rabbit Sci.*, 16 (2): 99-106.

Lebas F. 2004. Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proceedings. 8th World Rabbit Congress. Invited paper. Puebla, Mexico*. 686-736.

Lebas F., Laplace J.P. 1982. Mensurations viscérales chez le lapin, IV: Effets de divers modes de restriction alimentaire sur la croissance corporelle et viscérale, *Ann. Zootech.*, 31: 391-430.

Lounaouci-Ouyed G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. *In Proc.: 9th World Rabbit Congress, June, 10-13, 2008, Verona, Italy*, 723-728.

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2012. Effects of gradual incorporation (40 to 60%) of hard wheat bran, in simplified bran-alfalfa-maize diets, on viability, growth and slaughter traits of rabbits of white population under Algerian context. *10th World Rabbit Congress - September 3 - 6, 2012-Sharm El-Sheikh - Egypt.*, 903-907.

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Brewer's grains as protein source for growing rabbit under Algerian context: effects on growth and slaughter traits, *In Proc: 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH8), September, 6-9, 2011, Aberystwyth, United Kingdom, Advances in Animal Biosciences*. 2: 433.

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2011a. Brewer's grains as protein source for growing rabbit under Algerian context: effects on growth and slaughter traits. *In Proc.: 8th International Symposium on the Nutrition of Herbivores (ISNH8), 6-9 September, 2011, Aberystwyth, United Kingdom. Advances in Animal Biosciences*. 2: 433.

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria. *World Rabbit Sci.*, 22: 137-146.

M

Maertens L., Moermans R., De Groote G. 1988. Prediction of the apparent digestible energy content (ADE) of commercial pelleted feeds for rabbits. *J. Applied. Rabbit Res.* 11: 60-67.

Maertens L., Pérez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci.*, 10: 157-166.

Maertens L., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, 5: 161-165.

Maertens L., Gidenne T. 2016. Feed efficiency in rabbit production nutritional technicoeconomical and environmental aspects. *11th World Rabbit Congress. Qingdao. China.*

Marco C., Dalle-Zotte A., 2018. Review Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. Department of Animal Medicine, Production and Health, *University of Padova, Agripolis, Viale Del l' Università 16, 35020 Legnaro, Padova, Italy. Meat Science 143 (2018) 137–146.*

S

Salse A., 1983. Particularités digestives du lapin: conséquence sur sa nutrition. *Cuni-Science.*: 28-45.

Seroux M., 1984. Utilisation des protéagineux par le lapin à l'engraissement: pois, lupin, fèverole. *3rd World Rabbit Congress., Rom, Avril 1984, Vol. 1, 376-383.*

V

Valdebouz P., Bergeron E., Gaborit T., Delort-Laval J., 1980. Content and distribution of trypsin inhibitors and he magglutinins in some legume seeds. *Can. J. Plant sci.*, 60:695-701.

Synthèse bibliographique

En 1973, la production de soja chute aux États-Unis et le prix de celui-ci fait une ascension fulgurante, suite à quoi le gouvernement américain, décrète un embargo du soja à l'exportation pour protéger les intérêts de son industrie, cette situation a montré que la sécurité de l'approvisionnement des élevages en sources de protéines n'est pas garantie, d'autant plus que près de 80% du soja est employé dans l'alimentation animale. Par ailleurs, au cours de ces dernières années, le prix des matières premières les plus utilisées dans la fabrication des aliments composés, en particulier le tourteau de soja, le maïs et la luzerne a connu une forte augmentation des prix.

Plusieurs hypothèses ont été testées afin d'explorer différentes voies de reconquête de l'autonomie protéique : amélioration de la compétitivité des matières premières face au soja, amélioration de leur qualité nutritionnelle ou encore développement de systèmes d'élevage permettant de réduire la dépendance au soja.

Pour la première option, les légumineuses semblent constituer le substitut par excellence au tourteau de soja, source de protéines pour l'homme, mais aussi pour la production animale. Les protéagineux (lupin, féverole, pois) pourraient être une source azotée alternative intéressante en alimentation animale, en raison de leur taux élevé en protéine brutes (Wilson, 1977). Elles contiennent généralement 20-30% de protéines et sont particulièrement riches en lysine (Djebali, 2008). Elles jouent deux rôles essentiels notamment dans l'amélioration de la fertilité des sols et dans l'alimentation humaine et du cheptel.

Les graines protéagineuses, importante source d'azote et d'amidon en alimentation animale à valeur énergétique et azotée élevée, renferment néanmoins différents facteurs antinutritionnels (Huisman et Jansman., 1991), qui peuvent réduire les performances des animaux surtout chez les volailles.

La féverole (*Vicia faba L. minor*) a fait l'objet de plusieurs études comme source de protéines alternative au soja pour le lapin dans une optique d'autonomie alimentaire (Colin et Lebas 1976 ; Berchiche et Lebas 1984 ; Berchiche et Lebas 1994 ; Berchiche *et al.*, 1995a et b ; Lounaouci *et al.*, 2014). Ces graines sont riches en protéines (25-33% MS) et en amidon (40-48% MS). Par contre, Berchiche et Lebas (1994) indiquent que son utilisation par le lapin nécessite une complémentation végétale à base de céréales et de luzerne pour atténuer la déficience en acides aminés soufrés (méthionine).

Chapitre 1 : Alimentation du lapin

I.1. Alimentation du lapin en croissance

I.1.1. Besoins nutritionnels du lapin en croissance

Les premiers travaux sur l'anatomie et biologie du lapin ont été entamés dès les années 70 et différents auteurs ont détaillé l'anatomie du lapin et ont précisé ses particularités qui font sa singularité (Barone *et al.*, 1973; Lebas, 1979 ; Du Chalard, 1981; Boussarie, 1999 ; O'Malley, 2005 ; Gidenne et Lebas, 2005 ; Meredith, 2006 ; Lebas, 2008).

L'écosystème digestif du lapin très diversifié, tant d'un point de vue de sa composition que de ses capacités fonctionnelles, joue de multiples rôles physiologiques: hydrolyse et fermentation des nutriments, pouvoir immuno-régulateur, vascularisation et trophicité intestinales, barrière de défense contre les agents infectieux...etc ; exige la compréhension et la maîtrise du fonctionnement de cet écosystème digestif, est donc un enjeu prioritaire pour la filière cunicole.

Aussi, le comportement de caecotrophie particulier chez le lapin, permet à cet animal de recycler une partie du contenu caecal riche en protéines bactériennes. En fonction du régime alimentaire, les caecotrophes contribuent pour environ 15% de l'azote total ingéré, mais cette proportion peut atteindre 70% pour un régime très pauvre en azote (Garcia *et al.*, 2004). Aussi la capacité du microbiote à fournir 30 à 50 % des besoins énergétiques d'entretien chez le lapin adulte, souligne l'impact important de l'écosystème caecal sur l'efficacité digestive globale. Chez le lapin, 30 à 50% de la fraction digestible de la matière organique digestible est digérée dans le segment caeco-côlique (Gidenne, 1992; Gidenne *et al.*, 2000).

Un meilleur contrôle de l'écosystème digestif du lapin est possible ces dernières années, grâce aux connaissances détaillées du faciès microbien, principalement les recherches sur la flore du caecum (Carabano *et al.*, 2006 ; Michelland *et al.*, 2010a et b, 2011 ; Combes *et al.*, 2011 ; Abecia *et al.*, 2012...etc). Quoique certains points restent controversés, tels que la rôle de l'amidon sur la synthèse des acides gras volatils (acétates et propionates) dans le caecum (Blas et Gidenne, 2010 vs Trocino *et al.*, 2011 et Papadomichlakis *et al.*, 2011) ; l'effet de fibres dites « solubles » sur la muqueuse intestinale (Gomez-Conde *et al.*, 2007 et 2009 vs Trocino *et al.*, 2011) ; l'interaction entre les fibres digestibles et les protéines(Gidenne *et al.*, 2001 vs Xiccato *et al.*, 2011).....etc

D'autre part, il est bien connu que des stratégies nutritionnelles adéquates peuvent minimiser le risque de ces troubles (Gidenne *et al.*, 2010). Parmi ces stratégies, l'effet bénéfique de

l'augmentation des fibres hautement digestibles (principalement des fibres solubles et des hémicelluloses). En effet plusieurs études ont montré l'effet favorable des fibres digestibles sur la santé digestive du lapereau (Perez *et al.*, 2000; Gidenne *et al.*, 2004b). L'inclusion de fibres dites "solubles", issues notamment de pulpe de betterave, diminue aussi la mortalité et modifierait favorablement la muqueuse intestinale.

L'alimentation pourrait aussi avoir un effet favorable sur la morphologie de la muqueuse, sa fonctionnalité et la réponse immunitaire du lapin, et pourrait réduire l'incidence d'Entéropathie Epizootique du Lapin (EEL) (Gómez-Conde *et al.*, 2004, 2006 et 2007).

La réduction de l'apport en amidon sur la santé digestive des lapins en croissance est bien établie (Blas et Gidenne, 2010; Martínez-Vallespín *et al.*, 2011a; Trocino *et al.*, 2011; 2013a) et par conséquent largement utilisée. Les fibres hautement digestibles favorisent l'activité fermentative et induisent des changements favorables dans l'environnement caecal (Martínez-Vallespín *et al.*, 2013; Trocino *et al.*, 2013b).

La caecotrophie, mode de fonctionnement particulier, nécessite un apport en lest. Pour cela, aujourd'hui les recommandations ont beaucoup progressé sur le sujet et portent sur des apports minimums en ligno-cellulose (ADF) et en lignine (ADL) (Lebas *et al.*, 1998; De Blas *et al.*, 1999; Gidenne, 2000; Gidenne *et al.*, 2010; De Blas 2010 ; Gidenne, 2015) et la qualité des fibres (Gidenne, 1996; Forthun-Lamothe et Gidenne, 2003) sans oublier l'importance accordée à la santé de l'animal (Maertens, 2010 ; Xiccato et Trocino, 2010), car le lapin monogastrique et herbivore, contrairement au porc et aux volailles peut se nourrir avec des produits ou coproduits végétaux riches en fibres et impropres à l'homme (luzerne, tourteaux.....etc) fourrages et même au pâturage.

Avec l'INRA Français (Lebas *et al.*, 1973; Colin 1974a,b ; 1975a,b,c) et travaux de Davidson et Spreadbury (1975) et Spreadbury (1978), les recherches sur les protéines et acides aminés composants l'aliment lapin se sont orientées, durant une dizaine d'années, vers les aspects « quantitatifs » afin de déterminer les concentrations optimales de certains acides aminés (arginine, lysine et méthionine) et les besoins en protéines à des fins productives (croissance) à l'aide de régimes pratiques au lieu de purifiées, ces recherches ont conduit à confirmer l'essentialité de ces acides aminés et le niveau d'exigences élevées de l'arginine, contrairement à celle observée chez les volailles. En outre, ils ont également suggéré que le niveau optimal d'un acide aminé dépend de l'équilibre avec d'autres acides aminés et au niveau

de l'énergie dans l'alimentation, de sorte que la recommandation de la lysine est donnée en grammes pour 1000 kcal de digeste énergie.

Une synthèse de Carabano *et al.* (2009) a exposé la progression scientifique ainsi que les nouveaux concepts et objectifs fixés pour le niveau protéique et acides aminés en nutrition du lapin. Durant trois décennies (1940-1970), le lapin était considéré comme un animal de laboratoire et les recherches étaient axées sur les aspects « qualitatifs » de l'azote et de l'utilisation de acides aminés, le rôle de la caecotrophie et le métabolisme du caecum sur la digestion de l'azote et la rétention du corps (Yoshida *et al.*, 1968, 1971, 1972 ; Hoover et Heitman, 1975; Proto, 1976), ou l'essentialité de certains acides aminés pour la croissance a été déterminé par plusieurs auteurs (McWard *et al.*, 1967;.Gaman et Fisher, 1970; Cheeke, 1971; Adamson et Fisher, 1971, 1973).

Dans les années 1990, l'avancée pratique la plus importante a été de limiter les apports en certains acides aminés (lysine, méthionine et thréonine) (Maertens et de Groote, 1988; Taboada *et al.*, 1994, 1996; de Blas *et al.*, 1998).

La concentration en protéines de l'aliment et sa teneur en acides aminés ont un effet sur la santé digestive des lapins (Carabaño *et al.*, 2009; Gidenne *et al.*, 2010b). Ainsi la réduction du taux protéique (21% vs 18% : Chamorro *et al.*, 2007) ou la supplémentation en arginine (Chamorro *et al.*, 2010) réduit la mortalité et modifie le profil de la communauté bactérienne iléale et caecale.

I.1.2.Recommandations nutritionnelles pour lapins en croissance (Tableau 1)

L'élevage de lapin présente un intérêt économique certain et ne nécessite pas de gros investissements. Le lapin est singulier par son cycle de production court, son importante performance par unité productive (8 à 9 portées/an), son utilisation d'un petit espace et sa capacité de valoriser des aliments riches en fibres.

La pratique de l'alimentation du lapin a été favorisée par la détermination des besoins qui a conduit d'autres scientifiques à fixer les recommandations alimentaires pour chaque catégories d'animaux (Lebas, 2004 ; Carabano *et al.*, 2008; Gidenne *et al.*, 2015; Villamide *et al.*, 2010a et b; Xiccato et Trocino, 2010).

Les recommandations tenant compte des dernières données publiées sont divisées en 2 groupes. Le premier correspond aux nutriments qui contribuent principalement à l'efficacité alimentaire: énergie digestible, protéine brute et digestible, acides aminés, minéraux et vitamines

liposoluble. Le deuxième groupe correspond aux nutriments qui contribuent principalement à la sécurité nutritive et santé digestive: différents composants de fibres (lignines, cellulose, hémicelluloses) et leur équilibre, l'amidon et les vitamines hydrosolubles (Lebas, 2004).

Les progrès récents dans la recherche sur la nutrition du lapin ont augmenté le nombre de critères inclus dans les recommandations nutritionnelles, en particulier dans le domaine des composants (Gidenne, 2000; Fortun-Lamothe et Gidenne, 2003). Ainsi, il devient très difficile de concevoir un régime économique qui respecte exactement toutes les recommandations. De plus, la raison fondamentale de certaines recommandations est d'obtenir des performances élevées du point de vue production et efficacité alimentaire. Pour d'autres, la raison fondamentale est la nutrition de la flore digestive et la santé digestive du lapin (Lebas, 2004).

Le niveau énergétique d'un aliment qui est un élément prépondérant du contrôle de l'ingéré et des performances de croissance des lapins nourris librement, ainsi que de l'indice de consommation ont été beaucoup étudiés (Montessuy *et al.*, 2009; Knudsen *et al.*, 2013).

Les dernières recommandations ont concerné la réduction des apports en protéines (Carabano *et al.* 2009; De Blas et Mateos, 2010 ; De Blas, 2012) parallèlement à un intérêt pour l'interaction entre les fibres digestibles et les protéines dans la ration (Xiccato *et al.*, 2011) volet déjà abordé par Gidenne *et al.* (2001). La différenciation entre les besoins de croissance entre les périodes péri-sevrage et finition a permis d'ajuster les apports protéiques aux besoins des animaux. Comme le montre le tableau 1.

Les recommandations pour les acides aminés soufrés totaux a été faite sans proposition d'un niveau minimum pour la méthionine. Effectivement, Colin et Allain (1978) ont démontré clairement que les besoins en acides aminés essentiels, doivent être formulés avec précision et rapportés à l'énergie digestible de la ration avec environ 2,4g /1000 kcal ED du régime.

Pour les acides aminés en général, les recommandations correctes seraient faites en termes d'acides aminés digestibles correctement proposés par l'équipe de recherche de l'université Madrid (De Blas et Mateos, 1998).

La recommandation pour l'acide aminé soufré total (TSSA) a été faite sans proposition d'un niveau minimum pour la méthionine. Colin (1978) a clairement démontré que la méthionine peut remplacer la cystine dans le TSAA et vice versa dans la gamme de variation la plus large possible. Depuis lors, autant que nous savons, personne n'a démontré expérimentalement qu'un

minimum de méthionine (ou de cystine) doit être fourni dans les régimes de lapins (Lebas, 2004)

Tableau 1 : Recommandations pour les protéines et acides aminés dans les aliments complets équilibrés pour lapins. (% de brut) (Villamide *et al.*, 2010a).

	NRC (1977)		INRA (1984)		De Blas et Mateos (1998)	
	Lapins en croissance	Lapines en lactation	Lapins en croissance	Lapines en lactation	Lapins en croissance	Lapines en lactation
Energie (MJ/Kg)	10,5	10,5	10,5	11,0	10,5	11,1
PB (%)	16,0	17,0	16,0	18,0	15,3	18,4
PD (%)					10,7	12,9
Lysine :						
Total (%)	0,65		0,65	0,75	0,75	0,84
Digestible (%)					0,59	0,66
Acides aminés soufrés						
Total (%)	0,60		0,60	0,60	0,54	0,65
Digestible (%)					0,41	0,50
Thréonine :						
Total (%)	0,60		0,55	0,70	0,68	0,70
Digestible (%)					0,47	0,48
Arginine (%)	0,60		0,90	0,90		
Histidine (%)	0,30		0,35	0,43		
Leucine (%)	1,10		1,05	1,25		
Isoleucine (%)	0,60		0,60	0,70		
Phénylalanine and						
Tyrosine (%)	1,10		1,20	1,40		
Tryptophane (%)	0,20		0,18	0,22		
Valine (%)	0,70		0,70	0,85		

Dans le tableau 2 sont résumées les recommandations de supplémentation possibles actuellement en vitamines, compte tenu du petit nombre de publications prenant en compte, les stades physiologiques, y sont mentionnés les apports qui peuvent être utilisés pour toutes les catégories de lapins(en croissance, lapines reproductrices ou mâles adultes).Il est précisé dans ce même tableau les limites connues pour les apports minimums et maximums qui ont été expérimentés sans troubles apparents. Aussi sont rapportés les teneurs connues pour provoquer soit une carence, soit un excès (effet toxique) lorsqu'elles ont été déterminées.

Tableau 2: Recommandations pratiques pour les apports vitaminiques dans les aliments complets équilibrés pour lapins (Lebas, 2000).

Vitamines (unité par kg ou ppm)	Supplémentation conseillée	Supplémentations utilisées sans trouble (aliments non purifiés)		Teneurs dans les aliments associées à des troubles	
		mini	maxi	carence	toxicité
Vitamine A (rétinol UI)	10 000 (1)	6 000	20 000	2 000	100 000
Vitamine D (UI)	1 000	600	2 000	300	3 500
Vitamine E (ppm)	50	25	10 000	17	(2)
Vitamine K (ppm)	2	0	5	0	(2)
Vit. B1 (thiamine, ppm)	2 (3)	0	(5)	-	200
Vit. B2 (riboflavine, ppm)	6 (3)	0	(5)	-	(5)
Nicotinamide (vit PP, ppm)	30 (3)	0	(5)	-	(5)
Acide pantothénique (ppm)	20 (3)	0	(5)	-	(5)
Vit B6 (pyridoxine, ppm)	4 (3)	0	(5)	-	(5)
Acide folique (ppm)	1 (3)	0	(5)		(5)
Vit. B12 (ppm)	0,02 (3)	0	(5)	-	(5)
Biotine (ppm)	0,10 (3)	0	(5)		(5)
Choline (ppm)	200 (3)	0	(5)	-	(5)
				-	
Vitamine C (ppm)	250 (4)	0	10 000	-	(2)

(1) peut être fourni par 30 ppm de β -carotène. Pas de toxicité connue du β -carotène

(2) pas d'effet néfaste connu associé à un apport massif.

(3) apport conseillé en cas de risque élevé de troubles digestifs (post-sevrage, ...)

(4) conseillé en situation de stress (chaleur, ...) à incorporer sous forme protégée.

(5) Pas de travail disponible sur des doses fortes à très fortes, mais le risque d'intoxication par excès de vitamine du groupe B est très faible en raison de faible capacité de stockage dans l'organisme des vitamines de ce groupe.

En France les professionnels de la filière cunicole se sont engagés, fin 2011, dans une démarche de réduction de l'utilisation des médicaments vétérinaires. En conséquence, l'application des stratégies alternatives à l'emploi de traitements est nécessaire, en particulier chez le jeune lapin en période de sevrage où il est exposé à des risques élevés de troubles digestifs, la limitation de l'ingestion post-sevrage est une méthode efficace pour réduire les troubles digestifs, en particulier liés à l'entérocolite épizootique du lapin (EEL) (Gidenne *et al.*, 2012 ; Knudsen *et al.*, 2015). Par conséquent, depuis plus de 10 ans, diverses stratégies de restriction de l'ingestion après le sevrage sont appliquées dans la quasi-totalité des élevages cunicoles français, contribuant ainsi à réduire la fréquence d'utilisation des antibiotiques. De plus, les stratégies de limitation de l'ingestion permettent d'augmenter l'efficacité alimentaire, réduisant ainsi les

coûts alimentaires, ce qui présente un fort intérêt dans le contexte actuel de flambée des prix des matières premières (Coutelet, 2012).

Limiter l'ingestion du lapin sevré réduit la mortalité et la morbidité induite par les troubles digestifs (Boisot *et al.*, 2003 ; Gidenne *et al.*, 2009a, b et c, 2012b ; Szandro , 2008 ; Romeo *et al.*, 2010 ; El Maghraby 2011 ; Knudsen *et al.*, 2014, 2015a). Différentes stratégies de restriction cohabitent au niveau expérimental et en élevage commercial: la distribution d'une quantité fixe (et réduite par rapport à l'ingestion volontaire) d'aliment et la limitation du temps d'accès à l'eau de boisson ou du temps d'accès à la mangeoire (Gidenne *et al.*, 2012a). Cette période de restriction peut être suivie, ou non, d'une période de retour à une alimentation à volonté pour favoriser la croissance compensatrice. La durée et l'intensité de la restriction sera fonction du niveau technique de l'atelier, en particulier le niveau sanitaire, ou de l'objectif à atteindre pour le poids à la vente (Knudsen *et al.*, 2015)

Certains acides aminés, comme la glutamine et l'arginine, semblent jouer un rôle fondamental pour maintenir les mécanismes de barrière intestinale (Wu, 1998). Une supplémentation en glutamine réduit la mortalité causée par l'EEL, modifie la microflore intestinale, et limite la présence de certains genres ou espèces bactériennes associés à l'incidence de l'EEL.

Une réduction de la mortalité par EEL a été aussi obtenue avec une réduction de flux iléal azoté, obtenu par une réduction du niveau de protéines ou par l'utilisation de source protéiques très digestibles (Gutiérrez *et al.*, 2003 ; Chamorro *et al.*, 2007a).

Un équilibre entre les fibres et l'amidon doit être respecté en tenant compte de leur nature et de l'état physiologique de l'animal (Gidenne, 1996). Les fibres digestibles favoriseraient l'activité microbienne caecale (effet barrière vis-à-vis d'agents pathogènes), tandis que les fibres peu digestes (ADF) permettraient une bonne régulation du transit digestif (Gidenne et Perez 1993a, 1993b; Blas et Gidenne, 2010).

D'autre sujet attirent la curiosité des chercheurs, comme l'impact des techniques d'alimentation sur la couleur et la tendreté de la viande du lapin, car ces derniers critères deviennent de plus en plus importants pour le consommateur à l'instar de ce qui se passe dans la filière volaille (Lebas et Renouf, 2009 ; Lebas et Duperry, 2013).

Dans le tableau 3 nous vous exposons les principales recommandations pour la composition d'aliments complets granulés (Gidenne *et al.*, 2015).

Tableau 3 : Principales recommandations pour la composition d'aliments complets granulés* selon la catégorie de lapins (Gidenne *et al.*, 2015).

Unité = g/kg d'aliment, sauf indication contraire	Jeunes en croissance		Lapines en production		Futures reproductrices	Lapins à l'entretien	Aliment unique	Lapin Angora
	Périssevrage	Fin de croissance	Semi-intensive	Intensive				
Âge des lapins	3 à 6 semaines	7 à 11 semaines	> 19 semaines	> 19 semaines	10 à 19 semaines	Adulte	Tout âge	Adulte
Energie digestible (ED)	MJ 9,4 à 9,8	9,8 à 10,2	10,5 à 10,7	10,7 à 10,9	9,5 à 9,9	9,0 à 9,3	9,6 à 10,2	10,5
Protéine digestible (PD)	g 110 à 120	100 à 115	115 à 130	125 à 140	100 à 115	95 à 100	110 à 125	120 à 125
Ratio PD/ED	g/MJ 11,6 à 12,2	9,8 à 11,3	10,9 à 12,1	11,7-12,8	10,5 à 11,6	10,5 à 10,8	11,5 à 12,3	1,5 à 12
Acides aminés digestibles								
Lysine	g 6,0	5,7	6,4	6,6	5,5	5,1	5,9	7,0
Soufrés totaux (mét. + cyst.)	g 4,7	4,3	4,6	4,9	4,3	4,0	4,7	8,0
Thréonine	g 4,4	4,2	4,3	4,7	4,2	3,7	4,3	4,0
Fibres								
Lignocellulose (ADFom) ^a	g ≥ 190	≥ 170	160 à 185	155 à 180	≥ 170	≥ 150	≥ 170	155 à 180
Lignines (ADL) ^a	g ≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40	≥ 50	≥ 40	> 45	40
Fibres « digestibles » ^b	g < 240	< 220	< 270	< 260	< 220			
Ratio FD/ADF	≤ 1,3	≤ 1,3	1,3 à 1,6	1,3 à 1,5	1,3 à 1,5	1,3 à 1,6	≤ 1,3	
Minéraux								
Calcium	g 8,0	7,0	10,5	12,0	7,5	7,0	10,0	8,0
Phosphore	g 4,0	3,0	5,0 à 6,0	5,5 à 6,5	3,5	3,0	5,0	4,0
Sodium	g 2,0	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	3,0
Oligoéléments								
Cuivre	mg/kg 6	6	10	10	6	6	8	
Fer	mg/kg 30	30	50	50	45	45	45	
Zinc	mg/kg 35	35	60	60	50	35	50	
Vitamines								
Vitamine A	UI/kg 6 000	6 000	10 000	10 000	10 000	6 000	8 000	10 000
Vitamine D	UI/kg 900	900	900	900	900	900	900	900
Vitamine E	UI/kg 40	40	50	50	40	15	40	40
Vitamine K3	mg/kg 1	1	2	2	2	1	2	1

* Valeurs pour des lapins de lignées commerciales européennes nourris librement avec un aliment granulé à 12 % d'humidité.

^a Critères de la méthode d'analyse séquentielle des fibres selon la méthode de Van Soest (Gidenne, 2015).

^b Fibres « digestibles » : somme des hémicelluloses (aNFom-ADFom) et des pectines insolubles (Gidenne, 2015).

1.1.3. Aliment industriel dans l'alimentation du lapin en croissance

De nombreuses tables de composition chimique et de valeurs nutritive des matières premières se sont améliorées et ont été complétées et affinées durant des décennies depuis les précurseurs américains de National Research Council (NRC,1977) ; Cheek (1987) ; l'INRA français (1984, 1989, 2004) ; les tables hollandaises (Maertens *et al.*,1990) ; les tables espagnoles FEDNA (1997, 2003, 2010) ; Lebas *et al.*(1984 et 1996) complétées par Lebas (2004) ; Villamide *et al.*,1998 et 2010 ; Perez *et al.*(1998), sans oublier la synthèse complète et exhaustive de (Maertens *et al.* (2002)...etc. Une autre source d'information importante pour les matières premières, utilisables dans la plupart des pays en développement est AFRIS (2004), la base de données de la FAO sur l'Animal Feed Resources Information System. Une liste impressionnante de matières premières sont données quelques explications sur le produit (origine et possibilités d'utilisation), des données sur la composition brute, digestibilité (principalement par les ruminants), composition en acides aminés et une liste de quelques références (avec Résumé disponible en ligne) sur l'utilisation de ce matériel, parfois par les lapins. En outre, cette base de données est disponible en anglais mais aussi en langue Français, espagnol, arabe et chinois.

Chapitre II. Sources alimentaires incorporées dans l'aliment granulé du lapin

II.1. Sources alimentaires classiques

Dans une synthèse (tableau 4), Lebas (2004) a étudié 387 articles publiés au cours des 30 dernières années sur l'utilisation des matières premières dans l'alimentation du lapin. 542 expériences ont été résumées chacune par l'identification de la matière première, par le plus haut niveau d'incorporation utilisé dans l'expérience, par le plus haut niveau acceptable, par le (s) principal (s) ingrédient (s) remplacé (s) par la matière première étudiée, et enfin par la référence des auteurs. Dans cette revue littéraire un grand nombre de travaux sur l'évaluation des matières premières, publiés durant les 30 dernières années (1973-2003). La base de données a été obtenue par une interrogation de CAB International sur Internet et à travers l'analyse de toutes les communications présentées au cours des différents Congrès Mondiaux sur le lapin (world Rbbit Congress) ou lors des Journées de Recherches cunicoles (1^{er} au 10^{ème}). La liste finale contient 387 publications correspondant à 542 études de régimes avec différents niveaux d'une matière première de 1 à 5 niveaux d'incorporation. Cette liste n'est pas exhaustive, mais représente probablement plus de 90% de la littérature disponible, comme l'illustre le tableau 4.

Dix-huit types de graines protéiques ont été incorporés et expérimentés dans l'aliment pour lapin, certaines graines contenant parfois des facteurs antinutritionnels, nécessitant des traitements physiques (broyage) et thermiques avant leur incorporation.

Tableau 4: Matières premières incorporées dans les aliments pour lapin, travaux publiés au cours des 30 dernières années (1973-2003). Synthèse de Lebas (2004).

Matières premières principales/ 32	Nbre de formules/5 8	Taux moyen d'incorporation %	Taux maximum d'incorporation %	Aliment « moyen » En %
Céréales				
Blé	15	12,8	32	3,26
Orge	28	15,5	35	7,38
Mais	21	19,8	52	7,05
Avoine	6	10,8	13	1,10
Total céréales	56	19,8	52	18,79
Issues de céréales				
Son de blé	42	19,1	40	13,59
Autres issues de blé	6	25,4	34	2,58
Total issues de blé	44	21,7	40	16,17
Sous-produits de maïs	5	8,7	26	1,36
Son de riz	5	11,1	30	0,94
Total issues de céréales	46	23,4	51	18,47
Sources de fibres				
Luzerne	45	31,9	65	24,3
Trèfle	8	18,9	33	2,56
Paille (de blé)	22	6,3	20	2,36
Pulpe de betterave	29	16,1	49	7,93
Feuilles d'arachide	4	28,3	31	1,92
Marc de pomme	4	5,9	8	0,40
Total sources de fibres	54	43,9	82	40,18
Tourteaux				
Tourteau de soja	40	10,1	24	6,88
Tourteau de tournesol	33	12	24	6,73
Tourteau de palmiste	4	16,5	27	1,12
Total tourteaux	57	16,2	51	15,64
Divers				
Soja entier	7	5,2	10	0,62
Mélasse	15	2,8	5	0,72
Huile (origines variées)	27	1,8	6	0,84

La synthèse de Lebas et Renouf (2009) au 9ème congrès mondial sur le lapin qui s'est tenu à Vérone, a permis l'analyse de 58 formules expérimentées sur le lapin en engraissement et a constaté que les aliments contiennent globalement.

- 18 à 20% de céréales (blé, orge, avoine), le maïs a été surtout employé sur le plan international dans les pays chauds où le climat est non favorable au développement des mycotoxines, mais pas en France
- 18 à 20% de sous-produits céréaliers (son de blé principalement)
- Environ 40% de sources de fibres : de la luzerne principalement avec de fortes incorporations (78% des formules contiennent en moyenne 32%) ainsi que de la paille (38% des formules en contiennent)
- 16% de tourteaux

L'orge est la céréale la plus couramment utilisée en Europe dans l'alimentation industrielle du lapin, traditionnellement inclus avec un taux de 15 à 25%, il est préféré au maïs qui est souvent objet de contaminations par les mycotoxines.

Les graines de soja sont une excellente source de protéines pour tous les ruminants et les monogastriques, elles peuvent aussi s'avérer une excellente source d'énergie et de fibres à condition que les graines ne soient pas incorporées crues (facteurs antitrypsiques) mais ayant subi un traitement thermique au préalable pour enlever le facteur antinutritionnel chez les notamment chez les monogastriques. Les produits de soja contiennent en général moins de protéines que la farine de poisson traditionnelle, mais l'offre est grande et constante, ce qui en fait un produit intéressant pour les producteurs d'aliments aquacoles. Ce produit est devenu un aliment très demandé dans le monde, que ce soit pour les humains ou pour les rations des animaux et pour les huiles comestibles, en raison de sa forte teneur en protéines et en huile (Rex Newkirk, 2010).

Le soja (*Glycine max*) est une légumineuse native de l'Asie orientale, classée parmi les graines oléagineuses (figure 1). Les graines de soja contiennent environ 20 % d'huile et 40 % de protéines de bonne qualité, l'huile de soja riche en acides gras essentiels, les protéines du soja sont d'une excellente valeur nutritionnelle, bien équilibrées en acides aminés indispensables (Cetiom, 2008). Le soja contient 35% de glucides, 20% de fibres et 5% de minéraux et vitamines (Jacques, 2010).

Les éléments antinutritionnels contenus dans le soja, comme dans d'autres végétaux, sont supposés agir comme mécanisme de défense pour empêcher l'ingestion. Avec un traitement par la chaleur approprié, ces facteurs antinutritionnels sont dénaturés, ce qui élimine leurs effets négatifs sur la

performance des animaux. Les deux facteurs antinutritionnels les plus importants et mieux connus sont les inhibiteurs de la trypsine et les hémagglutinines (lectines).



Figure 1 : Graines de soja (Rex Newkirk, 2010).

L'extraction industrielle de l'huile laisse un produit appelé "tourteau" qui représente 80 % du poids des graines, ce tourteau contient jusqu'à 47 % de protéines digestes et bien pourvues en lysine, ce qui en fait un produit incontournable pour les élevages intensifs (Cetiom, 2008) et une base de l'alimentation animale (Kabalan, 1998).

Le tourteau de soja est la source protéique la plus utilisée dans l'alimentation du lapin, en raison de sa richesse en protéines (45,8%), de son équilibre en acides aminés indispensables et de sa teneur élevée en lysine (6,4g/16 g N) (Godon *et al.*, 1996).

Rex Newkirk (2010), souligne que tous les produits de soja traités correctement à la chaleur sont bien adaptés pour être utilisés dans les aliments pour la volaille. Le tourteau de soja est utilisé couramment dans les régimes alimentaires du porc dans le monde entier.

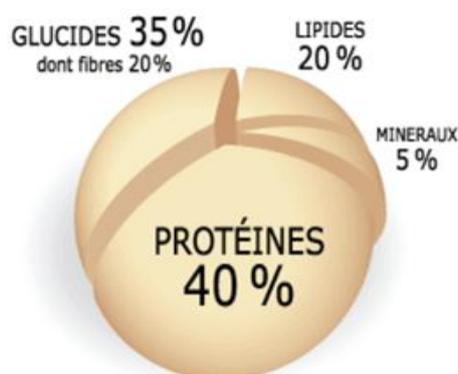


Figure 2: Composition moyenne des graines de soja (Jacques, 2010)

Par ailleurs une multitude de travaux ont expérimentés des **coproduits des industries agroalimentaires** en alimentation du lapin, parmi eux :

Les drêches de biocarburant et surtout la drêche de blé ont fait l'objet d'un grand intérêt, malgré le peu de données chez le lapin (Villamide *et al.*, 1989 ; Petkova *et al.*., 2011). La drêche de brasserie très ré pondue mais dont la valeur nutritive peu étudiée (Fernandez Carmona *et al.*, 1996 ; Maertens et Salifou,2007) a été valorisée d'abord chez les ruminants, puis chez le lapin en substitution au tourteau de soja dans les travaux conduits par Berchiche *et al.*(2009) et Harouz-Cherifi *et al.* (2018).

Le son de blé dur est disponible en abondance dans notre pays, puisque les Algériens sont parmi les plus grands consommateurs de blé (Année 205 kg / habitant) dans le monde (Boudouma, 2009). Il constitue donc une source de plus en plus expérimentée en alimentation du lapin, différents travaux au niveau du laboratoire (Berchiche *et et al.*, 2000; Lakabi *et al.*, 2008; Lounaouci *et al.*, 2011b, 2012) ainsi que l'examen de Lebas (2004) ont montré que ce produit riche en fibres peut être utilisé jusqu'à 40-50% dans le régime alimentaire d'un lapin en croissance sans incorporation de soja et sans porter atteinte à la croissance et aux performances du lapin à l'abattage.

Harouz-Cherifi *et al.* (2018) ont opté pour des régimes alimentaires simplifiés visant à maximiser le taux d'incorporation de seulement deux sous-produits agro-industriels peu coûteux et disponibles localement: la drêche de brasserie et le son de blé, avec un régime expérimental granulé simplifié (groupe SF) contenant 72% de son de blé et 27% de drêche de brasserie.

D'autres travaux ont eu comme objectif principal l'étude et la caractérisation de différentes matières premières locales sources de fibres susceptibles de remplacer la luzerne importée parmi elles : Sulla Hédysarum flexuosum qui pourrait constituer une alternative intéressante coupée avant le stade floraison ;aussi l'étude des feuilles de roseaux Phragmites australis qui se sont avérés une source très riche en fibres mais faible en valeur nutritive comparée à la paille de céréales.(Kadi *et al.*, 2012 ; Kadi *et al.*, 2017a). Aussi une étude de la valeur nutritive des feuilles frêne récoltées en automne a été menée et s'est avérée une bonne source d'énergie et de fibres pour le lapin en croissance (Djalal *et al.*, 2016), ce coproduit bénéficie d'un grand intérêt notamment en Espagne (De Blas *et al.*, 2015).

La valeur nutritive du grignon olive et la possibilité de l'utiliser dans un aliment industriel pour lapin a été aussi étudiée par Berchiche *et al.* (1999) et Kadi *et al.* (2004) une suite de ces essais s'est poursuivie par Dorbane *et al.* (2016).

II.2. Sources végétales alternatives au tourteau de soja

Différentes voies de reconquête de l'autonomie protéique ont été explorées. Parmi elles, l'amélioration de la compétitivité des matières premières face au soja, par l'incorporation de matières premières alternatives et coproduits locaux comme les drêches de brasseries, le Sulla, les DDGS...et notamment les protéagineux (féverole, pois,.....etc.), ces derniers constituent non seulement une source de protéines pour l'homme, mais aussi pour la production animale. Les légumineuses jouent deux rôles essentiels notamment dans l'amélioration de la fertilité des sols et dans l'alimentation humaine et du cheptel.

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaire a un intérêt national car leurs grains constituent une source protéique de qualité et à bas prix pour une large couche de la population (Boudjenouia *et al.*, 2003). Elles contiennent généralement 20-30% de protéines et sont particulièrement riches en lysine (Djebali, 2008). Elles se composent aussi de légumine et vicilines appartenant à la classe des globulines, stockées dans des corps protéiques de 0,1 à 25µ de diamètre, grains d'aleurones, répartis dans tout l'organe de réserve (les cotylédons) (Anzala, 2006).

Plusieurs protéagineux ont été expérimentés dans des aliments pour lapins dont :

II.2.1. Le pois (*Pisum sativum L*)

Aussi riche en lysine que le soja et un peu moins en acides aminés soufrés et riche en fibres peut aussi être utilisé dans l'aliment pour engraissement des lapins à raison de 15 à 30% en remplacement total du tourteau de soja (Franck *et al.*, 1978).

II.2.2. Le lupin blanc (*Lupinus albus*)

Le seul dont la teneur en protéines est proche de celle des tourteaux (40%) a été incorporé à hauteur de 12 % à condition de remédier au facteur limitant, la lysine en remplacement total du tourteau de la ration (soja et tournesol) comme le confirme Lebas et Duperray (2013),

II.2.3. La féverole (*Vicia faba L. minor*)

La féverole (*Vicia faba L. minor*) a fait l'objet de plusieurs études comme source de protéines alternative au soja pour le lapin dans une optique d'autonomie alimentaire (Colin et Lebas 1976a, Berchiche et Lebas 1984, Berchiche et Lebas 1994, Berchiche *et al.*, 1995a et b, Lounaouci *et al.*, 2014).

Ces graines sont riches en protéines, amidon, fibres et minéraux (voir composition détaillée en annexe). Par contre, Berchiche (1985) ainsi que Berchiche et Lebas (1994) indiquent que son utilisation par le lapin nécessite une complémentation végétale à base de céréales et de luzerne pour atténuer la déficience en acides aminés soufrés (Méthionine). D'autres travaux ont été publiés sur l'association de féverole et pois à la drêche de brasserie (Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008) et l'incorporation de féverole et pois avec respectivement 26 et 30% en association avec du son de blé dur en remplacement au tourteau de soja(15%) ont permis de bonnes performances zootechniques (Lounaouci et al., 2014).

II.3. Composition chimique et valeur nutritive des matières premières communément utilisées chez le lapin

Les avancées récentes dans la recherche sur la nutrition lapin ont préconisé de nouvelles recommandations a commencé par Carabano *et al.*(2009) ; De Blas et Matéos (2010) ; Xiccato et Trocino (2010) ; Gidenne *et al.*(2015) et d'un autre côté des tables de composition chimiques et de valeurs nutritives des matières premières se sont développées et améliorées, la dernière en date est l'encyclopédie en ligne Feedipedia qui est un recueil mondial de l'information en ligne à jour sur les ressources alimentaires disponibles dans les régions tropicales, subtropicales et méditerranéennes qui comprend également des aliments couramment utilisés dans les pays tempérés, qui nous permet une meilleure identification des ressources alimentaires et une meilleure appréciation de leurs valeurs nutritionnelles. Ces tables ont permis aux chercheurs du monde entier de contribuer à l'élaboration d'options d'alimentation appropriée en utilisant les ressources alimentaires disponibles localement.

La formulation d'un aliment granulé équilibré et complet pour lapin repose essentiellement sur la détermination des besoins nutritionnels de chaque catégorie d'animaux et de la valeur nutritive des matières premières composant l'aliment distribué à ces lapins (Tableau 4). La détermination de cette valeur nutritive est la principale condition pour une valorisation optimale de cet aliment et une efficacité alimentaire et rendements zootechniques appréciables.

Plusieurs chercheurs se sont intéressés à la valeur nutritive des matières premières et coproduits utilisées chez le lapin (Maertens et Lebas, 1989 ; Vilamide, 1996 ; Vilamide *et al.*, 2001, 2003, 2010, 2016).

Tableau 5 : Composition chimique et valeur nutritive de matières premières communément utilisées chez le lapin (g/kg de MB) (Villamide *et al.*, 2010).

	DM	Ash	CP	EE	CF	NDF	ADF	ADL	Soluble fibre	ST	Sugar	Lys	Met	SAA	Thr	Ca
Cereals																
Barley	880	22	103	20	46	175	55	9	25	510	25	3.9	1.7	4.2	3.6	0.6
Maize	880	12	82	35	19	95	25	5	1	640	15	2.3	1.7	3.5	2.9	0.2
Oats	880	26	106	51	111	280	135	22	32	370	15	4.4	1.9	5.3	3.7	1
Triticale	880	18	110	16	23	125	31	9	11	570	30	3.9	1.9	4.6	3.6	0.5
Wheat	880	16	108	18	22	110	31	9	3	600	25	3.3	1.8	4.5	3.4	0.4
Cereal by-products																
Maize gluten feed	900	67	215	43	78	312	94	12	63	180	20	7.1	4.1	9	8	1.7
DDGS	900	60	253	90	81	316	89	12	66	105	10	6.6	5.1	8.9	8.9	1.4
Malt sprouts	900	61	232	19	126	378	139	18	30	110	70	10.8	3.1	6	8.1	2.1
Rice bran	900	90	135	153	81	211	101	36	11	270	30	5.9	2.1	4.4	5.3	1.2
Wheat bran	880	50	150	34	95	405	118	35	1	190	50	5.9	2.4	5.5	4.8	1.5
Wheat feed	880	40	140	40	50	271	77	24	29	270	90	5	2.5	7	5	1
Wheat shorts	880	36	158	36	70	326	100	27	34	240	50	6.3	2.6	5.7	5	1.4
Other energy concentrates																
Beet molasses	750	86	105	-	-	-	-	-	109	-	450	0.4	0.5	1	0.6	2.2
Cane molasses	750	98	45	-	-	-	-	-	137	-	470	0.2	0.2	0.4	0.5	7.4
Cassava 60	880	57	26	7	48	124	77	21	48	600	18	1	0.3	0.7	0.8	3
Cassava 65	880	57	26	7	44	95	68	20	24	650	21	1	0.3	0.7	0.8	2.5
Cassava 70	880	35	26	7	31	80	50	14	7	700	25	1	0.3	0.7	0.8	2
Glycerine	900	45	-	4	-	-	-	-	-	-	853	-	-	-	-	0.4
Legume and oil seeds																
Faba bean	880	33	257	13	77	123	89	8	29	390	35	16.8	1.8	5	9.2	1.2
Lupin	880	35	326	70	128	210	155	15	179	-	60	15.9	2.5	7.3	11.6	2.3
Peas	880	30	220	12	57	120	70	4	18	435	45	16.3	2.2	5.4	8.4	1
Rapeseed	900	41	189	396	81	181	124	49	43	-	50	11.5	4.2	9.2	8.7	4
Soybean	900	47	369	193	56	117	73	8	99	-	75	23.3	5.2	11.4	14.4	2.5
Oil meals																
Coconut cake	900	60	202	74	125	447	235	55	24	-	93	5	3	6.1	6.6	1.4
Palm cake	900	40	147	84	178	605	372	110	4	-	20	4.8	2.8	5	4.6	2.1
Rapeseed meal	900	68	361	25	121	277	189	86	79	-	90	19.4	7.6	16.2	15.7	7
Soybean meal 44	900	68	432	18	77	161	100	8	141	-	80	27.2	6	12.5	16.8	2.9
Soybean meal 46	900	63	450	18	63	132	82	6	157	-	80	28.4	6.3	13.1	17.6	2.9
Soybean meal 48	900	61	468	18	50	124	65	5	149	-	80	29.5	6.6	13.6	18.3	2.9
Sunflower meal 28	900	68	279	27	252	428	302	101	48	-	50	10	6.7	12	10.3	3.5
Sunflower meal 32	900	68	306	23	225	383	270	90	70	-	50	11.2	7.4	13.1	11.3	3
Sunflower meal 36	900	68	342	19	180	306	216	72	115	-	50	12.5	8.2	14.7	12.7	2.5
Oils and fats																
Animal fat	995	-	-	990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Olein	995	-	-	990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rapeseed oil	995	-	-	990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soybean oil	995	-	-	990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sunflower oil	995	-	-	990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fibrous feedstuffs																
Lucerne meal 12	900	90	126	23	297	475	371	83	156	-	30	5.4	1.9	3.4	5.2	14
Lucerne meal 15	900	99	153	32	261	418	326	73	168	-	30	6.6	2.3	4.1	6.3	15
Lucerne meal 18	900	99	180	36	216	346	270	60	209	-	30	7.7	2.7	4.9	7.4	16
Beet pulp	900	72	90	10	180	428	212	18	240	-	60	5.3	1.9	3.1	4.4	7.6
Cacao hulls	900	80	164	50	183	390	300	140	216	-	-	7.5	1.5	3.5	6	3
Carob meal	900	32	47	5	78	289	248	138	96	7	424	1.6	0.9	1.5	1.7	4.5
Citus pulp	900	67	59	27	133	220	155	16	297	-	230	2	0.7	1.5	2	15.9
Flax chaff	900	76	102	35	315	455	310	110	232	-	-	3	0.5	1	1.5	18
Grape pomace	900	81	117	54	280	560	480	300	68	-	20	4.9	1.7	3.5	3.7	7
Grape seed meal	900	36	99	14	441	730	650	550	21	-	-	4	1.5	3.5	2	6
Grass meal	900	80	150	30	225	460	260	50	100	-	80	6	2	3.5	5.5	7
Olive leaves	900	72	90	40	200	455	318	177	153	-	90	-	-	-	-	11
Rice straw	900	162	60	5	295	585	340	22	88	-	-	-	-	-	-	-
Soybean hulls	900	46	122	20	355	588	426	21	114	-	10	7	1.4	3.4	4.6	5
Sunflower hulls	900	34	54	40	468	693	562	202	69	-	10	2.3	1.2	2.5	2.3	4
Wheat straw	900	61	36	12	395	750	474	80	36	5	-	-	-	-	-	3.8
Wheat straw treated	900	73	32	8	365	694	444	75	88	5	-	-	-	-	-	4.3
Whole maize plant (dehydrated)	900	36	72	25	126	360	153	10	57	330	20	2.5	0.9	1.7	2.6	3

- no analytical data available; AFD, apparent faecal digestibility; AID, apparent ileal digestibility; Ca, calcium; Cl, chlorine; nitrogen retention; Met, methionine; Mg, magnesium; Na, sodium; P, phosphorus; SAA, methionine plus cystine; ST, starch; (NaOH or KOH).

Tableau 5 : Suite

P	Na	Cl	Mg	K	CPd	DE (MJ kg ⁻¹)	MEn (MJ kg ⁻¹)	AFD lys	AID lys	TID lys	AFD met	AID met	TID met	AFD thr	AID thr	TID thr
3.6	0.2	1.4	1.3	5.1	0.67	12.90	12.50	0.66	0.62	0.80	0.75	0.74	0.87	0.55	0.41	0.70
2.5	0.1	0.5	1.1	3.2	0.65	13.10	12.75	0.64	0.63	0.80	0.73	0.71	0.86	0.53	0.38	0.69
3	0.2	0.7	1.3	4	0.73	10.90	10.45	0.72	0.70	0.82	0.80	0.78	0.90	0.63	0.50	0.75
3.4	0.1	0.5	1.2	4.2	0.75	12.90	12.40	0.74	0.72	0.87	0.82	0.80	0.91	0.65	0.53	0.76
3.5	0.2	0.6	1.2	4.1	0.77	13.10	12.65	0.76	0.75	0.89	0.86	0.83	0.92	0.68	0.56	0.78
8.6	2.2	2.2	3.8	9.7	0.70	11.40	10.65	0.72	0.71	0.84	0.77	0.69	0.89	0.59	0.45	0.73
7.3	0.5	2	2.9	9.7	0.70	12.70	11.75	0.70	0.69	0.84	0.77	0.69	0.89	0.59	0.45	0.73
6.6	0.6	4	1.5	11	0.75	10.80	9.90	0.75	0.74	0.87	0.82	0.73	0.91	0.65	0.53	0.76
16	0.6	0.8	10	16	0.65	12.45	11.95	0.64	0.63	0.80	0.73	0.66	0.86	0.53	0.38	0.69
10.9	0.3	0.8	4.4	11	0.74	10.30	9.75	0.74	0.73	0.86	0.81	0.72	0.91	0.64	0.51	0.76
9	0.2	0.9	4	10.2	0.79	12.35	11.75	0.80	0.79	0.89	0.85	0.76	0.93	0.70	0.59	0.79
10.5	0.3	0.8	4.2	13	0.77	11.20	10.55	0.78	0.77	0.89	0.83	0.74	0.92	0.68	0.56	0.78
0.2	8	10.8	0.5	39.1	0.70	10.65	10.25	0.70	0.69	0.84	0.77	0.69	0.89	0.59	0.45	0.73
0.9	2	20	4.2	45	0.60	10.10	9.90	0.59	0.57	0.77	0.68	0.62	0.84	0.47	0.30	0.65
1.2	0.4	1.1	1.4	12	0.50	12.05	11.95	0.47	0.46	0.70	0.60	0.55	0.79	0.35	0.15	0.58
1.1	0.3	0.7	1.1	7.5	0.50	12.50	12.40	0.47	0.46	0.70	0.60	0.55	0.79	0.35	0.15	0.58
1	0.3	0.7	0.9	4.4	0.50	13.10	12.95	0.47	0.46	0.70	0.60	0.55	0.79	0.35	0.15	0.58
2.4	16	29	0.1	*	-	14.98	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.3	0.2	0.7	1.5	12.4	0.80	13.05	12.00	0.81	0.80	0.91	0.86	0.77	0.94	0.71	0.61	0.80
3.2	0.5	0.4	1.7	8.5	0.80	12.70	11.40	0.81	0.80	0.91	0.86	0.77	0.94	0.71	0.61	0.80
4	0.2	0.4	1.2	10.5	0.85	13.20	12.25	0.86	0.86	0.94	0.90	0.80	0.96	0.77	0.68	0.84
6	0.3	0.6	2.4	7.9	0.78	20.90	20.10	0.79	0.78	0.89	0.84	0.75	0.93	0.69	0.58	0.78
5.6	0.1	0.3	3	17	0.85	17.35	15.80	0.88	0.86	0.94	0.90	0.80	0.96	0.77	0.68	0.84
5.4	0.6	6.3	3	18.1	0.65	12.15	11.45	0.64	0.63	0.80	0.73	0.66	0.86	0.53	0.38	0.69
5.8	0.2	1.6	2.6	6.4	0.60	10.45	10.00	0.59	0.57	0.77	0.68	0.62	0.84	0.47	0.30	0.65
10	0.7	0.3	4.5	12.5	0.76	11.35	9.95	0.76	0.76	0.88	0.83	0.74	0.92	0.66	0.55	0.77
6	0.2	0.4	2.5	18	0.82	13.35	11.60	0.83	0.82	0.92	0.88	0.78	0.95	0.74	0.64	0.86
6.1	0.2	0.4	2.7	19.5	0.83	13.95	12.05	0.84	0.84	0.93	0.89	0.79	0.95	0.75	0.65	0.87
6.4	0.2	0.4	2.8	20.5	0.84	14.70	12.70	0.85	0.85	0.93	0.90	0.80	0.95	0.76	0.67	0.87
10	0.3	1.5	5	11	0.73	9.60	8.55	0.73	0.72	0.86	0.80	0.72	0.90	0.63	0.74	0.78
9.5	0.3	1.5	5	10	0.76	10.25	9.00	0.76	0.76	0.88	0.83	0.74	0.92	0.66	0.75	0.79
9	0.3	1.6	5	11	0.80	11.10	9.65	0.81	0.80	0.91	0.86	0.77	0.94	0.71	0.76	0.80
-	-	-	-	-	-	33.45	33.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	31.40	31.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	35.15	35.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	35.55	35.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	35.55	35.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.6	0.6	3.5	2	19	0.56	6.75	6.35	0.54	0.53	0.74	0.65	0.59	0.82	0.42	0.24	0.62
2.6	0.7	4.8	2.7	21	0.60	7.4	6.95	0.59	0.57	0.77	0.68	0.62	0.84	0.47	0.30	0.65
2.7	0.8	4.9	3	25	0.64	8.3	7.7	0.63	0.62	0.80	0.72	0.65	0.86	0.52	0.36	0.68
1	2	1	2.3	4.9	0.50	10.4	10.1	0.47	0.46	0.70	0.60	0.55	0.79	0.35	0.15	0.58
3.5	0.8	1.5	4	25	0.50	5.45	5.2	0.47	0.46	0.70	0.60	0.55	0.79	0.35	0.15	0.58
1	0.2	1.5	0.5	0	0.20	9	8.9	0.14	0.12	0.49	0.33	0.34	0.65	0.00	0.00	0.36
1.2	1	0.6	1.4	7.1	0.60	11.3	11.05	0.59	0.57	0.77	0.68	0.62	0.84	0.47	0.30	0.65
3	0.6	0.9	1	9	0.40	4.4	4.15	0.36	0.34	0.63	0.51	0.48	0.75	0.23	0.05	0.51
2	0.1	0.1	1.2	16	0.15	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	0.1	0.1	1	6	0.10	3.35	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	0.8	2	25	0.55	8.1	7.65	0.53	0.52	0.73	0.64	0.59	0.82	0.41	0.00	0.62
0.8	1.7	4.5	1.9	-	-	5.35	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	2.5	2.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.6	0.2	0.3	2	12.6	0.50	7.2	6.85	0.47	0.46	0.70	0.60	0.55	0.79	0.00	0.15	0.58
2	1	1	1.7	10.5	0.15	4.3	4.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.8	1.6	4.6	0.9	9.5	0.20	2.7	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.6	8.6	4.3	0.7	8.9	0.25	3.7	3.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.8	-	-	1.8	-	0.46	8.52	8.32	0.43	0.41	0.67	0.56	0.52	0.77	0.30	0.09	0.55

CPd , apparent faecal crude protein digestibility; K, potassium; Lys, lysine; MEn, metabolizable energy corrected for zero Thr, threonine; TID, true ileal digestibility; DDGS, dry distillers grains and solubles; *, depends on the neutralizer used

II.4. Méthodes de mesure de la valeur nutritive des sources alimentaires non conventionnelles.

La valeur nutritive des matières premières pour le lapin en croissance, a été longuement étudiée, procédant à chaque fois par des mesures de digestibilité fécale, qui est une méthode standardisée par le groupe ERGAN en 1995 (Perez *et al.*, 1995). Cette valeur nutritive a été déterminée par des méthodes directes ou indirectes (Maertens et Lebas, 1989 ; Villamide, 1996 ; Villamide *et al.*, 2001, 2003, 2010).

a. La méthode directe

Elle est très peu utilisée (Lebas 2004) consiste à nourrir les lapins à engraisser avec une seule source alimentaire entre autre la matière première dont la valeur nutritive est à déterminer, à condition que cette dernière soit de composition chimique équilibrée en nutriments essentiels notamment en fibres et en protéines et présenter une bonne appétence, pour combler les exigences de l'animal en engraissement.

b. Les méthodes indirectes

C'est le procédé le plus souvent utilisé lors des estimations de la valeur nutritive de nouvelles matières premières chez le lapin, comporte plusieurs méthodes parmi elles :

. La méthode de substitution en gamme appelée aussi méthode de régression (calculée à partir d'une courbe de régression)

. La méthode d'estimation par différence qui consiste à remplacer une quantité déterminée d'une matière première d'un aliment (exemple : tourteau de soja) par la même quantité avec une matière première alternative non conventionnelle (exemple : légumineuse ou coproduit) en gardant la même composition pour le reste des matières premières dans l'aliment témoin et l'aliment expérimental. La valeur nutritive (ED et PD) sera alors estimée après calcul de sa digestibilité.

. La méthode par équations de prédictions :

Ces équations sont calculées à partir de la composition de la matière première considérée, pas très fiable parfois mais utilisée lorsque le test de digestibilité n'est pas réalisable,

En utilisant les valeurs tabulaires de la base de données Feedipedia (2013), Lebas (2013) a calculé des équations par régression multiple progressive pour estimer la teneur en énergie digestible et la digestibilité des protéines de 40 matières premières alimentaires chez le lapin, ces équations font appel à la teneur en protéines brutes (MAT), cellulose brute (CB), NDF, ADF, ADL selon Van Soest, extrait étheré (EE) et minéraux totaux (MX) des matières premières (en % de MS) ainsi qu'aux valeurs nutritives homologuées pour les ruminants et le porc en croissance. L'inclusion de ces dernières donne les estimations les plus précises ($ED \pm 1.19 \text{ MJ/kgMS}$; $CUD-N \pm 6,08$ points), mais elles ne sont pas toujours disponibles. Sur la base des seules analyses chimiques, les deux meilleures équations sont :

$$ED\text{-Lap} = 15,627 + 0,000982 \text{ MAT}^2 + 0,0040 \text{ EE}^2 - 0,0114 \text{ MM}^2 - 0,169 \text{ ADF} \pm 1,250 \text{ MJ/kgMS} \text{ (R}^2 = 0,912\text{)}.$$

$$CUD\text{-N Lap} = + 64,734 + 0,646 \text{ MAT} + 2,170 \text{ CB} + 0,414 \text{ NDF} - 2,894 \text{ ADF} \pm 9,338 \% \text{ (R}^2 = 0,825\text{)}.$$

.La méthode de digestibilité in vitro

Les méthodes de travail in vivo étant les plus fiables, néanmoins, très chères et chronophages, il est apparu le besoin d'utiliser des méthodes plus simples, rapides et moins coûteuses, pour une détermination en routine de la digestibilité de la matière organique (énergie, protéines, acides aminés... etc.) dans les matières premières.

Plusieurs auteurs ont utilisé des techniques in vitro pour évaluer les ingrédients et les régimes alimentaires chez le lapin. La valeur nutritive d'un aliment étant déterminée par les concentrations de sa composition chimique et par son taux et son degré de digestion des nutriments composant l'aliment ingéré.

Une méthode enzymatique in vitro a été développée sur les lapins, avec de bons résultats pour la prédiction de la digestibilité fécale de la matière sèche (Ramos *et al.*, 1992, Ramos et Carabaño, 1996). Cependant, cette méthode a conduit à une mauvaise estimation de la digestibilité fécale apparente de la protéine. Les pertes azotées endogènes au niveau iléal et fécal ont une grande influence sur la digestibilité in vivo, alors que la digestibilité in vitro reflète la digestibilité "réelle" de la protéine et des acides aminés, il sera possible donc de corriger ces équations en tenant compte des pertes endogènes (Llorente *et al.*, 2007).

Une méthode enzymatique in vitro a été développée pour prédire la digestibilité de la protéine brute (PB) et des acides aminés des matières premières déjà évaluées in vivo (protéagineux, céréales et leurs sous-produits et luzerne) pour des aliments lapins.

La composition chimique et des analyses *in vitro* ont été utilisées pour prédire la valeur nutritionnelle de 164 régimes expérimentaux de lapins évalués dans six laboratoires européens dans des conditions standardisées, vingt-trois équations différentes ont été proposées pour prédire la valeur nutritionnelle (Villamide *et al.*, 2009).

.La méthode par Spectrométrie proche infrarouge (SPIR) :

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) en anglais, est une technique de plus en plus utilisée en recherche dont le principe repose sur l'absorption des rayons proches infrarouges par la matière organique. Cette méthode d'analyse des substances organiques a largement été utilisée dans l'industrie chimique et agroalimentaire ou elle a permis d'effectuer des analyses importantes telles que l'humidité dans les aliments, la quantification de protéine, gras, sucres et hydrate de carbone (Xiccato *et al.*, 1999, Pérez-Marín *et al.*, 2012), ont étudié la prédiction de la composition des ingrédients dans les aliments composés, plusieurs approches de modélisation, à la fois linéaires et non linéaires, ont montré les possibilités de la technologie NIR, bien qu'avec certaines limitations.

Chapitre III. Valorisation de la graine de fève et de féverole (*Vicia faba*) en alimentation du lapin

III.1. La fève (*Vicia faba L. major*) matière premières alternative au tourteau de soja

En Algérie, la fève est cultivée sur les plaines côtières, les plaines sub-littorales et les zones sub-sahariennes, plus spécialement dans les wilayas de l'Ouest (Sidi Bel-Abbés, Tlemcen et Mostaganem), du centre (El Khemis et Boumerdes), de l'Est et du Sud Est (Béjaia, Batna et Biskra) (Ouffroukh et Aggad, 1996). Par ailleurs La fève (*Vicia faba L. major*) est disponible toute l'année dans certaines régions de l'Algérie(en vert ou sous forme de légumes secs), mais le surplus de production de cette légumineuse n'est pas valorisé faute d'usines de transformation et de moyens matériels de conservation. Le surplus est détérioré ou contaminé par le bruche après séchage de la graine, au lieu d'être récupéré pour les animaux. L'alternative de substitution du tourteau de soja par la fève dans l'aliment granulé pour le lapin en engraissement serait donc judicieuse à envisager.

La fève constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007). Elle peut être utilisée également dans l'alimentation animale pour combler le déficit azoté, notamment pour les pays méditerranéens et la Chine (Crépona *et al.*, 2010).

En Algérie, les statistiques du Ministère agricole et du développement rural (MDR, 2015) de 2005 à 2014 donnent des informations jumelées pour les productions en fève-féverole, celles-ci montrent une évolution ascendante de l'année 2005 à 2014 avec une production de 413 886q de 2013 à 2014 et 8% de plus entre 2014 et 2015 avec 488 074q (Berrah, 2016), excepté pour l'année 2006 et 2008 où elle a connu une légère baisse qui serait probablement due au rétrécissement de la superficie cultivée (33537 ha en 2006 et 30688 ha en 2008) et aux précipitations faibles et irrégulières (Zaghouane *et al.*, 2000). Les Wilaya les plus productives sur le territoire national, selon ces mêmes statistiques sont :Chleff, Skikda et Guelma (voir annexe). Néanmoins les productions restent insuffisantes avec des rendements en fluctuation entre 7,2 et 11,3 q/ha, comparées aux rendements français (28,3q/ha) en moyenne (Coutard., 2014), cela serait aussi attribué au manque de technicité, mauvaise qualité des semences, itinéraire de réalisation des cultures aléatoire, manque d'irrigation en période de disette, ou associé au manque de traitement des cultures...etc.

L'Algérie importe la fève et la féverole de différents pays, en 2014 elle a importé de la Grande Bretagne (42,7%) puis de l'Italie (32%), de l'Egypte (24,6%) ensuite la Tunisie, la Chine et enfin la France. Le total de ces importations est de 6238,25Qx (voir annexe). (MDR, 2015)

III.1.1. Description

La fève est une plante herbacée annuelle de la famille des papilionacées présentant une tige simple, dressée, creuse et de section quadrangulaire, sans ramification se dressant à plus d'un mètre de haut (Peron, 2006). En Algérie la fève et féverole sont semées en automne et fleurissent entre février et avril (Benachour *et al.* , 2007)

Le cycle biologique de la graine à la graine est d'environ 5 mois les feuilles alternes de couleur vert glauque ou grisâtre, composées-pennées, sont constituées par 2 à 4 paires de folioles amples et ovales (Chaux et Foury, 1994). L'inflorescence est en racème de deux à cinq fleurs parfois solitaire, à corolle blanche ou rosé, avec des taches noires sur les ailes. Le fruit est une gousse contenant des graines de formes ovales et aplatie avec une peau épaisse, la fève à des chromosomes grands et moins nombreux que chez la plupart des espèces dans le genre $2n=2x=12$. Cette espèce diffère des autres espèces de vicia par l'absence de vrilles et par son aspect de hile qui a l'angle droit de la longueur de la graine (Belkhodja., 1996).

Les fruits sont des gousses (figure 3 et 4) pendantes noircissant à la maturité (Laumonier, 1979). Les graines (figure 13) sont charnue, vertes et tendres à l'état immature, à complète maturité, elle développe un tégument épais et coriace de couleur brun-rouge, à blanc verdâtre et prend une forme aplatie à couleur presque circulaire (Chaux et Foury, 1994).

Le système racinaire est formé par une racine principale pivotante et des racines secondaires portant des nodosités contenant des bactéries fixatrices d'azote : *Rhizobium leguminosarum* Duc(1997)



Figure 3: Plante de *vicia faba L. major*



Figure 4: gousses de fèves *Vicia faba L. major*

III.1.2. Classification botanique de la fève

La fève est classée d'après Dajoz (2000) comme suit :

Règne :	Plantes
Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Dicotylédones
Sous-classe :	Dialypétales
Série :	Caliciflores
Ordre :	Rosales
Famille :	Fabacées (Légumineuses)
Sous-famille :	Faboideae
Genre :	<i>Vicia</i>
Espèce :	<i>Vicia faba L.</i>

Les variétés de la fève inventoriées en Afrique du Nord sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Description des variétés de fève inventoriées en Afrique du Nord (INRA, 2006).

Variété	Description
Fève de Séville à longue cosse	Tige ferme, feuillage vert clair, cosses larges réunies, pendantes en raison de leur poids, contenant de 4 à 8 graines.
Fève à longue cosse	Feuillage vert foncé et ample, cosses réunies par deux, légèrement obliques, contenant 3 ou 4 grains blancs.
Fève des marais	Tige dressée, haute, de 80cm, feuilles composées vert grisâtre, cosses réunies en bouquets, se recourbant ou restant dressées selon leur poids.
Fève des marais de Sicile (sous variété de la fève des marais)	Plante plus basse, feuillage plus blond, formation des cosses plus hâtive que dans le cas de la variété-type.

Les distinctions entre sous-espèces, variétés et sous variétés botaniques, pour toutes les classifications, sont basées sur des différences de poids, de taille et de forme des grains (Guen et Duc, 1996 ; Nuessly *et al.*, 2004), selon ces derniers la fève se subdivise en :

- *Vicia faba var.minor* Becket *Vicia faba var.equina* Pers ou féverole dont les graines sont respectivement de petite taille et de taille moyenne. Elles sont principalement cultivées pour l'alimentation animale ou comme engrais vert.
- *Vicia faba var.major* ou fève proprement dite se distingue par la taille importante de ses graines destinée à l'alimentation humaine.

Les différents cultivars de la fève se distinguent par la hauteur des tiges, la précocité et la grosseur des graines Péron (2006) distingue :

- La fève précoce d'Aquitaine : c'est une variété hâtive, à gousses allongées.
- La Muchamiel : c'est une variété très précoce, cultivées en Espagne.
- Fève de Séville : c'est une variété précoce à longues gousses contenant 6 grosses graines.
- Fève d'Aguadulce : c'est une variété semi-précoce à tige très haute, à très longues gousses contenant 8 à 9 graines d'un gros volume.
- Fève trois fois blanche : c'est une variété tardive, de taille réduite (0,8 cm) à nombreuses gousses contenant de petites graines restant blanches après la cuisson.

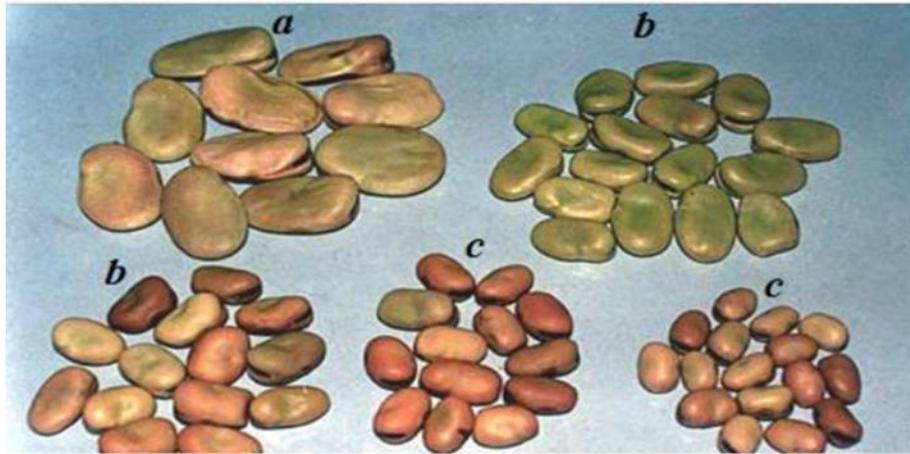


Figure 5: (a): Graines de *vicia faba major* ; (b): Graines de *vicia faba equina* ;(c): Graines de *vicia faba minor*.

Zaghouane (1991) rapporte qu'en Algérie, nous retrouvons l'Aguadulce et la Séville introduites d'Espagne, la fève précoce de Sidi Moussa a été sélectionnée en 1965 à El-Harrach et la Féverole de Sidi Aich. Tous ces cultivars sont malheureusement exposés aux maladies fongiques (le Botrytis), à l'attaque des insectes ravageurs (les pucerons) et aux nématodes.



Figure 6 : Graines de fèves sèches (*Vicia faba L. major*) incorporées dans les aliments expérimentaux.



Figure 7 : Gousses de fèves sèches (graine et cosse) *Vicia faba L. Major*.

III.1.3. Importance de la fève

La fève constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéine d'origine animale (Daoui, 2007). Elle peut être utilisée également dans l'alimentation animale pour combler le déficit azoté.

En premier lieu la fève revêt une importance alimentaire, elle est en effet, l'une des légumineuses à grains les plus communes, utilisée pour la consommation humaine et animale (Goyoaga *et al.*, 2011). Les graines de la fève « *V. faba* : variété majeure » sont incorporées dans la composition d'aliment du bétail, lorsqu'elles sont disponibles en grandes quantités, quant aux graines « *V. faba* : variété mineure », elles sont utilisées pour l'engraissement des animaux (Maatougui, 1996). D'après Fatemi (1998), l'évolution du niveau de consommation animale suit de près la tendance de la consommation humaine, ainsi la contribution de la fève à l'alimentation animale est en augmentation.

En agriculture, la fève est un bon précédent cultural pour les cultures légumières (Singh *et al.*, 1982), elle joue un rôle dans la rotation des cultures en améliorant la fertilité du sol et en réduisant l'incidence des mauvaises herbes, des maladies et des insectes ravageurs (Lopez-Bellido *et al.*, 2005); Sans oublier que c'est l'une des légumières les plus utilisés dans l'assolement des sols à faible pluviométries (Jensen *et al.*, 2010) en fertilisant le sol par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique grâce aux bactéries (en moyenne 150 Kg d'azote fixé/ha) (Osman *et al.*, 1986), car les racine de cette plante vivent en symbiose avec des

bactéries du genre *Rhizobium*, leur permettant de fixer l'azote atmosphérique et d'enrichir le sol en azote, ce qui réduit la dépendance des agriculteurs par rapport aux engrais chimiques (Sillero *et al.*, 2010)

La légumineuse *vicia faba* L représente une superficie mondiale estimée à 3 millions d'hectares dont plus de 50% se situent en Chine, 20% en Afrique du nord et moins de 10% en Europe (Abou Amer *et al.*, 2011). La culture de fève est pratiquée dans 58 pays (Singh *et al.*, 2012), elle est la quatrième culture légumière la plus importante dans le monde derrière les petits pois, les pois chiches et les lentilles (Yahia *et al.*, 2012). En Algérie, la fève reste la plus importante culture vivrière, couvrant une surface de 58000 hectares avec un rendement total de 254000 tonnes (Laamari *et al.*, 2008). La fève occupe la première place parmi les légumineuses en Algérie en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et de ses divers usages. Elle est principalement cultivée dans les plaines et les régions sublittorales et a un rôle important dans l'économie nationale et dans la production agricole (Anouar-Sadli *et al.*, 2008).

La fève est une bonne source de protéines et d'énergie, elle joue un rôle dans la rotation des cultures, la fixation d'azote atmosphérique et dans la fertilité des sols. Elle est dans le régime alimentaire des humains et des animaux (Hacisefrogullari *et al.*, 2003 ; Chafi et Bensoltane, 2009 ; Vioque, 2012 ; Wang *et al.*, 2012).

III.1.4. Composition chimique de la fève

La valeur nutritive de la fève a été traditionnellement attribuée à un contenu à haute valeur protéique, qui varie de 25 à 35% malgré le déséquilibre en acides aminés soufrés. La plupart de ces protéines sont les globulines (60%), les albumines (20%), la glutiline (15%) et les prolamines. C'est aussi une bonne source de glucides (50-60%), minéraux (1^{er} 3,5%) notamment calcium et fer ; vitamines ; fibres (7%). Aussi, l'analyse chimique de cette légumineuse relève sa richesse en acide gras linoléique (Larralde et Martinez, 1991).

Contrairement aux céréales, les graines de fèves contiennent des protéines riches en lysine et faibles en méthionine, cystéine et tryptophane. (Crépon *et al.*, 2010)

Ces corps protéiques contiennent 70-80% de protéines, 10% de phytine et des enzymes telles que les protéases, les phosphatases. Les glucidases, les phytases et les ribonucléases (Bewley, 1997 ; Anzala, 2006). La phytine, sel complexe de P, K, Mg, Ca, Zn et Fe représente une vraie réserve minérale pour la graine (Bewley, 1997).

La fève fraîche constitue aussi une source d'énergie appréciable 344Kcal/100g et peut efficacement remplacer les protéines animales dans les pays pauvres (Chaib *et al.*, 2011).

Dans la graine les glucides sont présents sous forme d'amidon et de sucres solubles :

L'amidon constitue la forme principale de réserves glucidiques, notamment chez les graminées dont il forme presque tout l'albumen (Zaghouane, 1991). Quoique sa présence chez la plupart des Légumineuses soit moins importante que celle des protéines, la fève (*Vicia faba L.major*) en contient toujours plus. L'amidon est formé de deux polysaccharides dont 15 à 30% et l'amylopectine (70 à 85%). L'amylopectine est organisée en feuillettes entre lesquelles l'amylose forme une zone amorphe (Hopkins, 2003).

Bien que la présence des lipides dans les graines de Légumineuses soit moins importante en comparaison avec les protéines et les glucides, elle constitue néanmoins, la forme de réserve la plus répandue, dans 9/10 des plantes (Gimeno-Gilles, 2009). La plus grande partie de ces réserves est constituée d'esters, de glycérol, d'acide oléique et palmitique, présents en gouttelettes de différentes tailles appelées oléosomes (Valee *et al.*, 1999).

Feillet (2000) a comparé la composition chimique des graines de légumineuses protéagineuses et des grains de blé.

Tableau 7: Composition comparée des graines de légumineuses protéagineuses et des grains de blé (% de la matière sèche, sauf pour acides aminés exprimés en g/16g N (Feillet, 2000).

Constituants/espèce	Amidon	Fibre	Lipides	Protéine	Lysine	Méthionine+cystéines
Pois	50	15	2	22-25	7,1	2,4
Fève	43	18	2	28-32	6,5	2,1
Soja	1	22	10	35-39	4,3	2
Lupin blanc	2	20	20	36-40	6,2	2,8
Blé	70	8-10	1-1,5	10-15	2,3	4

L'analyse de sa composition chimique révèle 50 à 60% de son contenu en carbohydrates qui est totalement constitué par l'amidon, mais la proportion de lipides est relativement faible aux environ de 1 à 2,5%. Les acides oléiques et linoléiques représentent à peu près 75% de la matière grasse. Le contenu en minéraux varie entre 1 à 3,5%, il est riche en Ca et en Fe. En plus, le contenu en thiamine, tocophérol, niacine et acide folique est élevé en comparaison avec d'autres graines, mais la vitamine C, la riboflavine et d'autres vitamines liposolubles sont faibles (Larralde et Martinez, 1991).

La majorité des protéines de la fève sont les globulines (60%), les albumines (20%), les gluténines (15%) et les prolamines (Cubero et Moreno, 1983). C'est une bonne source de sucres, minéraux et vitamines. Le coefficient de digestibilité des protéines brutes et des acides aminés est influencé par l'âge des animaux (Palander *et al.*, 2006).

Cependant, Kôpke et Nemecek (2010) signalent que les graines de fève contiennent des substances antinutritionnelles telles que : les tanins qui réduisent la digestibilité des protéines et La plupart de ces substances sont éliminées par cuisson ou par simple trempage, par traitements physico-chimiques, ou par sélection de nouveau cultivars à faible teneur en tanins, vicine, convicine, facteurs antitrypsines.....etc. (Crépon *et al.*, 2010).

III.2. Valorisation des protéagineux chez le lapin en croissance

Certains travaux de recherches ont été menés afin de montrer la possibilité de l'utilisation des protéagineux (féverole, pois et fève) dans les aliments destinés aux lapins en engraissement, avec des taux d'incorporation différents dans le but de remplacer partiellement ou totalement les tourteaux de soja. Les résultats des performances sont rapportés dans le tableau 8.

Tableau 8. Valorisation de la féverole et du pois dans la ration du lapin en croissance.

Auteurs	Graines de protéagineux	Taux d'incorporat	CMQ (g/j)	GMQ (g/j)	IC	Rdt cc (%)
Colin et Lebas, (1976)	Féverole	20%	/	36	3,39	/
	Pois	22%	/	37,9	3,65	/
Franck <i>et al</i> , (1978)	Pois	30%	96,8	31	3,15	/
Seroux, (1984)	Féverole	28%	135,6	43,8	3,11	62
	Pois	30%	137,9	44,2	3,12	61,7
Lebas, (1981)	Féverole	36%	/	38	3,60	/
Berchiche et Lebas (1984)	Féverole	36%	133,4	42,7	3,44	59
Berchiche <i>et al</i> , (1988)	Féverole	37%	146	40,70	3,45	56,1
Maitre <i>et al</i> , (1990)	Féverole	10%	118,6	35,8	3,26	/
Ber chiche <i>et al</i> , (1995a)	Féverole	26,5%	125,8	42,8	2,95	56,8
		37%	123,6	40,7	3,05	56,4
Berchiche <i>et al</i> , (1995b)	Féverole	26%	115,8	38,9	3	/
		35%	108,9	37,4	2,92	
Lounaouci, (2002)	Féverole	30%	101,91	28,73	3,55	68,35
Lounaouci <i>et al</i> , (2008)	Féverole	30%	97,06	31,06	3,13	70,7
Lounaouci <i>et al</i> , (2014)	Fèverole	26%	97,8	30,8	3,17	1431 (g)

Compte tenu des performances zootechniques obtenues au cours des différents essais (Seroux, 1984; Berchiche *et al.*, 1988 ; Berchiche *et al.*, 1995a et b; Lounaouci *et al.*, 2008 ; Lounaouci *et al.*, 2014), les protéagineux constituent une source de protéines permettant le remplacement total ou partielle du tourteau de soja de la ration du lapin en croissance. Par contre, Berchiche (1985), indique que l'utilisation de la féverole par le lapin nécessite une complémentation végétale à base de céréales et de luzerne pour atténuer la déficience de la féverole en méthionine, tryptophane et cystéines.

Références bibliographiques de la synthèse bibliographique

A

Abecia L., Rodriguez-Romeo N., Yanez-Ruiz D.R., Fondevila M., 2012. Biodiversity and fermentative activity of caecal microbial communities in wild and farm rabbits from Spain. *Anaerob*, 18, 344-349.

Abu-Amer JH, Saoub HM, Akash MW, Al-Abdallat AM. 2011. Genetic and phenotypic variation among faba bean landraces and cultivars. *International Journal of Vegetable Science*. 17: 45-59.

Adamson I., Fisher H., 1971. The aminoacid requirement of the growing rabbit : qualitative needs. *Nutr. Repts Int.*, 4, 59-64.

Adamson I., Fisher H., 1973. The aminoacid requirement of the growing rabbit : an estimate of quantitative needs. *Nutr. Repts Int.*, 103, 1306-1310.

AFNOR. 1997. Norme française homologuée. Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. *AFNOR publ., Paris. NF V 18-122, pp 11.CABI, 66-82*

Anzala F.J. 2006. Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*Zea mays*) : étude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. *Thèse de Doctorat. Spécialité : Biologie Cellulaire et Moléculaire Végétale. Ecole doctorale d'Angers.*

AFRIS, 2004. Système d'information sur les ressources en alimentation animale. Données d'accès libre sur le Web base, disponible en anglais, français, espagnol, arabe et chinois, sur le site Web de la FAO .

Alvarez J.; Marguenda, I.; García-Rebollar, P.; De Blas, C.; Corujo, A.; García-Ruiz, A. 2007. Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 2007, 15: 9 – 17.

AFNOR. 1997. Norme française homologuée. Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. *AFNOR publ., Paris. NF V 18-122, pp 11.CABI, 66-82.*

B

Barone R, Pavaux C, Blin P C, Cuq P.,1973. Atlas d'Anatomie du Lapin. Paris : *Masson et Compagnie*, 219 p.

Bastianelli D., Epaku O.R., Bonnal L., Grimaud P. 2009. Variabilité des matières premières : résultats d'une étude en Afrique de l'Est. Perspectives pour la gestion de la variabilité des matières premières. *Revue Africaines de Santé et de Productions Animales. E.I.S.M.V de Dakar. Vol.7 N°S,pp 33-40.*

Belkhodja M., 1996. Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minéral et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*vicia faba* .L.). *Thèse Doctorant d'Etat en Sciences Naturelles. Université d'es:Senia.Oran.225p.*

- Benachour K., Louadi K et Terzo M ., 2007. Rôle des abeilles sauvages et domestiques dans la pollinisation de la fève en région de Constantine (Algérie). *Ann. Soc. Entomol. Fr (n.s)*, 43(2) : 213-219.
- Berchiche M, 1985. Valorisation des protéines de la fève par le lapin en croissance. *Thèse de doctorat en biologie et physiologie animale, INP Toulouse, 150p.*
- Berchiche M., Kadi S.A. 2002. The Kabyle rabbits (Algeria). Rabbit Genetic Resources in Mediterranean Countries. *Options Méditerranéennes, Série B: Etudes et recherches*, 38: 11-20.
- Berchiche M., Lebas F. 1984. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de fève: Effet sur la croissance et les caractéristiques de la carcasse des lapins. *3ème Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, Avril 1984, Vol .1, 391-398.*
- Berchiche M., Lebas F. 1994. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de fève : effet sur la croissance, le rendement à l'abattage et la composition de la carcasse chez le lapin. *World Rabbit Science* 2(4), 135-140.
- Berchiche M., Kadi S. A., Lebas F. 2000. Valorisation of wheat by products by growing rabbits of local Algerian population. *In Proc.: 7th World Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain. Vol. C:119-124.*
- Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995a. Utilization of field beans by growing rabbits. 1. Effects of supplementations aimed at improving the sulfur amino acid supply. *World Rabbit Science*, 3, 35-40.
- Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995b. Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations. *World Rabbit Science*, 3, 63-67.
- Blas E., Cervera C., Fernandez-Carmona J., 1994. Effect of two diets with varied starch and fibre levels on the performances of 4-7 weeks old rabbits. *World Rabbit Sci.*, 2, 117-121. Candau M., Bertrand B., Fioramonti J., 1978a.
- Bewley, JD (1997) Germination des semences et dormance. *Plant Cell*, 9, 1055-1066.
- Blas E., Gidenne T., 2010. Digestion of starch. *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, 2nd ed. CAB Publishing, Wallingford, UK, pp, 19-38.*
- Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and Terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4: 93-99.
- Boisot, P., Licois, D., Gidenne, T. 2003. Une restriction alimentaire réduit l'impact sanitaire d'une reproduction expérimentale de l'entéropathie épizootique (EEL) chez le lapin en croissance. *10èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France. p 267-270*
- Boudjenouia A., Fleury A., Tacherift A., 2003. Les légumineuses alimentaires dans les zones périurbaines de Sétif (Algérie): analyse d'une marginalisation. *New médite N 4.*
- Boughdad A., 1994. Statut de nuisibilité et écologie des populations de bruchus rufimanus (Boh) sur Vicia faba L. Au Maroc. *Thèse N° 3628, Université de Paris Sud Orsay, 182 p.*
- Boussarie D., 1999. Affections bucco-dentaires chez les rongeurs et lagomorphes de compagnie. *Point Vétérinaire, 1999, 30, 593-596.*

Brink M., Belay G., 2006-Ressources végétales et légumes secs édition. Wageningen. ACTA., 328 p.



Chafi M.H, Bensoltane A (2009). *Vicia faba* (L), a source of organic and biological manure for the Algerian arid regions. *World Journal of Agricultural Sciences*. 5(6): 698-706.

Chaieb N, Bouzlama M, Mars M. 2011. Growth and yield parameters variability among faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. *J. Nat. Prod. Plant Resour*. 1 (2) : 81-90.

Carabaño R.,Badiola I., Licois D., Gidenne T., 2006. The digestive ecosystem and its control through nutritional or feeding strategies. In *Maertens L., Coudert P., (Eds.), Recent Advances in Rabbit Sciences. Ilvo, Merelbeke, Belgium, 211-227.*

Carabaño R.,Badiola I., Chamarro S., García J., García-Ruiz A.I., García-Rebollar P., Gomez-Conde M.S., Gutierrez I., Nicodemus N., Villamide MJ., De Blas J C., 2008. New trends in rabbit feeding : Influence of nutrition on intestinal health. *Span. J. Agric. Res*. 6 : 15-25.

Carabaño R., Villamide MJ., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamarro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas JC. 2009. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition. In *rabbits a review World Rabbit Science*. 17,1-14. polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/664/651

Chamarro S., De Blas C., Grant G., Badiola I., Menoyo D.,Carabano R. 2010. Effect of dietary supplementation with glutamine and a combination of glutamine-arginine on intestinalhealth in twenty-five-day-old weaned rabbits. *J. Anim Sci.*, 88,170-180.

Chamarro S., Gomez-Conde M.S., Perez De Rozas A.M.,Carabano R., De Blas J.C. 2007a. Effect on digestion and performance of dietary protein content and of increased substitution of lucerne hay with soya-bean protein concentratein starter diets fo young rabbits. *Animal*, 1, 651-659.

Chamarro S., Carabano R., Grant J., Garcia J., De Blas J.C.2007b. Efecto de la adición de glutamina y arginina sobre la mortalidad y barrera intestinal en gazapos. *II Congreso Ibérico de Cunicultura, Vila-Real, Portugal 5-6 /06/2007, 91-94.*

Chaux C. et Foury C., 1994. Production secs, Tome 3, légumineuses potagères, légumes, fruits. *Techniques et documentation Lavoisier F75384 Paris cedex 08, pp3-15.*

Cheriet S., Ouhayoun J., Lebas F. 1982. Valorisation d'aliments à niveaux protéiques différents par des lapins d'une souche sélectionnée sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevages traditionnels. *3èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, Communication N° 22, 1-14.*

Crevieu-Gabriel L. 1999. Digestion des protéines végétales chez les monogastriques. Exemple des proteines de pois. *INRA Prod.Anim.*, 12: 147-161.

Cetiom. 2008. Centre Technique Inter Professionnel des oléagineux Métropolitains. Le soja : des atouts agronomiques et environnementaux incontestables. *Consulté le 30 septembre 2016*

Cheek P.R., 1971. Arginine, lysine and methionine needs of the growing rabbit. *Nutr. Repts. Iter.*, 3, 123-128.

- Cheek P.R., 1987. Rabbit Feeding and Nutrition. *Academic Press Inc., Orlando, Florida.*
- Colin M., 1974a. Supplémentation en lysine d'un régime à base de tourteau de sésames chez le lapin. Effets sur les performances de croissance et le bilan azoté par deux méthodes. *Ann. Zootech., 23, 119-132.*
- Colin M., 1974b. Les besoins azotés du lapin en croissance. Etat actuel des connaissances. *Cuniculture, 1, 80-87.*
- Colin M., 1975a. Influence de l'apport de lysine dans l'aliment solide ou dans l'eau de boisson sur les performances de croissance. *Ann. Zootech., 24, 315-321.*
- Colin M., 1975b. Effets sur la croissance du lapin de la supplémentation en l-lysine et en dl méthionine de régimes végétaux simplifiés. *Ann. Zootech., 24, 465-474.*
- Colin M., 1975c. Effets de la teneur en arginine du régime sur la croissance et le bilan azoté chez le lapin : relation avec le taux en lysine. *Ann. Zootech., 24, 629-638.*
- Colin M., 1976. Besoin en acide aminés indispensables du lapin en croissance. *1st world : rabbit congres, dijon, 1976.*
- Colin M., 1978. Effet du supplément de méthionine ou de cystine sur les régimes déficients en acides aminés soufrés sur la croissance des lapins. *Annales de Zootechnie 27 : 9-16.*
- Colin M., Allain D., 1978. Etude du besoin en lysine du lapin en croissance en relation avec la concentration énergétique de l'aliment. *Ann. Zootech., 27, 17-31.*
- Colin M., Lebas F., 1976a. Emploi du tourteau de colza, de la féverole et du pois dans les aliments pour les lapins en croissance. *Mémoire 1er Congrès International Cunicole, Dijon, Communication 24.*
- Combes S., Michelland R.J., Monteils V., Cauquil L., Soulie V., Tran N.U., Corring T., Lebas F., Courtot D., 1972. Contrôle de l'évolution de l'équipement enzymatique du pancréas exocrine du lapin de la naissance à 6 semaines. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 12, 221-231.*
- Combes S., Michelland R.J., Monteils V., Cauquil L., Soulie V., Tran N.U., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol., 77, 680-689.*
- Coutard., 2014. Fiche technique, la culture de la féverole en AB. *Institut Technique de l'Agriculture Biologique.*
- Coutelet, G. 2012. Gestion technico-économique des éleveurs de lapin de chair - RENACEB (Réseau National Cunicole d'Élevage en Bandes) et RENALAP (Réseau National Lapin) - *résultats 2012. ITAVI (Institut Technique de l'Aviculture).*
- Cubero JL (2011). The faba bean: a historic perspective. *Grain legumes. No . 56: 5-7.*
- Cubero J.I., Moreno M.T. 1983. Las leguminosas grano en la agricultura moderna Mundi-Prensa, 2004 - 318 pages.
- Crépon, K. ; Marget P. ; Peyronnet, C. ; Carrouée, B. ; Arese, P. ; Duc, G., 2010. Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food . *Field Crops Res., 115 (3): 329-339*

D

Davidson J., Spreadbury D., 1975. Nutrition of the New-Zealand White rabbit. *Prod. Nutr. Soc.*, 34, 75-83.

De Blas J C., 2012. Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. *Animal. First View Article* : pp1-10.

De Blas J.C., Mateos G.G., 1998. Feed formulation. In: *The Nutrition of the Rabbit*. Ed. J.C. De Blas and J. Wiseman. CABI Publishing, pp 241-254.

De Blas J 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., Taboada, E., Nicodemus, N., Campos, R., Piquer, J. and Mendez J. 1998. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Animal Feed Science Technology* 70, 151–160.

De Blas C., Garcia J., Carabano R., 1999. Role of fibre in rabbit diets. *A review. Ann. Zootech.* 48, 3-33.

Djebali., N., 2008 .Etude des mécanismes de résistance de la plante modèle *Medicago truncatula* vis-à-vis de deux agents pathogènes majeurs des légumineuses cultivées : *Phoma medicaginis* et *Aphanomyces euteiches* .Thèse .,Doc.,Toulouse..209 pp.

Donneley T. M., 2004. Basic anatomy Physiology and husbandry. In : *Ferrets, rabbits and rodents : Clinical Medicine and Surgery*. 2nd ed. St Louis : Saunders, 136-146.

Du Chalard A.,1981. Appareil digestif du lapin. In : *Abrégé d'anatomie : l'appareil digestif des animaux domestiques, 6ème édition, Rennes : Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, 1981, 65-69.*

E

EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.

El Maghraby M. A., 2011. Effect of restricted access to drinking water on growth, feed efficiency and carcass characteristics of fattening rabbits. *Asian Journal of Animal Sciences* 5: 136-144.

F

Fernandez-Carmona J., Blas E., Pascual J.J., Maertens L.,Gidenne T., Xiccato G., Garcia J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228.

FEDNA. 1997. Normas FEDNA para la formulacion de piensos compuestos. De Blas C., Mateos G.G., Rebollar P.G. eds. *FEDNA, Elanco.*

FEDNA. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2nd eds.) De Blas C., Mateos G.G., Rebollar P.G. (eds.). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 43p.*

FEDNA. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3rd eds.) De Blas C., Mateos G.G., García-Rebollar P. (eds.). *Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España.*

Feedipedia - Animal Feed Ressources Système d'information - INRA Cirad AFZ et de la FAO 2012-2015 ©.

Feedipedia, 2013. An on-line encyclopedia on animal feeds. URL: <http://www.feedipedia.org>

Feillet P., 2000-Le grain de blé : composition et utilisation. INRA Editions, pp308.

Fortun-Lamothe L., Gidenne T., 2003. Besoins nutritionnels du lapereau et stratégie d'alimentation autour du sevrage. *INRA. Prod. Anim., 16, 39-47.*

Franck Y., Lebas F., Lesecq P., Bougon M., Leuillet M., 1978. Utilisation du pois protéagineux chez le lapin. 2^{ème} JRC. *Communication N°9.*

G

Galloin F., 1995. Particularités physiologiques et comportementales du lapin. In : *BRUGEREPICOUX. Pathologie du lapin et des rongeurs domestiques, 2^{ème} édition, Paris : Editions ENVA, Chaire de pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour, 13-20.*

Gaman E., Fisher H. 1970. The essentiality of arginine, lysine and methionine of the growing rabbit. *Nut. Repts. Inter., 1, 59-64.*

Gatel F. 1994. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: *a literature review.* *Anim. Feed Sci. Technol., 45:317-348. doi:10.1016/0377-8401(94) 90036-1.*

García A.I., De Blas J.C., Carabano R. 2004. Effect of type of diet (casein-based or protein-free) and caecotrophy on ileal endogenous nitrogen and amino acid flow in rabbits. *Anim. Sci., 79, 231-240.*

Gidenne T. 1992. Effect of fibre level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbit. *Brit J Nutr, 67, 133-146.*

Gidenne T. 1996. Conséquences digestives de l'ingestion de fibres et d'amidon chez le lapin en croissance : vers une meilleure définition des besoins. *INRA Prod. Anim., 1996, 9 (4), 243-254.*

Gidenne T., 2000. Recent advances in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements. *A review. World Rabbit Science 8 : 23-32.*

Gidenne T. 2006. Fibres, amidon et état de santé pour le jeune après le sevrage Alimentation et santé digestive du lapin. 1^{er} Juin 2006.

- Gidenne T., 2013. Ingestion restreinte et concentration énergétique de l'aliment : impact sur la santé, les performances et le rendement à l'abattage du lapin. *15èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France, p 47-50.*
- Gidenne, T. 2015a. Performances de croissance et santé des lapins lors d'une restriction alimentaire post sevrage par substitution de l'amidon par des fibres digestibles, dans un aliment énergétique. *16ème J. Rech. Cunicoles, Le Mans*
- Gidenne T., 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal 9, 227-242.*
- Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol., 77, 680-689.*
- Gidenne T., Lebas F., 2005. Le comportement alimentaire du lapin. In : 11èmes Journées de la Recherche Cunicole. *Paris, 29-30 novembre 2005, Paris : ITAVI Ed., 183-196.*
- Gidenne T., Perez J.M., 1993a. Effect of dietary starch origin on digestion in the rabbit. 1. Digestibility measurements from weaning to slaughter. *Anim. Feed Sci. Technol., 42, 237-247.*
- Gidenne T, Arveux P, Madec O., 2001. The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performances and health of the growing rabbit. *Anim. Sci., 73, 97-104.*
- Gidenne, T., Bannelier, C., Combes, S., Fortun-Lamothe, L. 2009a. Interaction between the energetic feed concentration and the restriction strategy - impact on feeding behaviour, growth and health of the rabbit. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole. p 63-66. ITAVI, Le Mans, France.*
- Gidenne T., Carabaño R., García J., De Blas C. 2010a. Fiber Digestion. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit. CABI, pp. 179-199.*
- Gidenne, T., Combes, S., Feugier, A., Jehl, N., Arveux, P., Boisot, P., Briens, C., Corrent, E., Fortun, H., Montessuy, S., Verdelhan, S. 2009c. Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics. *Animal 3: 509-515.*
- Gidenne, T., Combes, S., Briens, C., Duperry, J., Mevel, L., Rebours, G., Salaun, J. M., Weissman, D., Combe, Y., Travel, A. 2012b. Intake limitation strategy and dietary protein concentration: effect on rabbit growth performance and health, from a large-scale study in a french network of experimental units (GEC). *10th World Rabbit Congress, Sharm El Sheik, Egypt. p 597-601.*
- Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L., 2012. Feed intake limitation strategy of the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal, 6 : 9, 1407-1419.*
- Gidenne T., Fortun-Lamothe L., Combes S., 2012a. Restreindre l'ingestion du jeune lapin : de nouvelles stratégies pour renforcer sa santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. *INRA Prod Anim 25(4) 323-336.*
- Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2011. Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity. *FEMS Microbiol. Ecol., 77, 680-689.*

- Gidenne T., Garcia J., Lebas F., Licois D., 2010b. Nutrition and feeding strategy: interactions with pathology, *In: De Blas C. Wiseman J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, pp. 179-199.*
- Gidenne T., Jehl N., Lapanouse A., Segura M. 2004a. Inter-relationship of microbial activity, digestion and gut health in the rabbit: effect of substituting fibre by starch in diets having a high proportion of rapidly fermentable polysaccharides. *Brit J Nutr, 92, 95-104.*
- Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchies P., Duperray J., Davoust C., Fortun-Lamothe L., 2015. Nutrition et alimentation. *In : Le lapin. De la biologie à l'élevage. Gidenne T. (coord.), Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire », 137-182.*
- Gidenne T., Mirabito L., Jehl N., Perez J.M., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Duperray J., Corrent E., 2004b. Impact of replacing starch by digestible fibre, at two levels of lignocellulose, on digestion, growth and digestive health of the rabbit. *Anim. Sci., 78, 389-398.*
- Gidenne T., Murr S., Travel A., Corrent E., Foubert C., Bebin K., Mevel L., Rebours G., Renouf B., 2009b. Effets du niveau de rationnement et du mode de distribution de l'aliment sur les performances et les troubles digestifs post-sevrages du lapereau. Premiers résultats d'une étude concertée du réseau GEC *Cuniculture Magazine No. 36. P 65-72.*
- Gidenne T., Pinheiro V., Falcao E., Cunha L. 2000. A comprehensive approach of the rabbit digestion: consequences of a reduction in dietary fibre supply. *Livest. Prod. Sci., 64, 225-237.*
- Gimeno-Gilles C. 2009. Étude cellulaire et moléculaire de la germination chez *Medicago truncatula*. Thèse de doctorat en Biologie moléculaire et cellulaire végétale.
- Giove R.M. et Abis S., 2007. Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. *Les notes d'analyse du CIHEAM 23: 1-21.*
- Godon B., Masson D.R., Vermeersch G. 1996. Protéines végétales, 2^{ème} édition. 585-591.
- Gomez-Conde M.S., Chamorro S., Nicodemus N., Garcia J., Carabano R., De Blas C. 2004. Effect of the level of soluble fibre on ileal apparent digestibility at different ages. *Proc 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, 862-863.*
- Gomez-Conde M.S., Perez De Rozas A.M, Badiola I, Chamorro S., Mateos, G. G., De Blas, J. C., Garcia J., Carabano, R. 2006. Level of soluble fiber and medication influence the presence of intestinal pathogen microbiota in young rabbits. *J. Anim. Sci., 84, 343-343 Suppl. 1.*
- Gomez-Conde M.S., De Rozas A.P., Badiola I., Perez-Alba L., De Blas C., Carabano R., Garcia J. 2009. Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits. *Livest Sci, 125, 192-198.*
- Gomez-Conde M.S., Garcia J., Chamorro S., Eiras P., Rebollar P.G., Perez De Rozas A, Badiola I., De Blas C., Carabano R. 2007. Neutral detergent-soluble fiber improves gut barrier function in 25 d old weaned rabbits. *J. Anim. Sci. Published Online First on August 20, 2007 as doi:10.2527/jas.2006-777.*
- Goyoaga C., Burbano C., Cuadrado C., Romero R., Guillamo N E., Varela A., Pedrosa M.M., Muzquiz M. 2011. Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and analysis 24, 391-397.*

Gutiérrez I., Espinosa A., Garcia J., Carabano R., De Blas J.C. 2003. Effect of protein source on digestion and growth performance of early-weaned rabbits. *Anim.Res.*, 52, 461-471.

III

Haciseferogullari, H., Geaer, I., Bahtiyarca, Y. and Menges, H.O. (2003). Determination of some chemical and physical properties of Sakiz faba bean (*Vicia faba* L. Var major). *J. Food Eng.*, 60: 476- 479

Hoover, W.H. and Heitmann, R.N. (1975) Cecal nitrogen metabolism and amino acid absorption in the rabbit. *Journal of Nutrition* 105, 245–252.

Hopkins W.G. 2003. *Physiologie végétale*. Front Cover · De Boeck Supérieur, Jun 17, 2003 - Science - 532 pages.

Huisman J., 1989. In: Cunha Luisa F., Freire J.P.B., 1993. Cunha, LF.; Freire, J. (1993). Effet de la substitution totale ou partielle du tourteau de soja par VICIA BENGHALENSIS sur la digestibilité, la caecotrophie et le bilan azote chez le lapin adulte. *World Rabbit Science*. 01(1).

Huisman J., Jansman A. J. M., 1991. Dietary effects and some analytical aspects of antinutritional factors in pea (*Pisum sativum*), common beans (*Phaseolus vulgaris*) and soybeans (*Glycine max* L.) in monogastric farm animals. A literature review. *Nutrition abstracts and reviews (series B)*, 61, 901- 921.

II

INRA 1984. *L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volaille*. INRA ed.

INRA 1989. *L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volaille*. (2nd edition) INRA ed.

INRA 2004. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons*. 2^{ème} Edition revue et corrigée. INRA Editions, Paris, France.

International Standardization Organization. 1998. *Animal feeding stuffs animal products, and faeces or urine – Determination of gross calorific value. Bomb calorimeter method*. Norme internationale ISO 9831.

International Standardization Organization. 1999. *Animal feeding stuffs Determination of moisture and other volatile matter content*. Norme internationale ISO 6496.

International Standardization Organization. 2002. *Animal feeding stuffs. Determination of crude ash*. Norme internationale ISO5984.

International Standardization Organization. 2006. *Animal feeding stuffs Determination of amylase-treated neutral detergent fibre content (aNDF)*. Norme internationale ISO 16472.

International Standardization Organization. 2008. *Animal feeding stuffs Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents*. Norme internationale ISO 13906.

International Standardization Organization. 2009. Food products. Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content. Part 2: Cereals, pulses and milled cereal products. Norme internationale ISO 16634-2.

J

Jacques B., 2010. Le soja. *www.Sante-vivante.fr*.

Jensen ES, Peoples MB, Hauggaard-Nielsen H. 2010. Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research*. 115: 203-216.

Jezierny D., Mosenthin R., Bauer E. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 157: 111-128. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2010.03.001

K

Kabalan R., 1998. Consommation en eau et productivité d'une culture de soja à la Bekaa . *Mémoire DEA, Institut de recherche Agronomique IRAL, TEL-AMARA*.

Kadi SA, Ouendi M, Slimani M, Selmani K, Bannelier C , Berchiche M and Gidenne T 2012 Nutritive value of common reed (*Phragmites australis*) leaves for rabbits. 10th World Rabbit Congress - September 3-6, 2012 - Sharm El-Sheikh, Egypt, 513-517. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2012-Egypt/Papers/03-Nutri>

Kadi S A, Mouhous A, Djellal F and Gidenne T 2017a Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9(1), 13-22.

Kara K., 2016. Effect of dietary and condensed tannins concentration from various • brous feedstuffs on in vitro gas production kinetics with rabbit faecal inoculum. *J. Anim. Feed Sci.* 25, 266–272,

Knudsen C., Combes S., Briens C., Duperray J., Rebours G., Salaun J.-M., Travel A., Weissman D., Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Coutelet, G., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J. M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T. 2014. Increasing the digestible energy intake under a restriction strategy improves the feed conversion ratio of the growing rabbit without negatively impacting the health status. *LivestSci* 169: 96-105.

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.-M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T. 2013. Ingestion restreinte et concentration énergétique de l'aliment: Impact sur la santé, les performances et le rendement à l'abattage du lapin. 15ème J. Rech. Cunicoles, Le Mans. p 47-50.

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.-M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T., 2015. Performances de croissance et santé des lapins lors d'une restriction alimentaire post sevrage par substitution de l'amidon par des fibres digestibles, dans un aliment énergétique. 16èmes Journées de la Recherche Cunicole, 24 et 25 novembre 2015, Le Mans, France.

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.-M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T., 2015a. La limitation post-sevrage de l'ingestion, une pratique favorable à la santé et à l'efficacité alimentaire: des mécanismes physiologiques à l'impact économique. *16èmes Journées de la Recherche Cunicole, 24 et 25 novembre 2015, Le Mans, France*

Knudsen, C., Combes, S., Briens, C., Duperray, J., Rebours, G., Salaun, J.-M., Travel, A., Weissman, D., Gidenne, T., Oswald, I. P. 2015b. Quantitative feed Restriction rather than caloric restriction modulates the immune response of growing rabbits. *The Journal of nutrition* 145: 483-489.

L

Laamari M., Khelfa L., Coeur d'acier A. 2008. Resistance source to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in broad bean (*Vicia faba* L.) Algerian landrace collection. *African Journal of Biotechnology*. 7 (14): 2486-2490.

Lapierre O., 2002. Adaptation des stratégies d'approvisionnement des filières animales en matières premières riches en protéines. *OCL .volume9, NO 2, Mars-Juin 2002,86-91.Culture et élevage: quelles relations, quelles synergies? Oléagineux, Corps gras, Lipides, 11(4-5), 261-267.*

Larralde J, Martinez J.A 1991. Nutritional value of faba bean : effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. *Options Méditerranéennes. N°. 10: 111-117.*

Lebas F., 1979. Efficacité de la digestion chez la lapine adulte. Effet du niveau d'alimentation et d'âge de gestation. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., 19, 969-973.*

Lebas F. 1990. Stratégie alimentaire en élevage cunicole. *5èmes Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, Paris, INRA, communication N° 46, 1-17.*

Lebas F. 2000. Les besoins vitaminiques du Lapin. *Cuniculture* 27, 199-209.

Lebas F. 2004. Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proceedings.8th World Rabbit Congress. Invited paper.Puebla, Mexico.686-736.*

Lebas F., 2008. Physiologie digestive et alimentation du Lapin. *Enseignement Post Universitaire "Cuniculture : génétique - conduite d'élevage - pathologie" Yasmine Hammamet (Tunisie), 16-17 avril 2008, Dossier PowerPpoint 49 dias*

Lebas F. 2013. Estimation de la digestibilité des protéines et de la teneur en énergie digestible des matières premières pour le lapin, avec un système d'équations. *15èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France 27*

Lebas F., Colin M., 1973. Effet de l'addition d'urée à un régime pauvre en protéines chez le lapin en croissance. *Ann. Zootech. 22, 111-113.*

Lebas F., Duperray J. 2013. Utilisation des matières premières, des additifs et techniques d'alimentation. *Les apports lors du 10ème Congrès Mondial de Cuniculture .Journée Ombres & Lumières – Mardi 19 février 2013.31p*

Lebas F., Marionnet D., Henaff R. 1991. La production du lapin. AFC et technique et documentation. *Lavoisier éditeur (3ème édition), 206p.*

Lebas F., Renouf B. 2009. Matières premières et techniques d'alimentation 30 Utilisation des matières premières et techniques d'alimentation : *Les apports ASFC 5 février 2009 – Ombres & Lumières du 9th World Rabbit Congress - Vérone (Italie).*

Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G., 1984. Le lapin, élevage et pathologie. *FAO. Rome.*

Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G., 1996. Le lapin, élevage et pathologie. *2ème Edition corrigée. FAO. Rome.223p.*

Lebas F., Thébault R.G., Allain D., 1998. Nutritional Recommendations and Feeding Management of Angora Rabbits. in *The Nutrition of the Rabbit* De BLAS C. & WISEMAN J. Ed., CAB Internat. Publ., 297-308.

Ledin L. 1984a. Effect of restricted feeding and realimentation on growth, carcass composition and organ growth during the first seven days of realimentation in rabbit. *Acta. agric. scand., 34,54-66.*

Ledin L. 1984b. Effect of restricted feeding and realimentation on compensatory growth and organ growth in rabbit. *Ann. Zootech. 33, 33-50.*

Llorente A., Garcia A I., Villamide M.J., Chamorro S., Carabano R., 2007. Prédiction de la digestibilité iléale azotée par méthodes in vitro. *12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France.*

Lopez-Bellido F.J, Lopez-Bellido L, Lopez-Bellido R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba L.*). *Europ.J.Agronomy. 23: 359-378.*

Lounaouci G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. *9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008 – Verona – Italy, 723-727.*

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T .2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria . *World Rabbit Sci. 2014, 22: 137-146*

M

Maatougui M.E.H., 1996. Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. *Rev. Céréales. 29: 6-14.*

Maitre I., Amand G., Franchet A., Brouet R. 1990. Intérêt de l'association des protéagineux féverole/lupin dans l'alimentation des lapins de chair. 5ème Journées de Recherches Cunicoles. *Paris, Communication N°59.*

Martínez Vallespín, B., Martínez-Paredes, E., Ródenas Martínez, L., Moya, V.; Cervera Fras, MC., Pascual Amorós, JJ., Blas Ferrer, E. 2013. Partial replacement of starch with acid detergent fibre and/or neutral detergent soluble fibre at two protein levels: Effects on ileal apparent digestibility and caecal environment of growing rabbits. *Livestock Science. 154(1-3):123-130. doi:10.1016/j.livsci.2013.02.012.*

- Martínez-Vallespín, B., Martínez-Paredes, E., Ródenas, L., Cervera, C., Pascual, J.J., Blas, E., 2011a. Combined feeding of rabbit female and young: partial replacement of starch with acid detergent fibre or/and neutral detergent soluble fibre at two protein levels. *Livest. Sci.* 141, 155-165.
- Matics Z.S., Dalle Zotte A., Radnai I., Kovács M., Metzger S.Z., Szendrő Z.S., 2008. Effect of restricted feeding after weaning on the productive and carcass traits of growing rabbits. *9th World Rabbit Congr., Xiccato G., Trocino A., Lukefahr S.D. (Eds). 10-13 June, Verona, Italy, 741-745.*
- Maertens L. 2010. Feeding systems for Intensive Production. *In: De Blas C and Wiseman J 2010 (Eds.) Nutrition of the rabbit 2nd Edition, CAB International, Oxfordshire, 253-266.*
- Martens L., De Groote., 1987. Quelques caractéristiques spécifiques de l'alimentation des lapins. *Revue de l'agriculture n°5, 40p. 1185-1205.*
- Maertens L., Van Herck A. 2001. Digestibilité de quelques matières premières couramment utilisées dans l'alimentation du lapin. *In Proc.: 9èmes Journ. Rech. Cunicole Paris, 2001, 81-84*
- Maertens L., Janssen W.M.M., G. Steenland E., Wolfers D.F., Branje H.E.B., Jager F. 1990. Tables de composition de digestibilité et de valeur énergétique des matières premières pour lapin. *In : Proceeding of the 5^{ème} journée de la Recherche Cunicole, Vol. 2.*
- Maertens L., Perez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci.*, 10: 157-166.
- McVicar R., Panchuk D., Brenzil C., Hartley S., Pearse P., Vandenberg A. 2013. Faba bean. *Gov. Saskatchewan, Agriculture, Crops*
- Mc Ward G.W., Nicholson L.B. Poulton B.R., 1967. Arginine requirement of the growing rabbit. *J. Nutr.*, 92, 118-120.
- Meredith A., 2006. General biology and husbandry. *In: Meredith A, Flecknell P. Manual of Rabbit Medicine and Surgery. 2nd ed. Gloucester: British Small Animal Veterinary Association, 1-17.*
- Meyer C. 2018. Dictionnaire des Sciences Animales. Montpellier, France, Cirad.
- Michelland R.J., Combes S., Monteils V., Cauquil L., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2010a. Molecular analysis of the bacterial community in digestive tract of rabbit. *Anaerobe*, 16, 61-65.
- Michelland R.J., Combes S., Monteils V., Cauquil L., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2010b. Comparison of the archaeal community in the fermentative compartment and faeces of the cow and the rabbit. *Anaerobe*, 16, 396-401.
- Michelland R.J., Combes S., Monteils V., Cauquil L., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2011. Rapid adaptation of the bacterial community in the growing rabbit caecum after a change of dietary fibre supply. *Animal, in press.*
- Montessuy S., Reys S., Rebours G., Mascot N., 2009. Effet du niveau énergétique de l'aliment sur les performances zootechniques des lapins en engraissement et conséquences sur le coût alimentaire du kilogramme de croît. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre 2009, Le Mans, France, p 22-25.*

Muehlbauer F., Tullu A. 1997. *Vicia faba* L. Purdue Univ., Cent. New Crops Plants Prod., NewCrop Factsheet.

N

Nicodemus N., Perez-Alba I., Carabano R., De Blas C., Badiola I., Perez De Rozasa A., Garcia J., 2004. Effect of fibre and level of ground of fibre sources on digestion and ileal and caecal characterization of microbiota of early weaned rabbits. In: *Proc. of the 8th World Rabbit Congress*, C. Becerril and A. Pro (Eds.), 7-10 september, Puebla, Mexico, Colegio de Postgraduados for WRSA publ., pp 143.

NRC. 1977. Nutrient Requirements of Rabbits. 2nd revised ed. National Academy of Science, National Research Council, Washington, DC, USA ;

O

Obaton M., 1980- Activité nitrate réductase et nitrogénase en relation avec la photosynthèse et les facteurs de l'environnement. *Bulletin ASF* : 55-60.

O'Malley B., 2005. Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species. *Edinburgh : Elsevier Saunders*, 173-195.

Ouhayoun J., Cheriet S., Lapanouse A. 1983. Valorisation comparée d'aliments à niveaux protéiques différents par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevages traditionnels : étude des performances de croissance et de la composition du gain de poids, *Annale Zootechnie*, 32, 257-246.

Ouhayoun J. 1989. La composition corporelle du lapin, facteurs de variation. *INRA, Production Animale*, 2 (3), 215-226.

Ouhayoun, J. 1990. Abattage et qualité de la viande de lapin. 5. *Journées de la recherche cynicole*, Paris, FRA (1990-12-12 - 1990-12-13)

P

Papadomichelakis G., Mountzouris K.C., Paraskevakis N., Fegeros K., 2011. Caecum odd-numbered and branched-chain fatty acid composition in response to dietary changes in fattening rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95 : 707-716.

Parigi Bini R., Xiccato G., Cinetto M., 1990. Effect of dietary starch on the productivity, digestibility, body composition of growing rabbit. *Zootechnica e Nutrizione Animale.*, 16, 271-282.

Perez-Marin D., Fearn T., Guerrero J.E., Garrido-Varo A., 2012. Improving NIRS predictions of ingredient composition in compound feeding stuffs using Bayesian non-parametric calibrations. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 110, 108-112 ;

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., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. *European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits*. *World Rabbit Sci.*, 3: 41-43.

Perez J.M., Maertens L., Villamide M.J., De Blas C., 1998. Tables de composition et de valeur nutritive des aliments destinés au lapin : conclusions d'un groupe de travail européen. 7^{ème} Journ. Rech. Cunicole Fr., Lyon. Ed. INRA-ITAVI, 141-146.

Perez J.M., Gidenne T., Bouvarel I., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Lenaour J., Messenger B., Mirabito L., 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of the growing rabbit. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Ann. Zootech.*, 49, 369-377.

Perez JM. 2004. Valeurs nutritives pour lapins. In Sauvant D, Perez JM et Tran G 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2^{ème} édition revue et corrigée. INRA éditions Paris. 51-54.

Peron J-Y., 2006. Production légumière. 2^{ème} Ed. 613p.

Proto, V. 1976. Fisiologia della nutrizione del coniglio con particolare riguardo alla ciecotrofia. *Rivista di Conigliocoltura* 7, 15-33.

R

Ramos, M.A., Carabano, R., Boisen, S. 1992. An in vitro method for estimating digestibility in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.* 15: 938-946

Ramos, M., Carabano, R. 1996. Nutritive evaluation of rabbit diets by an in vitro method. *Proc. 6th World Rabbit Congress. Toulouse, France. Vol. 1. pp: 277-282.*

Romeo, C., Cuesta, S., Astillero, J. R., Nicodemus, N., De Blas, C. 2010. Effect of early feed restriction on performance and health status in growing rabbits slaughtered at 2kg live-weight. *World Rabbit Sci.* 18: 211-218.

Rex Newkirk, Ph. D. 2010. Soja. Guide de l'industrie de l'alimentation animale. 1^{er} édition 2010. Institut international du Canada pour le grain.

S

Salse A., 1983. Particularités digestives du lapin : conséquence sur sa nutrition. *Cuni-Science*, 1 : 28-45.

Seroux M., 1984. Utilisation des protéagineux par le lapin à l'engraissement : pois, lupin, fèverole. *3rd World Rabbit Congress., Rom, Avril 1984, Vol. 1, 376-383.*

Singh AK., Bhatt B.P., Upadhyaya A., Kumar S., Sundaram P.K., Singh BK., Chandra N Bharati R.C. 2012. Improvement of faba bean (*Vicia faba* L.) yield and quality through biotechnological approach: A review. *African Journal of Biotechnology.* 11(87): 15264-15271.

Sillero JC., Villegas-Fernandez AM., Thomas J., Rojas-Molina MM., Emeran AA., Fernandez-Aparicio M., Rubiales D. 2010. Faba bean breeding for disease resistance. *Field Crops Research.* 115: 297-307.

Spreadbury D., 1978. A study of the protein and amoniacid requirement of the growing New-Zeland rabbit with emphasis on lysine and sulfur-contraining amoniaccids. *Br. J. Nutr.*, 39, 601-613.

Szandro Z., Metzger S., Febel H., Hullar I., Maertens L., Bianchi M., Cavani C., Petracci M., Biro-Nemeth E., Radnai I., 2008. Effect of energy restriction in interaction with genotype on the performance of growing rabbits I: Productive traits. *Livest. Sci.* 118: 123-131.

T

Taboada, E., Méndez, J., Mateos, G.G. and de Blas, J.C.1994. The response of highly productive rabbits to dietary lysine content. *Livestock Production Science* 40, 329–337.

Taboada, E., Méndez, J. and Blas, C. 1996. The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth. *Reproduction, Nutrition and Development* 36, 191–203.

Tazolli M., Carraro L., Trocino A., Majolini D., Xiccato G., 2009. Replacing starch with digestible fiber in growing rabbit feeding. *Italian Journal Animal Science, Vol. 8 (Suppl. 3), 2009, p 148-150.*

Trocino A., Fragkiadakis M., Majolini D., Carabano R., Xiccato G., 2011. Effect of the increase of dietary strach and soluble fibre on digestive efficiency and growth performance of meat rabbits. *Animal Feed Science and Technology.* 165, 265-277.

Trocino A., GARCIA J., Carabano R., Xiccato G., 2013. Meta-Analysis on the role of soluble fibre in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 2013, 21: 1-15.

V

Villamide M.J., 1996. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 57: 211-223.

Villamide M.J., Carabano R., Maertens L., Pascual J., Gidenne T., Falcao-E-Cunha L., Xiccato G., 2009. Prediction of the nutritional value of European compound feeds for rabbits by chemical components and in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology.* 150, 283-294.

Villamide MJ., Llorent A., Garcia A.I., Carabano R., 2016. Nitrogen and amino acid ileal and faecal digestibility of rabbit feeds predicted by an in vitro method. *Animal Feed Science and Technology* 219 (2016) 210-215.

Villamide M.J., Maertens L., De Blas C., Perez J.M., 1998. Feed evaluation. In : De Blas C., Wiseman J., (Eds.), *Nutrition of the rabbit, CABI International, Wallingford Oxon (UK)*, 89-102.

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 Rabbit Sci.*, 9: 19-26.

Villamide MJ., Maertens L., de Blas, J.C. 2010b. Feed Evaluation. *In : De Blas C., Wiseman J., (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 151-162.*

Villamide MJ. 2 Nicodemus N., Fraga M.J., Carabano R., 2010a. Protein digestion. *In : De Blas C., Wiseman J., (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 39-55.*

Vioque J., Manuel A., Giron-Calle J. 2012. Nutritional and functional properties of Vicia faba protein isolates and related fractions. *Food Chemistry. 132: 67-72.*

W

Wang H-F., Zong X-X., Guan J-P., Yang T., Sun X-L, Ma Y., Redden R. 2012. Genetic diversity and relationship of global faba bean (*Vicia faba L.*) germplasm revealed by ISSR markers. *Theor Appl Genet. 124: 789-797.*

Wilson B.J., 1977. Assessing the nutritive value of leguminous crops by animal feeding experiments. *P.Q.L.C., Commission of the European Communities, Dijon, 183-197.*

Wu G. 1998. Intestinal mucosal amino acid catabolism. *J.Nutr., 128, 1249-1252.*

X

Xiccato G., Trocino A., Carazzolo A., Meurens M., Maertens L., Carabano R., 1999. Nutritive evaluation and ingredient prediction of compound feeds for rabbits by near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Anim. Feed Sci. Technol. 77, 201-212.*

Xiccato G., Trocino A., 2010. Energy and Protein metabolism and requirement. *In : De Blas C., Wisman J., (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 83-118.*

Xiccato G., Trocino A., Majolini D., Fragkiadakis M., Tazzoli M., 2011. Effect of decreasing dietary protein level and replacing starch with soluble fibre on digestive physiology and performance of growing rabbits. *Anim. 5, 1179-1187.*

Xiccato G., Trocino A., Sartoro A., Queaque P.I., 2002. Effect of dietary starch level and source on performance, a cecal fermentation and meat quality in growing rabbits. *Segundo Congreso de Cunicultura de las Americas, 19-22 Junio 2002.*

Y

Yahia Y., Guetat A., Elfalleh W., Ferchichi A., Yahia H., Loumerem M . 2012. Analysis of agromorphological diversity of southern Tunisia faba bean (*Vicia faba L.*) germplasm. *African Journal of Biotechnology. 11 (56): 11913-11924.*

Yoshida, T., Pleasants, J.R., Reddy, B.S. and Wostmann, B.S. 1968. Efficiency of digestion in germ free and conventional rabbits. *British Journal of Nutrition 22, 723–737.*

Yoshida, T., Pleasants, J.R., Reddy, B.S. and Wostmann, B.S. 1971. Amino acid composition of cecal contents and feces in germfree and conventional rabbits. *Journal of Nutrition 101, 1423–1430.*

Yoshida, T., Pleasants, J.R., Reddy, B.S. and Wostmann, B.S. 1972. The pH values and nitrogen fractionations of cecal contents and feces of germfree and conventional rabbits. *Japanese Journal of Zootechnical Science 43, 284–289.*

Z

Zaghouane O., 1991. The situation of faba bean (*Vicia faba* L) in Algeria options mediterraneennes. Present statut and future perspects of faba bean production, *ICARDA, Serie A n°10*, pp123-125.

Zaghouane O., Adjout N., Bouchata K., Bouhaouchine L., Branki N et Seran N., 2000. La réhabilitation et le développement des légumineuses alimentaires dans le cadre de plan national et du développement agricole. *Céréaliculture N°34*, pp61-67.

Partie expérimentale

Les travaux de notre thèse font partie du programme de recherches sur l'autonomie en alimentation cunicole par l'usage de sources alimentaires disponibles localement, thème développé par l'équipe de recherches sur la nutrition et production animales du laboratoire de biochimie analytique et biotechnologie (LABAB). Ces travaux de recherches-formation (CNEPRU, CMEP, PNR) sont orientés vers la substitution des sources alimentaires importées par des sources végétales et leur coproduits locaux.

Les objectifs de nos essais sont la détermination de la valeur nutritive de la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*), la valorisation de cette graine dans un aliment de lapin en croissance en substitution partielle ou totale du tourteau de soja d'importation. Par ailleurs, pour deux essais, les performances de croissance le rendement et les caractéristiques des carcasses à l'abattage ont été évalués.

Le choix de ce protéagineux se justifie par son appartenance à la même famille (fabacée) et même espèce (*Vicia faba L. major*) que la féverole (*Vicia faba L. minor*), dont des travaux similaires ont été concrétisés, notamment, en France (INRA de Toulouse) et en Algérie comme alternative au soja. La composition chimique de la féverole est connue et répertoriée sur la plupart des tables d'alimentation (CIHEAM, 1990 ; FEDNA, 2010; SIA, 2015 et Feedipedia, 2018). Les graines (*Vicia faba*), faibles en tannins souvent utilisées chez le lapin, sont riches en protéines (27,8-34,7% de MS) et en amidon (38,3- 48,4% de MS) (Heuzé *et al.*, 2018). Pour ce qui est de la valeur nutritive de la féverole chez le lapin, seules des estimations par équations sont publiées sur les tables de Maertens *et al.* (2002) et Perez (2004) pour l'énergie digestible et la digestibilité des protéines brutes, et non des valeurs précises obtenues *in vivo*. En revanche, la composition chimique et la valeur nutritionnelle de la fève (*Vicia faba L. major*) sont rares ne figurent sur aucune des tables consultées (La plupart du temps la fève est destinée à la consommation humaine).

Par ailleurs la fève (*Vicia faba major*) est disponible toute l'année dans le Nord et le Sud de l'Algérie, mais le surplus de production de cette légumineuse n'est pas valorisé faute d'usines de transformation et de moyens matériels de conservation. Le surplus est détérioré ou contaminé par le bruche après séchage de la graine, au lieu d'être récupéré pour les animaux. Les graines de la fève « V. faba : variété majeure » pourraient donc être incorporées dans la composition d'aliment du bétail, lorsqu'elles sont disponibles en grandes quantités.

En plus de son intérêt nutritionnel, elle présente aussi un intérêt agronomique certain puisqu'elle enrichie le sol en éléments fertilisants azotés, dont l'incidence est positive sur les performances

des cultures qui suivent, notamment les céréales, ce qui permet de réduire les coûts de production d'une part, et de réduire la pollution des nappes phréatiques par les nitrates d'engrais d'autre part.

Les lapins des trois expériences sont de population blanche (Zerrouki *et al.*, 2007) descendants de croisements aléatoires de la population locale, dont les parents hybrides hyplus, ont été importés de France et introduits en Algérie en 1987 par l'Office Régional de l'Agriculture. Ces lapins sont réputés par leur croissance plus au moins lente constituent une population moins performante que les parentaux et grands parentaux, puisqu'il n'y a pas eu de renouvellement à partir de lignées parentales sélectionnées depuis. Néanmoins, ces animaux s'adaptent bien aux conditions algériennes (température, aliment, techniques d'élevageetc.).

Les aliments utilisés dans les trois essais, ont été formulés à l'avance par le logiciel « wuffda » de formulation pour lapin en se basant sur la composition chimique et valeur nutritive des matières premières des tables EGRAN de Meertens et al. (2002) et les recommandations alimentaires de Lebas (2004). Les analyses des aliments et sources alimentaires utilisées ont été réalisées ultérieurement aux essais à l'INRA de Toulouse, faute de laboratoire fonctionnel et budget pour leur réalisation avant en Algérie.

La constitution des répétitions pour chaque expérience est aussi homogène que possible. La répartition des animaux dans chaque lot a tenu compte essentiellement du poids des animaux (même Age) et de leur appartenance à la même portée. Les lapins de même portée répartis régulièrement entre les différents régimes. Le sexe des lapins n'a pas été pris en considération. En effet jusqu'à l'Age de 12 semaines, le sexe ne semble pas affecter la performance zootechniques du lapin.

Des cages de digestibilité ont été aménagées pour mesurer la digestibilité in vivo des lapins et déterminer la valeur nutritive de la graine de fève sèche (mise au point d'un dispositif pour la récolte et séchage des crottes avant les pesées...), même dispositif pour le contrôle de la consommation d'aliment.

Nos essais sont consacrés à la valorisation de la graine de fève sèche, comme ce fut le cas des travaux sur la graine de féverole, avec comme objectif essentiel l'introduction de la graine de fève sèche dans l'aliment lapin comme source principale de protéines, en substitution de celles du tourteau de soja en conditions de production algériennes.

La partie expérimentale de la thèse comprend trois expériences :

1. La première est consacrée à l'étude de la valeur nutritive de la graine de fève, *vicia faba*.
2. La deuxième porte sur la substitution partielle du tourteau de soja par la graine de fève.
3. La troisième met en œuvre la substitution totale des protéines du tourteau de soja par la graine de fève.

Les conditions expérimentales (dispositif expérimental, analyse chimique et valeur nutritive des aliments, contrôles des performances) seront détaillées dans chaque expérience.

La valorisation de *Vicia faba L major* chez le lapin s'avère intéressante, vue les particularités digestives de celui-ci à digérer les fibres et tolérer la présence de facteurs antinutritionnels, donc l'incorporation de grandes quantités de cette légumineuse dans un aliment granulé lapin serait fort recommandé, contrairement aux volailles et aux autres monogastriques qui peuvent le tolérer qu'à très petites quantités.

Références bibliographiques

CIHEM 1990. Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. In : Tisserand J.-L. (ed.), *Alibés X. (ed.). Fourrages et sous-produits méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 1991. p. 23-25. (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 16). Fourrages et Sous-Produits Méditerranéens, 5-6 Jul 1990, Montpellier (France).*

FEDNA. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3rd eds.) De Blas C., Mateos G.G., Garcia-Rebollar P. (eds.). *Fundacion Espabola para el Desarrollo de la Nutricion Animal. Madrid, Espana.*

Feedipedia - Animal Feed Ressources Système d'information - INRA Cirad AFZ et de la FAO 2012-2015 ©.

Heuzé V., Tran G., Delagarde R., Lessire M., Lebas F. 2018. Fève (*Vicia faba*). Feedipedia, un programme de l'INRA, du CIRAD, de l'AFZ et de la FAO. <https://www.feedipedia.org/node/4926> Dernière mise à jour le 17 juillet 2018 à 11:23

Lebas F. 2004. Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proceedings. 8th World Rabbit Congress. Invited paper. Puebla, Mexico. 686-736.*

Maertens L., Perez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: *EGRAN tables 2002. World Rabbit Sci., 10: 157-166.*

Perez JM. 2004. Valeurs nutritives pour lapins. In Sauvant D, Perez JM et Tran G 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. *2ème édition revue et corrigée. INRA éditions Paris. 51-54.*

Zerrouki N., Hannachi-Rabia R., Saoudi A., Lebas F. Productivité des lapines d'une souche blanche de la région de Tizi-Ouzou en Algérie 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France.



Expérience 1:
Détermination de la valeur nutritive de la
graine de fève sèche
(*Vicia faba L. major*)

Valeur nutritive de la graine de fève sèche (*Vicia faba L major*)

Hannachi-Rabia R.* , Kadi S.A. * Bannelier C. §, Berchiche M.* Gidenne T. §

*Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université M Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie.

§INRA, GenPhyse, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, 31326 Castanet Tolosan, France

Article en préparation à proposer à WRS

Résumé :

Dans le but de déterminer la valeur nutritive de la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) pour le lapin en croissance, contenant en g/1000g de MB : 902 matière sèche, 873 de matière organique, 30 MM, 146 neutral detergent fiber (NDF), 90 acid detergent fiber (ADF), 20 acid detergent lignine(ADL),282 amidon MB, 245 protéines brutes(PB) et16,8MJ (4018 kcal)/kg d'énergie brute (EB). Trois groupes de 12 jeunes lapins de population, blanche (cages individuelles) ont été mis à l'essai, sevrés à 32 jours (poids moyen au sevrage : 750g±65) et nourris ad libitum. La digestibilité fécale des régimes a été mesurée entre 46 et 50 jours dans trois régimes contenant un taux d'incorporation croissant de grains de fèves sèches non décortiquées: 0% (témoin), 15% et 30% ont été utilisés en remplacement du régime de base. La valeur nutritive de la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) obtenue est de 11,87 MJ (2839kcal)/ Kg pour l'ED et de 200,3g/kg de protéines digestibles /kg MB qui correspond à une digestibilité importante des protéines égale à 83%.La fève semble équilibrée en nutriments et pourrait constituer une bonne source de protéines alternative au tourteau de soja d'importation dans l'alimentation du lapin en croissance.

Mots clés: graine de fève seche (*Vicia faba L major*), valeur nutritive, croissance du lapin, digestion.

Nutritive value of dry bean seed (*Vicia faba L Major*) for the growing rabbit

Hannachi-Rabia R.*, Kadi S.A.*, Bannelier C.§, Berchiche M.* Gidenne T. §

*Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université M Mammeri, Tizi-Ouzou, Algeria

§GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France

Abstract:

In order to determine the nutritional value of dry bean seed (*Vicia faba L. major*) for the growing rabbit, containing in g / 1000g of raw material: 902 dry matter, 873 organic matter (OM), 146 neutral detergent fiber (NDF), 90 acid detergent fiber (ADF), 20 acid lignin glyceride (ADL), 282 starch, 245 crude protein (PB) and 16, 8MJ (4018 kcal)/kg raw energy. Three groups of 12 young rabbits of Algerian white local population (single cages) were tested, weaned at 32 days (weight at weaning: 750g ± 65) and fed ad libitum. The fecal digestibility of the diets was measured between 46 and 50 days. Three diets containing a growing incorporation rate of unshelled dry bean seeds: 0% (control), 15 % and 30% were used instead of soybeans.

The nutritional value of the dried bean seed (*Vicia faba L. major*) obtained is 11.87 MJ (2839kcal) / kg for DE and 200.3g / kg of digestible protein / kg BM which corresponds to a significant protein digestibility equal to 83%. The bean appears balanced in nutrients and could be a good source of protein alternative to imported soybean meal in the diet of the growing rabbit.

Key Words: broad beans seeds (*Vicia faba L. major*), nutritive value, growing rabbit, digestibility.

INTRODUCTION

Soybean meal proteins are an excellent nutrient since they are well balanced in essential amino acids, making it an indispensable product for animal feed in factory farms (Cetiom, 2008). But soybean meal remains expensive in a context of regular increase of the world prices of the raw materials. The search for feed self-sufficiency is more relevant than ever in animal feed, in particular the search for local alternative sources of protein to soya of import. Thus, the pea (*Pisum sativum L.*) can be used in fattening rabbit diet and can totally replace soybean meal (Franck *et al.*, 1978). Similarly, according to Lebas and Duperray (2013), white lupine seeds can be used at 12% in the total replacement diet of rations (soybean and sunflower) in growing rabbits.

Two bean subspecies are commonly grown; *Vicia faba L. major* and *Vicia faba L. minor* (Muehlbauer *et al.*, 1997, McVicar *et al.*, 2013). *Vicia faba Minor* (field beans) produced smaller seeds (250-350 g / 1000 seeds) and is used for livestock feed. Faba bean (*Vicia faba L. Minor*) was the subject of several studies as alternative source of for protein of soya bean meal protein for rabbit (Colin and Lebas, 1976; Berchiche and Lebas, 1984; Berchiche and Lebas, 1994; Berchiche *et al.*, 1995a, b; Lounaouci *et al.*, 2014). These seeds are rich in protein (25-33 % DM) and starch (40-48 % DM). On the other hand, Berchiche (1985) indicates that its use by the rabbit requires complementation with plant cereal and alfalfa to decrease the deficiency in sulfur amino acids (methionine).

Vicia faba major commonly known as Broad bean, produces large seeds (650-850 g / 1000 seeds), mainly for human consumption, although the beans can be designed to feed livestock in case of overproduction (Goyoaga *et al.*, 2011). Broad bean is profusely produced throughout the year in certain regions of Algeria, but the excess production of green broad beans is not transformed for lack of processing plants and resources conservation materials. It is often discarded instead of being recovered for animals feeding. So seeds contaminated by weevils during the storage make them unconsumable for human but could be used for animals, such the rabbit. However, before to be used in rabbit feed formulation, it is first necessary to know the nutritive value of the Broad bean.

The purpose of our experiment was thus to determine the nutritive value for the growing rabbit of the broad bean (*Vicia faba L. major*) incorporated at increasing levels in pelleted feeds.

MATERIALS AND METHODS

Feeding, animals and experimental design

Whole dry broad beans (*Vicia faba L. major*) were bought in the market (area of Tizi-Ouzou, Algeria) and conveyed to the feed mill factory of rabbits feed (SARL Production Locale Bouzareah, Algiers). Dry broad beans were then ground up before mixing with other ingredients and pelleting.

The nutritive value of “*Vicia faba L. major*” was studied by measuring the faecal digestibility of 3 pelleted feeds corresponding to a control diet (F0) and to 2 diets with an increasing dry broad beans incorporation rate (Table 1). The diets containing broad beans were prepared by substituting the basal mixture (without minerals and premix) with 15 or 30% of *Vicia faba L. major* (F15 and F30). Mineral and premix were added to all diets at a fixed amount of 2%. The basal mixture was formulated to meet nutritional requirements of the growing rabbits (De Blas and Mateos, 2010). The pellet diameter was 4.0 mm and 2.5 cm length. Cages were 56×38×28 cm (length, width and height) in flat-deck disposition.

Table 1: Ingredients of the experimental diets (%).

Experimental diets	F0	F15	F30
Basal mixture ¹	98	83	68
Dry broad bean seeds (<i>Vicia faba L. major</i>)	0	15	30
Vitamin/mineral premix ²	2	2	2

¹ Basal mixture composition (%): Barley: 22; alfalfa: 31; soya bean meal: 15; wheat bran: 26; wheat straw: 6.

² Provided by Bouzaréa S.A (Sétif, Algeria). Mineral and vitamin composition (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, thiamin: 0.1, riboflavin: 0.45, calcium dpantothenate: 0.6, pyridoxine : 0.15, biotin: 0.0015, nicotinic acid: 2, choline chloride: 35, folic acid: 0.4, vitamin K 3: 0.2, dl- α -tocopheryl acetate: 1.35, biotin: 0.0015, folic acid: 0.04, cyanocobalamin: 0.0006, vitamin A: 850000 IU, vitamin D3: 170000 IU.

Animals were provided by a private unit of rabbit breeding (Farm temperature ranging from 10 to 18°C and humidity level between 70-90%) located in Tizi-Ouzou area, Algeria. Three groups of 12 rabbits of Algerian white local population, according to weaning (at 35 d old mean weight: 750± 66g) and litter origin, were assigned to the 3 pelleted diets. They were placed in individual metabolism cages till 50 d of age, their cages were equipped with a wire net under the floor to collect individually and totally the hard faeces during a 4d period. Faeces were stored daily in bags of freezing at -18°C until chemical analysis. They had free access to feed and water. After 11 days adaptation period, faeces were collected from 46 to 50d of age, according to the

standardized European procedure of the EGRAN group (European Group on Rabbit Nutrition; Perez *et al.*, 1995).

Chemical Analyses

The chemical analyses were conducted at INRA (UMR 1388 GenPhySE) of Toulouse (France) on feeds and “*Vicia faba L. major*” studied (broad bean) according to ISO methods and considering the recommendations proposed by the EGRAN group (EGRAN, 2001): dry matter (DM; ISO 6496:1999), crude ash (ISO 5984:2002), crude protein (CP; N×6.25, Dumas method, ISO 16634-2:2009), gross energy (ISO 9831:1998), as well as for neutral detergent fibre, acid detergent fibre and acid detergent lignin (NDF, ADF and ADL) according to the sequential method of Van Soest (ISO 16472:2006 and ISO 13906:2008).

Statistical Analysis

Data were analyzed as a completely randomized design with type of diet as the main source of variation by using the GLM procedure of SAS software (OnlineDoc®, SAS Inst., Cary,NC). Means comparisons were performed by Scheffe test. In addition, the effect of *Vicia faba L. major* incorporated was analysed with the REG procedure from SAS. The nutritive value of *Vicia faba major L* was calculated according to the regression method described by Villamide *et al.* (2001).

RESULTS AND DISCUSSION

Broad bean composition and experimental feeds

The chemical composition and nutritional value of the broad beans have not been much studied. According to Larralde and Martinez (1991), it contains 25 to 35% protein, while Feillet (2000) reported a protein content between 28 and 32%, 43% starch, 18% fibre, and 6.5% lysine.

According to databases (CIHEAM, 1990; FEDNA, 2010; SIA, 2015 and FEEDIPEDIA, 2015), only tables (Perez, 2004) and (Maertens *et al.*, 2002) provide information in part on the nutritive value of faba beans in rabbits (digestible energy and metabolizable energy and crude protein digestibility). In contrast the chemical composition and nutritional value of the Broad bean (*Vicia faba L. major*) is not mentioned in most of the tables.

Table 2.Chemical composition of experimental diets and of broad bean*(Vicia faba L. Major)* seeds¹

Chemical composition, g/kg, as raw basis	F0	F15	F30	broad bean "BB"
Dry matter	899	908	904	902
Crude ash	63	94	92	30
Crude protein	168	179	189	241
Neutral detergent fibre	281	268	262	146
Acid detergent fibre	142	142	133	90
Acid detergent lignin	39	37	34	20
Starch	186	178	176	282
Gross energy (MJ/kg)	16.57	16.26	15.87	16.80

¹Analytical value of a sample from the material included in the pelleted feeds (F15 and F30)

Incorporation of broad bean *Vicia faba L. major* (Table 2) led to a logical linear increase in the crude protein concentration of feeds, with approximately one point difference between the diets: 168, 179 and 189g / Kg for F0, F15 and F30 respectively (BB incorporated = 241g crude protein/ Kg) exceeding for F15 and F30 the recommendations of Xiccato and Trocino (2010) between 150 and 170 g / kg of crude protein (CP), especially considerably exceeding the recommendations of Carabao *et al.*, 2009, Blas and Mateo 2010, de Blas, 2012) closer to 140-150 g CP / kg gross.

On the other hand, a linear decrease in the gross energy (GE) content of the feed (GE of the broad bean = 16.8 MJ / kg) was observed with the progressive addition of the broad bean, with 16.57, 16.26 and 15.87 MJ/kg for the three feeds F0, F15 and F30 respectively.

In our feeds, the starch level was higher (180 g/kg) than recommended by Gidenne *et al.*(2010) which is about 15% in a standard feed for growing rabbits.

The level of fibre remained similar among the three feeds, with average values of NDF (270 g/kg) over the recommendations (220 g/kg, Gidenne *et al.*, 2015). However these feeds are low in ADF with only 138 g/kg, thus below recommendations that are 170 g/kg. These low fibre level would probably be at the origin of the moderate feed consumption.

Furthermore the risk of digestive disorders (diarrhea, bloating) are high in young rabbit. These risks are reduced by observing a minimum intake of fibre (Nicodemus *et al.*, 2004; Alvarez *et*

al., 2007, Gidenne, 2010 and 2015.). The composition of the three experimental feeds basal diet was formulated as consistent as possible with recommendations. But our study was not designed to obtain balanced diets, but was designed to measure the nutritive value of BB after increasing incorporation. In addition the fibre content of some fibrous materials (alfalfa and wheat bran) was lower than expected.

Feed intake and growth of rabbits

Four rabbits died from diarrhoea during the 1st and 2nd experimental weeks (1/12 in F15 and F30, and 2/12 in F0).

Table 3. Effect of broad bean seeds dietary inclusion level on feed intake and growth of rabbits.

	Experimental diets			SEM	P level
	F0	F15	F30		
No. ¹	10	11	11		-
Weight at 35d, g	748	756	748	15	1.00
Weight at 46d, g	1034	1023	1104	32	0.48
Weight at 50d, g	1156	1210	1314	41	0.33
Daily weight gain from 35 to 50d, g	26.8	32.2	37.8	2.5	0.28
Daily feed intake from 35 to 50d, g	109.8	101.3	113.5	3.7	0.37
Feed conversion (period 35-50d), g/g	4.32	3.79	4.71	0.6	0.81

¹No. number of rabbits at the end of experimental period, 35d: Age at weaning, 35 to 46d: Adaptation period to the diets, 46 to 50d: digestibility test period. SEM: standard error of the mean.

The intake and growth results (Table 3), mainly to verify that rabbit had a correct intake and growth during the digestibility measurements, d were similar between diets, averaging 108 g/d and 32.3 g/d respectively for intake and daily gain. These values were close to that of Lounaouci *et al.* (2014) obtained with feed containing 26% of bean and 15% soybean. The high digestible energy (DE) level found for our diets could be related to the moderate consumption of feed. However, the similar daily gain obtained among the three diets, suggested that feeds with BB were relatively well balanced. Our results were close to those found by Lounaouci *et al.* (2014) which were 33.4 vs 34 g/d for faba beans and soya feeds respectively.

Accordingly, the feed conversion were also similar among our three diets.

Nutritive value of Broad bean

The classical relationship was observed between the digestibility of dry matter, organic matter and that of energy (Table 4).

Table 4. Effect of broad bean seeds dietary inclusion level on faecal digestibility coefficients (%) and nutritive value of experimental diets in growing rabbits.

	Experimental diets			SEM ¹	P value
	F0	F15	F30		
Feed intake from 46-50d, g/d	83.5	86.6	92.0	3.7	0.64
<i>Digestibility coefficient (%)</i>					
Dry matter	72.1	75.1	75.9	0.83	0.18
Organic matter	72.5	74.9	75.5	0.84	0.34
Energy	71.2	73.7	74.3	0.88	0.35
Crude protein	80.7	83.0	82.4	0.75	0.44
Neutral detergent fibre	32.9	40.6	42.7	1.91	0.13
Acid detergent fibre	24.1	32.2	34.5	2.00	0.12
Hemicelluloses	41.9	47.4	53.9	1.84	0.06
Cellulose	21.8	32.9	36.1	2.00	0.03
<i>Dietary nutritive value</i>					
DP (g/kg raw basis)	136	149	156	1.30	0.68
DE (MJ/kg raw basis)	11.79	11.76	11.88	0.14	0.88

¹n=12 per treatment. SEM: standard error of the mean.

The increased incorporation of *Vicia faba L. major* led to an increase in protein digestibility (Table 4) with a high coefficient of determination of 0.97. By extrapolating to 100% the value obtained at 15 and 30% of incorporation rate, the digestibility of the proteins of broad bean was estimated at 83%, corresponding to a level of digestible protein of with 200g/kg. The standard deviation of our estimate in DP content was 11.7 g (about 5% variation). Maertens *et al.* (2002) reported similar values, with for a faba beans containing 257 kg of CP and 206 g DP/kg (i.e. 80% protein digestibility).

The energy digestibility coefficients did not differ significantly between the three diets, although a slight linear effect of the incorporation of BB appeared. Accordingly, the digestible energy concentration (DE), obtained by regression, was estimated to 11.83MJ DE/Kg (i.e. 2840 kcal DE/Kg). This was lower than the for white flower or coloured flower faba beans 13.05 and 12.83 MJ/kg respectively (Maertens *et al.*, 2002 and Perez, 2004).

CONCLUSION

Dry broad bean protein digestion by the growing rabbit was high, thus corresponding to a level of 200 g DP/kg. Containing 245g/1000g crude protein (dry matter). The digestible energy content of the broad bean was also high, reaching 11.83 MJ DE/kg. Whole dry Broad bean can thus be considered as an alternative to soybean meal for the growing rabbit. In perspectives,

further experiment are necessary to evaluate the effect of incorporating broad beans in balance diets for the growing rabbits, and to analyse on a high number of animals the growth performances and health status. The determination of the maximum incorporation rates for the Broad bean seed in balanced feed without any adverse effect on the performances should also be studied.

The authors thank for their technical collaboration to the realization of this test and M.Rahoui who made available the building, and the cages and rabbits. This study was partially conducted within the CMEP-TASSILI 13MDU883 project.

Références bibliographiques

- Alvarez J.; Marguenda, I.; García-Rebollar, P.; De Blas, C.; Corujo, A.; García-Ruiz, A. 2007. Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 2007, 15: 9 – 17.
- Berchiche M, 1985. Valorisation des protéines de la fève par le lapin en croissance. *Thèse de doctorat en biologie et physiologie animale, INP Toulouse, 150p.*
- Berchiche M., Lebas F. 1984. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de fève : Effet sur la croissance et les caractéristiques de la carcasse des lapins. *3ème Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, Avril 1984, Vol .1, 391-398.*
- Berchiche M., Lebas F. 1994. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de fève : effet sur la croissance, le rendement à l'abattage et la composition de la carcasse chez le lapin. *World Rabbit Science* 2(4), 135-140.
- Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995a. Utilization of field beans by growing rabbits. 1. Effects of supplementations aimed at improving the sulfur amino acid supply. *World Rabbit Science*, 3, 35-40.
- Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995b. Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations. *World Rabbit Science*, 3, 63-67.
- Cetiom. 2008. Centre Technique Inter Professionnel des oléagineux Métropolitains. Le soja : des atouts agronomiques et environnementaux incontestables. *Consulté le 30 septembre 2016*
- CIHEM 1990. Présentation des tables de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. In : Tisserand J.-L. (ed.), Alibés X. (ed.). *Fourrages et sous-produits méditerranéens. Zaragoza : CIHEAM, 1991. p. 23-25.*

- (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 16). Fourrages et Sous-Produits Méditerranéens, 5-6 Jul 1990, Montpellier (France).
- Colin M., Lebas F., 1976a. Emploi du tourteau de colza, de la féverole et du pois dans les aliments pour les lapins en croissance. Mémoire 1er Congrès International Cunicole, Dijon, Communication 24.
- 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 2012 Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. *Animal. First View Article: pp1-10*.
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.
- FEDNA. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3rd eds.) De Blas C., Mateos G.G., Garcia-Rebollar P. (eds.). *Fundacion Espabola para el Desarrollo de la Nutricion Animal. Madrid, Espana*.
- Feedipedia - Animal Feed Ressources Système d'information - INRA Cirad AFZ et de la FAO 2012-2015 ©.
- Feillet P., 2000-Le grain de blé : composition et utilisation., *INRA Editions, pp308*.
- Heuzé V. , Tran G. Delagarde R., Lessire M., , Lebas F. 2018. Fève (Vicia faba) . Feedipedia, un programme de l'INRA, du CIRAD, de l'AFZ et de la FAO. <https://www.feedipedia.org/node/4926> Dernière mise à jour le 17 juillet 2018 à 11:23
- Gidenne T, Lebas F, Savietto D, Dorchie P, Duperray J, Davoust C et Fortun-Lamothe L 2015 Nutrition et alimentation. In : *Le lapin. De la biologie à l'élevage*. Gidenne T. (coord.), *Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire »*, 137-182.
- Goyoaga C., Burbano C., Cuadrado C., Romero R., Guillermo N E., Varela A., Pedrosa M.M., Muzquiz M. 2011. Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of Vicia faba. *Journal of feed composition and analysis* 24, 391-397.
- International Standardization Organization. 1998. Animal feeding stuffs animal products, and faeces or urine – Determination of gross calorific value. Bomb calorimeter method. Norme internationale ISO 9831. Available at: <http://www.iso.org>
- International Standardization Organization. 1999. Animal feeding stuffs Determination of moisture and other volatile matter content. Norme internationale ISO 6496. Available at: <http://www.iso.org>.

- International Standardization Organization. 2002. Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. Norme internationale ISO 5984. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2006. Animal feeding stuffs Determination of amylase-treated neutral detergent fibre content (aNDF). Norme internationale ISO 16472. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2008. Animal feeding stuffs Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents. Norme internationale ISO 13906. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2009. Feed products. Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content. Part 2: Cereals, pulses and milled cereal products. Norme internationale ISO 16634-2. Available at: <http://www.iso.org>.
- Lebas F. 2004. Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. Proceedings. 8th World Rabbit Congress. Invited paper. Puebla, Mexico. 686-736.
- Lebas F., Duperray J. 2013. Utilisation des matières premières, des additifs et techniques d'alimentation. *10ème Congrès Mondial de Cuniculture .Journée Ombres & Lumières – Mardi 19 février 2013. 31p.*
- Larralde J, Martinez J.A 1991. Nutritional value of faba bean : effects on nutrient utilization, protein turnover and immunity. *Options Méditerranéennes. N° 10: 111-117.*
- Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T .2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in algeria .*World Rabbit Sci. 2014, 22: 137-146.*
- McVicar R, Panchuk D., Brenzil C., Hartley S., Pearse P., Vandenberg A. 2013. Faba bean. Gov. Saskatchewan, Agriculture, Crops
- Muehlbauer F., Tullu A. 1997. Vicia faba L. Purdue Univ., Cent. New Crops Plants Prod., NewCrop Factsheet
- Maertens L., Perez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci., 10: 157-166.*
- Nicodemus N., Perez-Alba I., Carabano R., De Blas C., Badiola I., Perez De Rozasa A., Garcia J., 2004. Effect of fibre and level of ground of fibre sources on digestion and ileal and caecal characterization of microbiota of early weaned rabbits. *In: Proc of the 8World*

RabbitCongress, C. Becerril and A. Pro (Eds.), 7-10 september, Puebla, Mexico, Colegiode Postgraduados for WRSA publ., pp 143.

- 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., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3: 41-43.
- Perez JM. 2004. Valeurs nutritives pour lapins. In Sauvant D, Perez JM et Tran G 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2ème édition revue et corrigée. INRA éditions Paris. 51-54.
- 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 Rabbit Sci.*

Expérience 2

La graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage.

La graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) en alimentation cunicole : effets sur les performances de croissance et d'abattage

R Hannachi-Rabia, S A Kadi, C Bannelier¹, M Berchiche et T Gidenne¹

Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques, Université M. Mammeri de Tizi-Ouzou UN1501, Algérie. hannachiraja@yahoo.fr

¹GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France

Article publié sous la référence :

Résumé

Le but de cet essai est d'étudier l'effet d'un remplacement total du tourteau de soja par des graines de fève (*Vicia faba major* L) dans l'alimentation du lapin en croissance. A partir de l'âge de 42 jours (sevrage) et durant 5 semaines, 68 lapereaux de population algérienne blanche élevés en cages collectives (4 lapins/cage) ont été répartis en deux lots : 34 lapereaux du lot témoin ont reçu *ad libitum* un aliment granulé équilibré à base de soja (15%), et 34 lapereaux du lot expérimental ont reçu un aliment à base de 15% de fèves en remplacement total du tourteau de soja. Les performances n'ont pas été influencées ($P>0,05$) par le type d'aliment. De 42 à 77 jours d'âge, la vitesse de croissance a été de 25,6 g par jour, la prise alimentaire 97 g par jour et l'indice de consommation de 3,75. Les rendements et paramètres de la carcasse n'ont pas été influencés par le type d'aliment.

L'incorporation de la graine de fève de l'aliment classique (luzerne 32%, orge 25%, son de blé 20%, tourteau de soja 15%, paille 6%, vitamines et minéraux 2%) n'a pas eu d'incidence sur la croissance et les performances à l'abattage des lapins. La fève s'avère une source protéique alternative au tourteau de soja dans un aliment équilibré pour le lapin en croissance. Le choix de cette option contribuerait à l'autonomie alimentaire en cuniculture algérienne et réduirait le coût de l'alimentation.

Mots clés : Algérie, lapin, nutrition, rendement carcasse

The dry seeds of broad bean(*Vicia faba L. major*) for fattening rabbits: effect on growth and slaughter performance

Abstract

The purpose of this trial was to study the possibility of a total replacement of the soya bean meal by the seeds of bean (*Vicia faba L. major*) in the feed of the fattening rabbit. From 42 days (weaning) old and for 5 weeks, 68 rabbits of white Algerian population were housed in collective cages (4 rabbits / cage) and were allotted in two groups: 34 rabbits of the control group received ad libitum a pelleted feed with soya bean meal (15 %), and 34 rabbits of the experimental group received a feed with 15 % of beans seeds as a total replacement of the soya meal. The performances were not significantly influenced by the type of feed. From 42 to 77 days of age, the growth was 25.6 g / day, the feed intake was 97 g / day and the feed conversion ratio was 3,75. Yield and carcass characteristics were not influenced by the type of feed. In conclusion, the substitution of soya meal by bean seeds in the classical feed (alfalfa 32%, barley 25%, wheat bran 20%, soybean meal 15%, straw 6%, vitamins and minerals 2%) did not influenced the performances of the growing rabbit. The seeds of broad bean is an alternative source of proteins to soya bean meal for the growing rabbit. Choosing this option would contribute to food self-sufficiency in Algerian rabbit breeding and would reduce the feed costs.

Keywords: Algeria, rabbit, nutrition, carcass yield.

Introduction

Les protéines du tourteau de soja sont d'une excellente valeur nutritionnelle et bien équilibrées en acides aminés indispensables ce qui en fait un produit incontournable pour l'alimentation des animaux en élevages intensifs (Cetiom 2008). Mais, le tourteau de soja reste coûteux dans un contexte d'augmentation régulière des cours des matières premières. La recherche de l'autonomie alimentaire est donc plus que jamais d'actualité en alimentation animale, et en particulier la recherche de sources de protéines alternatives au soja. Ainsi, le pois (*Pisum sativum* L) peut être utilisé dans l'alimentation des lapins à l'engraissement à des taux d'incorporation de 15 à 30% si les aliments sont convenablement équilibrés en acides aminés et il peut remplacer totalement le tourteau de soja (Franck *et al.*, 1978). De même, selon Lebas et Duperray (2013), les graines de lupin blanc peuvent être utilisées à raison de 12% dans l'alimentation des lapins en croissance en remplacement total des tourteaux de la ration (soja et tournesol).

Deux sous-espèces de fèves sont couramment cultivées (McVicar *et al.*, 2013, Muehlbauer *et al.*, 1997). *Vicia faba* var. *major* (fèves) produit de grosses graines (650-850 g / 1000 graines), principalement pour la consommation humaine, bien que les fèves puissent être destinées à nourrir le bétail en cas de surproduction (Goyoaga *et al.*, 2011). La fève (*Vicia faba major*) est produite toute l'année dans certaines régions de l'Algérie, mais le surplus de production de cette légumineuse n'est pas valorisé faute d'usines de transformation et de moyens matériels de conservation. Il est souvent jeté au lieu d'être récupéré pour les animaux. L'alternative de substitution du tourteau de soja par la fève dans l'aliment granulé pour le lapin en engraissement serait donc judicieuse à envisager.

D'autre part, *Vicia faba* var. *minor* (la féverole) produit des graines plus petites (250-350 g/1000 graines) est utilisée pour l'alimentation du bétail. La féverole a fait l'objet de plusieurs études comme source de protéines alternative au soja pour le lapin (Colin et Lebas 1976, Seroux 1984, Berchiche et Lebas 1984, Berchiche et Lebas 1994, Lounaouci *et al.*, 2014). Ces graines sont riches en protéines (25-33% MS) et en amidon (40-48% MS). Par contre, Berchiche et Lebas (1994) indiquent que son utilisation par le lapin nécessite une complémentation végétale à base de céréales et de luzerne pour atténuer la déficience en acides aminés soufrés (méthionine).

L'objectif de cet essai est d'étudier la possibilité de remplacement total du tourteau de soja par les graines de fève (*Vicia faba major* L) dans l'alimentation du lapin en engraissement.

Matériel et méthodes

Présentation du lieu de l'expérimentation

L'expérience a été réalisée dans un élevage privé situé au niveau de la Daïra de Makouda à 20 km au nord-ouest du chef-lieu de la Willaya de Tizi-Ouzou (Algérie). Celle-ci a débuté le 08/03/2015 et a pris fin le 13/04/2015 soit une durée de cinq semaines d'engraissement. La température à l'intérieur du clapier a varié de 22 à 25°C, l'humidité a été stable (59%) ; l'éclairage était assuré naturellement par des vasistas le long des parois latérales assurant aussi l'aération. Les cages étaient munies d'abreuvoirs automatiques et de trémies métalliques (4 postes) pour granulé avec des dimensions de 56 x 38 x 28 cm.

Aliments expérimentaux

Deux aliments granulés ont été utilisés au cours de cette expérimentation. Ils ont été formulés à l'aide du logiciel de formulation WUFFDA : un aliment témoin qui répond aux recommandations nutritionnelles courantes pour le lapin en croissance et contenant 15% de tourteau de soja, et un aliment expérimental avec 15% de fèves en remplacement total du tourteau de soja (Tableau 1). Les deux aliments ont été fabriqués dans la même usine d'aliment de bétail (SARL production locale de Bouzareah à Alger) et distribués *ad libitum* (Tableau 1).

Tableau 1. Composition centésimale des deux aliments expérimentaux

Matières premières\Aliments	Témoin	(Soja) Expérimental.
	%	(Fève) %
Luzerne	32	32
Orge	25	25
Son de blé	20	20
Tourteau de soja	15	-
Fève	-	15
Paille	6	6
Vitamines et minéraux	2	2

Les animaux et les mesures

Les 68 lapins utilisés lors de l'essai sont de population locale blanche. Les mesures sur les lapins ont été prises à partir de 42 jours d'âge (sevrage), avec un poids vif moyen de 1 140 g pour les deux lots répartis en deux lots de 34 lapins pour chaque aliment, ceux-ci ont été placés dans des cages collectives (4 lapins par cage) disposées en flat-deck jusqu'à l'âge de 77 jours. Les lapins ont été identifiés par portées, et leur répartition entre les 2 lots a été aussi homogène que possible, en tenant compte de l'origine de la portée et du poids des lapereaux. Le sexe des lapins n'a pas été pris en considération, car jusqu' à l'âge de 10, 15 et 20 semaines, selon que la croissance soit rapide, moyenne ou lente, le sexe n'a pas d'influence sur le gain de poids vif et la composition corporelle des lapins (Ouhayoun *et al.*, 1983). Les lapins ont été nourris *ad libitum* et l'eau était disponible *ad libitum* à travers des abreuvoirs automatiques de type pipettes.

Mesures effectuées

Durant les cinq semaines d'engraissement, un contrôle hebdomadaire du poids vif, de la prise alimentaire et un contrôle quotidien de la mortalité ont été effectués. Les paramètres suivants ont été enregistrés ou calculés : Le poids vif a été déterminé individuellement à l'aide d'une balance électronique ($30 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$) une fois par semaine, le même jour, en début de matinée. Les quantités d'aliment consommées ont été calculées par contrôle hebdomadaire des quantités distribuées et refusées par cage.

Composantes du rendement à l'abattage

A la fin de la période d'engraissement, 20 lapins ont été abattus (10 de chaque lot) sans mise à jeun préalable, en les choisissant dans la moyenne de chaque lot. Les principales composantes de la carcasse ont été relevées ou calculées selon les recommandations de Blasco et Ouhayoun (1996) : poids vif à l'abattage, poids de la peau, du tube digestif plein, de la carcasse chaude. Après 24 h passées en chambre froide, ont été mesurés : le poids de la carcasse froide du foie, des reins, du gras perirenal et du gras inter scapulaire.

Statistiques

L'ensemble des variables a été soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel R avec l'aliment comme seul facteur de variation. L'unité expérimentale était le lapin pour les paramètres de croissance (poids vifs et GMQ) et les paramètres d'abattage, et la cage pour la consommation.

Résultats et discussion

Il existe de grandes similitudes entre la fève (*Vicia faba L. major*) incorporée dans l'aliment expérimental et de la féverole (*Vicia faba L. minor*) comme le montre le tableau suivant.

Tableau 2 : Compositions chimiques et valeurs nutritives de la fève (*Vicia faba L. major*) comparée à différentes matières premières sources de protéines alternatives au tourteau de soja.

Composition chimique et valeur nutritive (g/kg de brut)	Fève (<i>Vicia faba L. major</i>) analysée	Tourteau de soja 46(Pérez 2004)	Féverole à fleurs blanches extrudées (Pérez 2004)	Féverole à fleurs colorées extrudées (Pérez, 2004)
Composition chimique (g/kg brut)				
Matière sèche	902	876	860	865
Cendres brutes	30	65	36	33
Protéines brutes	245	433	268	254
Energie brute (MJ /kg de brut)	16,8	17,1	16,1	16,2
NDF	146	124	137	139
ADF	90	74	91	92
ADL	20	4	7	8
Matière grasse	-	18	11	13
CCNA	579	375	559	579
Valeur nutritive				
Matière azotée digestible	130*			
Energie digestible (MJ/kg)	11,62*	13,71		

*Hannachi-Rabia (2016)

L'aliment témoin (soja) et l'aliment fève contiennent (Tableau 3) dans l'ordre 13,1 et 13,4 MJ/kg d'énergie digestible, ce qui dépasse les recommandations courantes qui se situent entre 9,8 et 10,2 MJ d'ED (Gidenne *et al.*, 2015).

La teneur calculée en protéines digestibles est de 150 et 110 g/kg respectivement pour l'aliment soja et l'aliment fève. Celle de l'aliment soja dépasse largement les recommandations de (Gidenne *et al.*, 2015), qui sont de 100 à 115 g pour le lapin en croissance. Par contre, l'aliment fève correspond aux instructions de (Carabano *et al.*, 2009) qui ont montré qu'un niveau de protéines autour de 14% n'altère pas les performances de croissance.

Les protéines de la féverole sont déficientes en acides aminés soufrés et fournissent seulement environ 53% des besoins (Lebas 2004). La supplémentation avec d'autres matières premières riches en acides aminés soufrés ou méthionine améliore les performances de croissance et le rendement de la carcasse.

Sur le plan des apports en fibres, la valeur NDF du régime à base de fève (248 g/kg) rejoint les instructions de (Gidenne *et al.*, 2015) ≥ 220 g/kg. Cet aliment fève contient 116 g/kg d'ADF, et est donc inférieur aux recommandations qui sont de 170 g/kg (Gidenne *et al.*, 2015). Il en est de même pour l'aliment témoin, qui contient seulement 126 g/kg d'ADF. D'autre part, la teneur en ADL (29 g/kg) est aussi en deçà des préconisations ≥ 50 g/kg (Gidenne *et al.*, 2015).

Ces faibles apports en fibres seraient probablement à l'origine des faibles consommations d'aliment et ont peut être freiné la croissance des lapins.

Tableau 3. Composition chimique et valeur nutritive des aliments expérimentaux (analyses LABO inra Toulouse)

	Aliment Témoin (soja)	Aliment Expérimental (fève)
Composition chimique (g/kg brut)		
Matière sèche	881	871
Cendres brutes	75	63
Protéines brutes	187	133
Energie brute (MJ/kg brut)	16,1	15,7
NDF	258	248
ADF	126	116
ADL	45	29
Hémicelluloses	132	131
Cellulose	83	87
Amidon	163	237
Valeur nutritive		
Energie digestible (MJ/kg de MB)*	13,1	13,4
Protéines digestibles (g/kg de MB) **	150	110

*calculé avec l'équation de Fernandez-Carmona et al (1996). $ED (MJ/kg \text{ de } MS) = 15,9 - 0,219 ADF (\% \text{ MS})$

** calculé avec l'équation de Villamide et al (2009). $PD (g/kg \text{ de } MS) = 6,73 + 0,769 CP (g/kg \text{ de } MS)$

Evolution de la croissance et de la consommation

Les poids vifs moyens obtenus à âges fixes (42, 56 et 77 jours) dans les deux lots (Tableau 4) ne sont pas différents statistiquement : 1 140 g, 1 450 g et 2 000 g.

L'évolution de la croissance des deux lots de lapins est similaire à celle décrite classiquement par (Ouhayoun *et al.*, 1983) et Blasco (1992), avec un point d'inflexion entre la 5^{ème} semaine et 8^{ème} semaine d'âge des lapins.

La vitesse de croissance ne diffère pas entre les deux lots. Les meilleurs gains de poids ont été réalisés entre 56 et 77 jours, avec une moyenne de 28,1 g/jour. Sur la période globale, la vitesse de croissance reste modérée (25,6 g/jour) par rapport aux valeurs de (Kadi *et al.*, 2011) sur la même population blanche (entre 30 et 37 g/jour). Dans les deux lots, l'énergie digestible élevée des aliments (13,25 MJ/kg) a induit une réduction de l'ingestion, ce qui peut aboutir à un apport insuffisant de nutriments.

Nos résultats sont aussi inférieurs à ceux rapportés par (Lounaouci *et al.*, 2014), qui rapportent une croissance de 30,8 g/jour avec un aliment à base de 26% de fève et de 30,4 g/jour avec un

aliment à base de 30% de pois. De même que Lebas (1981) qui rapporte une vitesse de croissance de 38 g/jour et (Berchiche *et al.*, 1995a et b) des valeurs de 42,8 et 38,9 g/jour avec un aliment à base de 26,5% et 26% de féverole entière respectivement.

Tableau 4. Effet du remplacement, dans un aliment granulé, de 15% de tourteau de soja par 15% de graines de fève sur la croissance et la consommation des lapins.

	Aliment Témoin (Soja)	Aliment Expérimental (Fève)	SEM	P-Value
Période 42-56 jours				
Poids vif à 42 j (g)	1 139	1 140	22	0,58
Poids vif à 56 j	1 450	1 447	24	0,98
Gain moyen quotidien g/j	23,8	22,2	0,9	0,37
Consommation alimentaire g/j	88	97	4	0,22
Indice de consommation	3,82	4,21	0,13	0,16
Période 56-77 jours				
Poids vif à 77 j (g)	2 022	2 004	38	0,90
Gain moyen quotidien g/j	26,9	29,3	1,1	0,29
Consommation alimentaire g/j	96	102	4	0,40
Indice de consommation par cage	3,58	3,53	0,17	0,89
Période globale 42-77 jours				
Gain moyen quotidien g/j	25,4	25,7	0,7	0,85
Consommation alimentaire g/j	93	101	3	0,19
Indice de consommation	3,72	3,79	0,1	0,75

La consommation d'aliment ne diffère pas entre les deux régimes, quelle que soit la période, et était en moyenne de 97 g/jour/lapin. Pour la période totale d'engraissement. Ces valeurs sont modestes, comparativement à des animaux de la population blanche (locale). Ainsi, les valeurs d'ingestion rapportée par Berchiche et Lebas (1984) atteignent 133 g/jour avec un aliment à base de 36% de féverole. Elles sont cependant proches de celles obtenues par (Lounaouci *et al.*, 2014) qui est de 97,8 g/jour avec un aliment à base de 26% de féverole.

La concentration calculée en énergie digestible de l'aliment témoin (13,2 MJ/kg) pourrait être à l'origine de la faible consommation des animaux. En effet, la concentration en ED semble supérieure aux normes recommandées par (Gidenne *et al.*, 2015) qui sont de 10,2 MJ chez le lapin en croissance. Ces auteurs relient directement le niveau d'ingestion à la concentration en

fibres de l'aliment, plutôt qu'à sa concentration en ED. Une augmentation de l'ED de l'aliment de 1 MJ/kg diminue la consommation de 12 g/jour et l'indice de consommation (IC) de 0,29 points (Xiccato et Trocino 2010). Cet effet est corroboré par Maertens (2010) qui la situe dans une fourchette de 0,15 et 0,20 points pour l'IC.

L'IC obtenu dans les deux régimes est plus élevé que celui rapporté par (Maitre *et al.*, 1990) qui est de 3,26 avec un taux d'incorporation de 10% de fèverole et que le résultat de (Lounaouci *et al.*, 2014) qui est de 3,17 avec un aliment à base de 26% de fèverole. Nos valeurs sont proches de celle rapportées par Lounaouci (2002) qui est de 3,72 pour aliment contenant 30% de fèverole.

Etat sanitaire

Nous avons enregistré la perte de 5 lapins par lot sur un total de 36 (15%). La mortalité observée pendant les premières semaines d'engraissement est à relier probablement au stress provoqué par les difficultés d'adaptation des lapereaux aux nouvelles conditions d'élevage inhérentes à leur sevrage (séparation de la mère, transfert de local, ...), plutôt qu'à un effet de l'aliment (Lebas *et al.*, 1991 ; De Blas 2013).

Rendement à l'abattage et caractéristiques de la carcasse

A l'abattage (Tableau 5), les lapins ont atteint un poids vif supérieur à de 2 kg : 2 150 g. Ce poids est proche voire légèrement supérieur à celui rapporté par Kadi (2012) qui a confirmé que le lapin de population blanche pèse 2 kg à l'âge de 77 jours. Ainsi, le poids à l'abattage pour les lapins des deux groupes est de 60% du poids adulte de 3 600 g trouvé par (Zerrouki *et al.*, 2008) ; alors que pour la même population de lapins et le même poids adulte, (Kadi *et al.*, 2004) ont signalé un taux de 68%. Ceci coïncide avec la valeur de 58% de celui rapportée par Hannachi-Rabia (2009) et qui est de 3 708 g obtenues sur cette même population blanche.

Les poids moyens de la peau ne diffèrent pas entre les régimes (442 g). La proportion de peau est faible (en moyenne 9,4%), égale pour les deux lots, par rapport aux valeurs standard de 14% rapportées par Ouhayoun (1989), ou à celle de Lounaouci (2002) qui est, à 12 semaines d'âge, de 10,5%. A l'abattage, le rendement en carcasse est plus important chez les lapins élevés en condition chaude, cela serait lié à une réduction du poids relatif de la peau (Lebas et Ouhayoun, 1987).

Tableau 5. Effet du remplacement de 15% de tourteau de soja par 15% de fèves dans un aliment granulé sur les performances d'abattage des lapins en engraissement.

	Lot (soja)	Lot (fèves)	SEM	P-Value
Nombre de lapins abattus (77 j d'âge)	10	10		
Données mesurées				
Poids vif à l'abattage (PVa, g)	2 137	2 160	30	0,7
Poids de la peau (g)	437	446	5	0,32
Poids du tube digestif plein (g)	197	207	13	0,74
Poids de carcasse chaude (CC, g)	1 407	1 432	25	0,63
Poids de carcasse froide (CF, g)	1 318	1 344	24	0,62
Données calculées				
Proportion de la peau / PVa (%)	9,2	9,6	0,2	0,19
Proportion TD / PVa (%)	20,5	20,6	0,6	0,92
Perte au ressuyage (g)	88,5	88,5	3,2	1
Ressuyage/CF (%)	6,7	6,6	0,4	0,81
Rendement CC/Pva (%)	65,8	66,4	0,9	0,75
Rendement CF/Pva (%)	61,6	62,3	0,8	0,72

Les régimes n'ont eu aucun effet sur le poids du tractus digestif plein (202 g en moyenne), ni sur la proportion du tractus digestif, par rapport au poids vif d'abattage (20,6% en moyenne). Ces résultats sont supérieurs à ceux de Lounaouci (2002) soit 18,4% et de (Kadi *et al.*, 2016) qui ont rapportés un taux de 16,4%.

En valeur absolue, les poids des carcasses est satisfaisant (1 420 g en CC et 1 330 g en CF), sans effet de l'aliment. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par (Lounaouci *et al.*, (2008) avec 1 322 g pour la CC et 1 283 g pour la CF. Les rendements en carcasses restent donc convenables, comparés à la valeur classique située entre 55 et 60% pour le lapin standard de format moyen (Ouhayoun 1989). L'amélioration du rendement à l'abattage résulterait de la diminution de la proportion du tractus digestif et de la peau ; c'est une conséquence positive de la prolongation de l'engraissement ; sachant que la croissance du tractus digestif devient moins rapide que celle du corps à partir de 650 g et celle de la peau à partir de 850 g (Ouhayoun 1990).

Conclusion

Globalement, l'incorporation de la graine de fève (*Vicia faba major*) à la place du tourteau de soja n'a pas affecté significativement la croissance des lapins, la consommation et les caractéristiques d'abattage. Dans les conditions pratiques, la fève peut donc être utilisée dans l'aliment destiné aux lapins à l'engraissement à un taux d'incorporation de 15%. Il reste à confirmer ces résultats encourageants sur un plus grand nombre d'animaux.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement L. Berkani et L. Tahir pour leur collaboration technique à la réalisation de cet essai ainsi que M. Rahoui qui a mis à leur disposition le bâtiment, les cages ainsi que les lapins. Cette étude est partiellement réalisée dans le cadre du projet CMEP-TASSILI 13MDU883.

Références bibliographiques

Berchiche M et Lebas F 1984 Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de fèverole : Effet sur la croissance et les caractéristiques de la carcasse des lapins. 3^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, avril 1984, Vol.1, 391-398. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1980-1989/1984-Berchiche-Lebas-WRC-methionine-feverole.pdf>

Berchiche M et Lebas F 1994 Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de fèverole : effet sur la croissance, le rendement à l'abattage et la composition de la carcasse chez le lapin. World Rabbit Science 2 (4), 135-140. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1990-1999/1994-Berchiche-Methionine-feverole.pdf>

Berchiche M, Lebas F and Ouhayoun J 1995a Utilization of field beans by growing rabbits. 1. Effects of supplementations aimed at improving the sulfur amino acid supply. World Rabbit Science, 3, 35-40. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1990-1999/1995-Berchiche-Methionine-feverole-soja-tournesol.pdf>

Berchiche M, Lebas F and Ouhayoun J 1995b Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations. World Rabbit Science, 3, 63-67. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1990-1999/1995-Berchiche-feverole-supplementation-autres-sources.pdf>

Blasco A 1992 Croissance, carcasse et viande du lapin. Séminaire sur les systèmes de production de viande du lapin. Valencia, 14 - 25 Septembre 1992. Polycopié de cours. 16 p.

Blasco A and Ouhayoun J 1996 Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. World Rabbit Science, 4: 93-99 polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/278/265

Carabaño R, Villamide MJ, García J, Nicodemus N, Llorente A, Chamorro S, Menoyo D, García-Rebollar P, García-Ruiz A I and de Blas JC 2009 New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. World Rabbit Science. 17,1-14. polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/664/651

Cetiom 2008 Centre Technique Inter Professionnel des oléagineux Métropolitains. Le soja : des atouts agronomiques et environnementaux incontestables. www.terresinovia.fr/soja/cultiver-du-soja/atouts-points-cles/atouts-agronomiques . Consulté le 30 septembre 2016

Colin M et Lebas F 1976 Emploi du tourteau de colza, de la fèverole et du pois dans l'alimentation du Lapin en croissance. 1er Congrès International Cunicole. Dijon, 31 mars-2 avril 1976, communication n° 24. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1968-1979/1976-Colin-Lebas-Colza%20pois%20feverole.pdf>

De Blas J C 2013 Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. Animal, 102.1-10.

Duperray J et Guyonvarch A 2013 Intérêt d'une mise à jeun quotidienne pour améliorer les performances des lapins à l'engraissement. 15èmes J. Rech. Cunicole, 19-20 nov 2013, Le Mans. p43-46. www.cuniculture.info/Docs/Magazine/Magazine2013/fichiers-pdf.../N09-Duperray.pdf

Fernandez Carmona J, Cervera C and Blas E 1996 Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 64 (1) : 61-75

Franck Y, Lebas F, Lesecq P, Bougon M et Leuillet M 1978 Utilisation du pois protéagineux chez le lapin. 2èmes JRC. Communication N°9. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1968-1979/1978-Franck--Utilisation%20pois%20proteagineux.pdf>

Gidenne T, Lebas F, Savietto D, Dorchie P, Duperray J, Davoust C et Fortun-Lamothe L 2015 Nutrition et alimentation. In : *Le lapin. De la biologie à l'élevage*. Gidenne T. (coord.), Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire », 137-182. <https://fr.scribd.com/doc/305927835/Livre-Lapin-Gidenne>

Goyoaga C, Burbano C, Cuadrado C, Romero R., Guillamo N E, Varela A, Pedrosa M M and Muzquiz M 2011 Content and distribution of protein, sugars and inositol phosphates during the germination and seeding growth of two cultivars of *Vicia faba*. *Journal of food composition and analysis* 24, 391-397. [ijsk.org/uploads/3/1/1/7/.../1_germination_of_mexican_beans.pdf](https://www.researchgate.net/publication/311171711_germination_of_mexican_beans.pdf)

Hannachi-Rabia R 2009 Etude de la croissance et des paramètres à l'abattage du lapin de l'élevage rationnel en Algérie. Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 106 p.

Hannachi-Rabia R 2016 Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Résultats non encore publiés

Hannachi- Rabia R., Kadi S. A., Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2017. La graine de fève sèche (*Vicia faba major* L) en alimentation cunicole : effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29, Article #050*. <http://www.lrrd.org/lrrd29/3/hann29050.html>

Kadi S A 2012 Alimentation du lapin de chair : valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 143p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01184579/document>

Kadi S A, Belaidi-Gater N and Chebat F 2004 Inclusion of crude olive cake in growing rabbits diet: effect on growth and slaughter yield. *8th World Rabbit Congress, Puebla city, Mexico*, 7-10 Sept. 2004. CDRom. PP.1202-1207. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2004-Puebla/Papers/FAO-Rabbit-Science-Dev-Countries/S-Kadi.pdf>

Kadi S A, Belaidi-Gater N, Djourdikh S, Aberkane N, Bannelier C and Gidenne T 2016 Feeding *Quercus ilex* acorns to fattening rabbits: effects on growth and carcass characteristics. *11th World Rabbit Congress – June 15-18, 2016- Qingdao, China*, 423-426.

Kadi S A, Guermah H, Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2011 Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159. <http://ojs.cc.upv.es/index.php/wrs/article/download/848/931>

Lebas F 1981 Valorisation par le lapin en croissance des différentes matières cultivables en France : Cuniculture, 8,290-292. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1980-1989/1981-Dehalle-Lebas-RND-Luzerne-AGV-Caecum.pdf>

Lebas F et Ouhayoun J 1987 Incidence du niveau protéique de l'aliment, du milieu d'élevage et de la saison sur la croissance et les qualités bouchères du lapin. *Ann. Zootech.*, 36, 421-432. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/1980-1989/1987-Lebas-JO-AZ-Niveau-proteique-milieu-saison.pdf>

Lebas F, Marionnet D et Henaff R 1991 La production du lapin. AFC et technique et documentation. Lavoisier éditeur (3ème édition), 206p.

Lebas F 2004 Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. Proceedings, 8th World Rabbit Congress. Invited paper. Puebla, Mexico. 686-736. <https://world-rabbit-science.com/...2004.../Papers/.../N0-Lebas.pdf>

Lebas F et Duperray J 2013 Utilisation des matières premières, des additifs et techniques d'alimentation. Les apports. 10ème Congrès Mondial de Cuniculture. Journée Ombres & Lumières – Mardi 19 février 2013. 31p <http://www.asfc-lapin.com/Docs/Activite/ombres&lumiere/2012-Sharm-El-Sheik/05-Matieres-Premieres.htm>

Lounaouci G 2002 Alimentation du lapin de chair dans les conditions de production Algériennes. Mémoire de magister en Sciences Agronomiques. Université de Blida, 129 p.

Lounaouci G, Lakabi-Ioualitene D, Berchiche M and Lebas F 2008 Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008 – Verona – Italy, 723-727. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2000-2009/2008-Lounaouci-Ouyed-field%20beans%20brewer%27s%20grains.pdf>

Lounaouci-Ouyed G, Berchiche M and Gidenne T 2014 Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria. World Rabbit Sci. 2014, 22: 137-146 <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/.../1487-8877-1-PB.pdf>

Maertens L 2010 Feeding systems for Intensive Production. In: De Blas C and Wiseman J 2010 (Eds.) Nutrition of the rabbit 2nd Edition, CAB International, Oxfordshire, 253-266.

Maitre I, Amand G, Franchet A et Brouet R 1990 Intérêt de l'association des protéagineux févrole/lupin dans l'alimentation des lapins de chair. 5^{ème} Journées de Recherches Cunicoles. Paris, Communication N°59.1-9.

McVicar R, Panchuk D, Brenzil C, Hartley S, Pearse P and Vandenberg A 2013 Faba bean. Gov. Saskatchewan, Agriculture, Crops www.feedipedia.org/node/19232

Muehlbauer F and Tullu A 1997 *Vicia faba* L. Purdue Univ., Cent. New Crops Plants Prod., New Crop Factsheet <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/cropfactsheets/pea.html>

Ouhayoun J, Cheriet S et Lapanouse A 1983 Valorisation comparée d'aliments à niveaux protéiques différents par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevages traditionnels : étude des performances de croissance et de la composition du gain de poids. *Annales Zootechnie*, 32, 257-246. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00888213/document>

Ouhayoun J 1989 La composition corporelle du lapin, facteurs de variation. *INRA, Production Animale*, 2 (3), 215-226. http://granit.jouy.inra.fr/productions-animales/1989/Prod_Anim_1989_2_3_06.pdf

Ouhayoun J 1990 Abattage et qualité de la viande de lapin. 5^{èmes} Journées de la recherche cunicole en France, Vol. II., Comm. 40.

Perez JM 2004 Valeurs nutritives pour lapins. In Sauvant D, Perez JM et Tran G 2004 Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2^{ème} édition revue et corrigée. INRA éditions Paris. 51-54. <http://www.zootechnie.fr/fr/ouvrages-et-logiciels/tables-inra-afz>

Seroux M 1984 The use of protein plants for fattening rabbits, peas, lupin grains, field beans. 3rd World Rabbit Congress, Rome 1: 376-383

Villamide M J, Carabano R, Maertens L, Pascual J, Gidenne T, Falcao E, Cunha L and Xiccato G 2009 Prediction of the nutritional value of European compound feeds for rabbits by chemical components and *in vitro* analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 150 (3): 283-294 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840108003416>

Xiccato G and Trocino A 2010 Energy and protein metabolism and requirements. In: De Blas C., Wiseman J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 83-118.

Zerrouki N, Lebas F, Davoust C and Corrent E 2008 Effect of mineral blocks addition on fattening rabbit performance. 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008 – Verona – Italy, 853 - 857. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2000-2009/2008-Zerrouki-et-al-WRC-Bloc-mineraux-Algerie.pdf>

Received

23 September 2016

Accepted

28 January 2017

Published

1 March 2017

Expérience 3

**Substitution totale du tourteau de soja par la graine de fève sèche
(*Vicia faba L. major*) en alimentation du lapin en croissance :**

**Effet sur la croissance, le rendement à l'abattage et
caractéristiques de la carcasse.**

Total substitution of soybean meal with dry bean seed (*vicia faba L. major*) for growing rabbit feed: effect on growth, slaughter yield and characteristics of the carcass.

Article in preparation

Keywords: Algeria, rabbit, nutrition, carcass yield

Abstract

The objective of this work is to study the incorporation of 27% of the board bean (*Vicia faba major*) as a source of alternative protein to 15% of soybean meal in growing rabbits feeding and its effect on growth performance, consumption and performance for slaughter.

Sixty local rabbit population, divided into two homogeneous groups, were fed 35 to 74j of age, in individual cages. Two iso-protein foods and iso-energy were produced: a witness balanced diet with 15% soybean meal and an experimental diet containing 27% bean as a substitute for soy protein. The experimental diets are composed: of (2312.65; 2240.9 kcal / kg) and digestible energy (17.25; 16.97%) PB, NDF rate (32, 01; 31, 47%); ADF (18, 30; 18, 81%) respectively for the food and soy bean. In each batch and throughout the experiment, weekly weighed rabbits were performed, the amount of food consumed is denied, or IC, and the mortality rates were calculated, and the slaughter performance monitored.

The results obtained showed that rabbits fed the growth rate was similar in both groups averaged 34,12g /d. The consumption index obtained in the two lots and soy bean is significant average of 2, 75: live weight at slaughter has averaged 2060g; Food consumption averages of the two foods are: 91,92g / d; with a yield of cold carcass averaged 1155g.

The bean is therefore an interesting substitute to soybean meal; the conclusive results obtained in our testing, and contribute to food self-sufficiency in Algerian rabbit breeding and reduce the import of raw materials and the cost of industrial food.

Substitution totale du tourteau de soja par la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) en alimentation du lapin en croissance :

Effet sur la croissance, le rendement à l'abattage et les caractéristiques de la carcasse.

A soumettre à la revue Lrrd

Mots clés : Lapin, croissance, fève, alimentation, protéine, abattage.

1. Résumé

Le but de cet essai est l'étude de la substitution totale du tourteau de soja (15 %) par 27% de graine de fèves sèches (*Vicia faba L. major*) dans l'aliment du lapin en croissance. Soixante lapins de population locale, répartis en 2 lots homogènes (890 ± 110 g au sevrage) dans des cages individuelles, ont été engraisés entre 39 et 74j d'âge. Ils ont reçus deux aliments expérimentaux iso-protéique (18,51 ; 18,41%) et iso-énergétique (3998 et 3962kcal/kg).

L'aliment témoin contient 15 % tourteau de soja, l'aliment expérimental est composé de 27% de graine de fève. Les protéines du tourteau de soja sont remplacées totalement par celles de la fève. Les effets de cette substitution ont été évalués sur les performances de croissance, du rendement à l'abattage et caractéristique de la carcasse.

Aucun effet significatif n'a été observé entre les deux régimes pour la majorité des performances de croissance et d'abattage étudiées, les valeurs moyennes obtenues sont : 34,12g/j pour la vitesse de croissance, 91,92g/j pour la consommation alimentaire et un indice de consommation de 2,75 ce qui traduit une bonne efficacité alimentaire. Le poids vif à l'abattage est de 2060g ; avec un rendement de carcasse froide en de 1155g.

La graine de fève sèche s'avère comme une source principale de protéines pour l'aliment lapin en croissance à l'instar de la graine de féverole. De ce fait, elle peut remplacer le tourteau de soja totalement dans l'aliment lapin. Elle peut ainsi contribuer à l'autonomie alimentaire en cuniculture algérienne et réduirait l'importation du tourteau de soja ainsi que le coût de l'aliment industriel.

2. Introduction

Les légumineuses sont d'une importance incontestable. Elles jouent deux rôles: dans l'amélioration de la fertilité du sol et dans l'alimentation humaine et du cheptel. Parmi elles, la fève est la légumineuse à grains principalement cultivée pour la consommation humaine et l'alimentation des animaux dans beaucoup de pays développés et les pays en développement particulièrement dans l'Asie occidentale et en Afrique du Nord. Sa superficie mondiale est estimée à 3 millions d'hectares dont plus de 50% se situe en Chine, 20% en Afrique du nord et moins de 10% en Europe (Abu Amer *et al.*, 2011). En Algérie, la fève reste la plus importante culture vivrière, couvrant une surface de 375441 ha avec un rendement total de 405070qx (Anonyme, 2013). Elle constitue une bonne source de protéines et d'énergie.

L'objectif de ce travail est d'étudier la possibilité de valorisation de la fève par le lapin en engraissement en substitution de 15% du tourteau de soja par 27 % de graines de fève sèches et leur effet sur les performances de croissance et d'abattage.

3. Matériel et méthodes

3.1. Lieu de l'expérimentation

L'essai est conduit du 26 mai 2016 au 13 juillet 2016 (6 semaines) dans un bâtiment d'engraissement de l'Institut De Technologie Moyen Agricole Spécialisé en Agriculture de Montagne de Boukhalfa à 2 Km de la ville de Tizi-Ouzou (I.T.M.A.S). Les lapins de notre essai ont été placés dans des cages individuelles de 39j à 74j d'âge à la fin de l'engraissement; et 81 jours d'âge à l'abattage. Le bâtiment est composé de 2 cellules, une maternité et une cellule d'engraissement comportant 80 cages équipées de trémies à quatre postes pour granulé avec des dimensions de 56 x 38 x 28 cm, disposées en flat Deck, et d'un abreuvoir automatique. L'aération est assurée par des fenêtres et des extracteurs, l'éclairage est naturel et assuré par huit fenêtres en plus d'un éclairage artificiel pendant la journée. Durant la période expérimentale, la température du clapier avoisinait les 30°C (20°C Min et 39°C Max), l'humidité était de 55% en moyenne.

3.2. Aliments expérimentaux

Deux aliments granulés ont été utilisés au cours de cette expérimentation. Ils ont été formulés à l'aide du logiciel de formulation WUFFDA: un aliment témoin qui répond aux recommandations nutritionnelles courantes pour le lapin en croissance et contenant 15% de tourteau de soja, et un aliment expérimental avec 27% de fèves en remplacement total du tourteau de soja. Les deux aliments ont été fabriqués dans la même usine d'aliment de bétail (SARL production locale de Bouzareah à Alger) et distribués *ad libitum* (Tableau 1).

Tableau 1. Composition centésimale des deux aliments expérimentaux

Matières premières\Aliments	Témoin (Soja)	Expérimental. (Fève)
Luzerne déshydratée	33,5%	41%
Maïs en grain	19%	5%
Son de blé	24%	24,5%
Tourteau de soja	15%	-
Fève	-	27%
Paille de blé	6%	-
Vitamines et minéraux	2%	2%
Sel(NaCl)	0,5%	0,5%

3.3. Les animaux et les mesures

Les 60 lapins utilisés lors de l'essai sont de population locale ; caractérisés par leur format moyen et un phénotype hétérogène représenté par des couleurs de robes majoritairement blanche et quelques lapins colorés, 25 lapins ont été fournis par l'I.T.M.A.S, et 35 lapins proviennent d'un élevage privé (Rahoui de la région de Makouda), Les lapereaux utilisés pour ce test ont été sevrés à 39 jours avec un poids moyen de 885g pour les deux lots.

Répartis en deux lots de 30 lapins pour chaque aliment, ceux-ci ont été placés dans des cages individuelles disposées en flat-deck jusqu'à l'âge de 74 jours. Les lapins ont été identifiés par portées, et leur répartition entre les 2 lots a été aussi homogène que possible, en tenant compte de l'origine de la portée, du poids des lapereaux et de leur clapier d'origine. Le sexe des lapins n'a

pas été pris en considération, car jusqu' à l'âge de 10, 15 et 20 semaines, selon que la croissance soit rapide, moyenne ou lente, le sexe n'a pas d'influence sur le gain de poids vif et la composition corporelle des lapins (Ouhayoun *et al.*, 1983 ; Ouhayoun, 1990; Blasco et Gomez, 1993...). Les lapins ont été nourris *ad libitum* et l'eau était disponible à volonté à travers des abreuvoirs automatiques de type pipettes.

3.4. Mesures effectuées

Durant les cinq semaines d'engraissement, un contrôle hebdomadaire du poids vif, de la prise alimentaire et un contrôle quotidien de la mortalité ont été effectués. Les paramètres suivants ont été enregistrés ou calculés, Le poids vif a été déterminé individuellement à l'aide d'une balance électronique (30 kg \pm 5 g) une fois par semaine, le même jour, en début de matinée. Les quantités d'aliment consommées ont été calculées par contrôle hebdomadaire des quantités distribuées et refusées par cage.

3.5. Composantes du rendement à l'abattage

A 81j d'âge, 20 lapins ont été abattus (10 de chaque lot) sans mise à jeun préalable, en les choisissant dans la moyenne de chaque lot. Les principales composantes de la carcasse ont été relevées ou calculées selon les recommandations de Blasco et Ouhayoun (1996) : poids vif l'abattage, poids de la peau, du tube digestif plein, de la carcasse chaude. Après 24 h passée en chambre froide, ont été mesurés : le poids de la carcasse froide du foie, des reins, du gras péri-rénal et du gras inter scapulaire.

3.6. Statistiques

L'ensemble des variables a été soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2013 avec l'aliment comme seul facteur de variation. L'unité expérimentale était le lapin pour tous les paramètres étudiés : croissance (poids vifs et GMQ), de consommation et paramètres d'abattage,

4. Résultats et discussion

La composition centésimale des deux aliments (tableau 1) fait apparaître une modification des apports pour l'aliment fève. Le remplacement de la totalité des protéines du soja, a exigé un

double apport en fève (15% vs 27%) et l'augmentation de la teneur en luzerne et une importante réduction du maïs.

1. Composition chimique et valeur nutritive de la fève (*Vicia faba L. major*) incorporée dans l'aliment expérimental

La valeur nutritive de la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) composée en g/kg de brut de 902 matière sèche, 146 neutral detergent fiber(NDF) ,90 acid detergent fiber(ADF), 20 acid getergent lignine(ADL) ,282 amidon, 241 proteins brutes(PB) et 16,8MJ d'énergie brute(EB) a été étudiée pour le lapin en croissance. La concentration en énergie digestible (DE) obtenue par régression de *Vicia faba major* a été estimée à 2839kcal / Kg de brut, qui est inférieure à la valeur de DE de la féverole (*Vicia faba L. minor*) avec fleur colorée dans les tableaux d'alimentation animale (INRA 2004 ou Maertens, 2002) qui est L'équivalent a 3070 kcal / kg de brut. La fève apporte 245g/kg de PB pour 200,3g / kg de protéines digestibles /kg MB avec une digestibilité importante des protéines égale à 83. (Hannachi *et al* non publiés)

Les protéines de la féverole sont déficientes en acides aminés soufrés et probablement en tryptophane et thréonine (Berchiche, 1985). La supplémentation avec d'autres matières premières riches en acides aminés soufrés ou méthionine améliore les performances de croissance et le rendement de la carcasse.

2. Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux (Tableau 2)

Les aliment bien qu'iso-protéiques, formulés autour de 17% de PB pour être les plus proches des recommandation de Lebas (2004), ont dépassé les 18% après analyses au laboratoire (tableau 2) et sont au-dessus de tous les recommandations préconisées(100 à 115g/kg de MB) par les chercheurs du domaine (Lebas,2004 ;Carabano *et al.*,2009 ; Deblas et Mateos ,2010,Gidenne *et al.*,2015)La teneur calculée en protéines digestibles pour les deux régimes avoisine 150g/kg semble dépasser les recommandations de (Gidenne *et al.*, 2015), qui sont de 100 à 115g/kg pour le lapin en croissance.

Tableau 2 : Composition chimique et valeur nutritive des aliments expérimentaux (analyses LABO INRA de Toulouse)

Composition chimique (g/kg brut)	Aliment soja	Aliment Fève	Recommandations	
			Minimum	Maximum
Matière sèche	908	904		100
Cendres brutes	78	84		12
Protéines brutes	185	184	16	18
Energie brute (MJ/kg brut)	3998	3962		
Cellulose	97	91		18
NDF	246	231	25	50
ADF	128	121	18	50
ADL	31	30	4	8
Hémicelluloses	118	110	0	50
Amidon	198	216		18
Estimation des acides aminés				
AAS	0,52	0,47	0,55	0,65
Méthionine		0,21	0	2
Lysine	0,81	0,89	0,75	2
Tryptophane	0,22	0,21	0,15	2
Thréonine	0,65	0,62	0,55	2
Valeur nutritive calculée				
Energie digestible (MJ/kg de MB)*	13,08(3129kcal)	13,24(3168kcal)	2300	2600
Protéines digestibles (g/kg de MB) **	150	149		
FD/ADF recalculé formule (ratio)		0,85 *		1,3
PD/ED recalculé formule g/100kcal	47,9	47	42	55
% digestibilité des protéines	71,2	59,7 *		

*Calculé avec Wuffda

L'analyse des aliments témoin (soja) et expérimental (fève) formulés pour être iso-énergétiques se sont aussi avérés très riches en énergie brute comparés aux recommandations courantes respectées lors de la formulation 3998kcal vs 3962 kcal, de ce fait, l'énergie digestible aussi fut élevée (13,08 et 13,24MJ/kg) et dépasse les recommandations qui se situent entre 9,8 et 10,2 MJ d'ED (Gidenne *et al.*, 2015).

Sur le plan apports en fibres, la valeur NDF des deux régimes rejoint les instructions de (Gidenne *et al.*, 2015) ≥ 220 g/kg. Ces aliments contiennent 128 et 121 g/kg d'ADF des quantités conformes aux recommandations qui sont de 170 g/kg (Gidenne *et al.*, 2015). D'autre part, les teneurs en ADL dans les deux régimes proches de 30g/kg sont aussi en deçà des préconisations ≥ 50 g/kg (Gidenne *et al.*, 2015).

La valeur nutritionnelle des aliments expérimentaux, est supérieure aux besoins et aux recommandations du lapin en croissance, ces aliments trop riches en énergie seraient probablement à l'origine des faibles consommations alimentaires et ont peut être freiné la croissance des lapins, bien que les croissances obtenues sont d'un bon niveau (Tableau).

Toutefois nous remarquons que le taux d'acides aminés soufrés calculé pour l'aliment fève, est légèrement plus bas si nous nous référons aux recommandations de (Labas, 2004) proches de 0,55g, ces recommandations sont revues à la baisse par Gidenne *et al.* (2015) qui préconise seulement 4,7g en péri sevrage et 4,3g en croissance finition pour les AAS totaux (Méthionine + Cystéine), donc aucune incidence sur les performances de croissance et d'abattage des animaux nourris au régime fèves n'a été remarquée, au contraire, les résultats obtenus sont similaires dans les deux régimes soja et fève.

L'association du son de blé qui présente un contenu appréciable en protéines, composantes principales de l'albumen, avec un contenu en lysine équivalent au double de celui de la graine du blé elle-même et source d'acide linoléique (57% de la MG totale), fibres et minéraux, explique une bonne complémentarité et une association adéquate des matières premières utilisée

Les rapports PD/ED obtenus respectivement pour l'aliment soja et fève, sont de 11,5 et 11,3g PD/MJ d'ED sont conformes aux recommandations de (Gidenne et al., 2015) conseillant pour les lapin en croissance (souches commerciales européennes) des valeurs entre 9,8 et 11,3 g PD/MJ d'ED .

3. Evolution de la croissance et de la consommation

L'aliment à base de féverole a permis des performances de croissance d'un bon niveau équivalent à ceux obtenus avec l'aliment témoin à base de soja, malgré la consommation d'aliment modérée. Nos résultats sont proches de ceux rapportés par (Lounaouci *et al.*, 2014), qui rapportent une croissance de 30,8g/jour avec un aliment à base de 26% de fève et de 30,4g/j avec un aliment à base de 30% de pois. De même que ceux du dernier essai de la thèse de Berchiche (1985) avec 26,5% de fève incorporée ainsi que Lebas (1981) qui rapporte une vitesse de croissance de 38g/jour et Berchiche *et al.* (1995a et b) des valeurs de 42,8 et 38,9 g/jour avec un aliment à base de 26,5% et 26% de féverole entière respectivement l'INRA avec des lapins hybrides plus performants.

La vitesse de croissance ne diffère pas entre les deux lots. Les meilleurs gains de poids ont été réalisés entre 53 et 74 jours, avec une moyenne de g/jour. Sur la période globale, la vitesse de croissance (g/jour) par rapport aux valeurs de (Kadi *et al.*, 2011) sur la même population blanche (entre 30 et 37g/jour). Dans les deux lots, l'énergie digestible élevée des aliments (13. MJ/kg) a induit une réduction de l'ingestion, ce qui peut aboutir à un apport insuffisant de nutriments.

Tableau 3. Performances de croissance et de consommation alimentaire

	Aliment Témoin (Soja)	Aliment Expérimental (Fève)	SE M	P-Value
Période 39-60 jours				
Poids vif à 39 j (g)	879	900	14	0,29
Poids vif à 60 j	1323	1312	24	0,87
Gain moyen quotidien g/j	35,2	36	0,6	0,49
Consommation alimentaire g/j	87,5	83,7	2	0,26
Indice de consommation	2,56	2,50	0,06	0,66
Période 60-74 jours				
Poids vif à 74 j (g)	2068	2030	24	0,63
Gain moyen quotidien g/j	34,1	33,1	0,8	0,55
Consommation alimentaire g/j	111	102	3	0,10
Indice de consommation par cage	3,28	3,13	0,07	0,30
Période globale 39-74 jours				
Gain moyen quotidien g/j	34,2	34,7	0,4	0,59
Consommation alimentaire g/j	99	90	2	0,03
Indice de consommation	2,94	2,96	0,1	0,79

La consommation d'aliment ne diffère pas entre les deux régimes, quelle que soit la période, elle est en moyenne de 95g/j pour la période totale d'engraissement. Ces valeurs sont modestes, comparativement à celle obtenue sur des animaux de même population. Ainsi, les valeurs d'ingestion rapportées par Berchiche et Lebas (1984) atteignent 133 g/jour avec un aliment à base de 36% de fève. Elles sont cependant proches de celles rapportées par (Lounaouci *et al.*, 2014) qui est de 97,8 g/jour avec un aliment à base de 26% de fève.

La concentration calculée en **énergie digestible** des aliments pourrait être à l'origine de la faible consommation des animaux relié directement le niveau d'ingestion. En effet une augmentation de l'ED de l'aliment de 1 MJ/kg diminue la consommation de 12 g/jour et l'indice de consommation (IC) de 0,29 points (Xiccato et Trocino 2010). Cet effet est corroboré par Maertens (2010) qui la situe dans une fourchette de 0,15 et 0,20 points pour l'IC.

Néanmoins l'IC obtenu dans les deux régimes (2,95) témoigne de l'efficacité alimentaire, il est plus faible que celui rapporté par (Maitre *et al.*,1990) qui est de 3,26 avec un taux d'incorporation de 10% de féverole et que les résultats de(Lounaouci *et al.*, 2014) qui est de 3,17 avec un aliment à base de 26% de féverole ainsi que celui annoncé par Lounaouci (2002) qui est de 3,72 pour aliment contenant 30% de féverole.

Nous avons enregistré la perte de 5 lapins par lot sur un total de 36 (15%). La mortalité observée pendant les premières semaines d'engraissement est à relier probablement au stress provoqué par les difficultés d'adaptation des lapereaux aux nouvelles conditions d'élevage inhérentes à leur sevrage (séparation de la mère, transfert de local, ...), plutôt qu'à un effet de l'aliment (Lebas *et al.*,1991; De Blas 2013).

4. Rendement à l'abattage et caractéristiques de la carcasse

Globalement, l'incorporation de 27% de fève s'est traduit par des poids vifs autour des 2000g à l'abattage (2160g), ce résultat confirme ceux de (Berchiche *et al.*, 2012) sur le fait que le lapin de population locale blanche pèse 2 kg à l'âge d'abattage (77 jours). Nos résultats sont inférieurs aux résultats de (Berchiche *et al.*, 1988 et Berchiche *et al.*,1995a et b) (2386 vs 2375 vs 2368g) sur des lapins hybride(INRA)

En comparant les poids vifs à l'abattage (81j)de notre essai à ceux enregistrés dans les essais Lounaouci *et al.*,2008; Lounaouci *et al.*,2014 et Hannachi Rabia *et al.*,2016 nous remarquons qu'ils sont relativement proches (2017 ; 2117 et 2160g) respectivement. Ainsi, le poids à l'abattage pour les lapins des deux groupes est de 60% du poids adulte de 3 600 g trouvé par Zerrouki et al (2008) ; Ceci coïncide avec la valeur de 58% du poids adulte rapportée par Hannachi-Rabia (2009) et qui est de 3 708 g obtenu sur cette même population blanche.

La proportion de la peau (11,7%) égale pour les deux lots, est proche à celle obtenue par Lounaouci (2002) à 12 semaines d'âge, soit 10,45% sur une population locale et 9,56% sur des lapins sélectionnés. Comparativement la proportion moyenne de la peau enregistrée au cours de cet essai avec les résultats de (Berchiche *et al.*, 1988; Berchiche *et al.*,1995 ; Lounaouci *et al.*, 2008) qui rapportent des taux de peaux qui varient de 6,98% et 11,11 %; nos résultats (11,74%) sont inférieurs à ceux d'Ouhayoun (1990) qui a relevé une proportion moyenne de 13,6%. la peau sur les lapins de format moyen. A l'abattage, le rendement en carcasse est plus

important chez les lapins élevés en condition chaude, cela serait lié à une réduction du poids relatif de la peau (Lebas et Ouhayoun, 1987).

Les régimes n'ont eu aucun effet sur le poids du tractus digestif plein (392 g), ni sur la proportion du tractus digestif, par rapport au poids vif d'abattage (19,7%). Ces résultats sont supérieurs à ceux de Lounaouci (2002) soit 18,4% et de (Kadi *et al.*, 2016) qui ont rapportés un taux de 16,4%.

Tableau 4. Effet du remplacement de 15% de tourteau de soja par 27% de fèves dans un aliment granulé sur les performances d'abattage des lapins en engraissement.

	Lot Témoin (soja)	Lot expérimental (fèves)	SEM	P-Value
Nombre de lapins abattus (77 j d'âge)	10	10		
Données mesurées				
Poids vif à l'abattage (PVa, g)	2106	2015	73	0,55
Poids de la peau + queue (g)	240	224	6	0,22
Poids du tube digestif plein (g)	369	414	13	0,07
Poids de carcasse chaude (CC, g)	1371	1356	30	0,73
Poids de carcasse froide (CF, g)	1291	1268	30	0,71
Gras Péri rénal (GPR) (g)	17,9	18,0	1,4	0,97
Gras Inter Scapulaire (GIS) (g)	4,5	6,64	0,7	0,15
Foie (g)	88,2	80,5	3,0	0,20
Rein (g)	14,6	12,8	0,6	0,12
Données calculées				
Proportion de la peau / PVa (%)	11,6	11,9	0,8	0,86
Proportion TD / PVa (%)	17,8	21,5	1,2	0,13
Perte au Ressuyage (g)	85,5	87,2	2,7	0,77
Ressuyage/CF (%)	6,7	7,0	0,3	0,34
Proportion GPR/CF(%)	1,37	1,41	0,1	0,84
Proportion GIS/CF(%)	0,34	0,52	0,06	0,13
Rendement CC/PVa(%)	67	69	0,03	0,66
Rendement CF/PVa(%)	62	64	0,02	0,68

Les régimes n'ont eu aucun effet sur le poids du tractus digestif plein (202 g en moyenne), ni sur la proportion du tractus digestif, par rapport au poids vif d'abattage (20,6% en moyenne). Ces résultats sont supérieurs à ceux de Lounaoui (2002) soit 18,4% et de (Kadi *et al.*, 2016) qui ont rapportés un taux de 16,4%.

En valeur absolue, les poids des carcasses est satisfaisant (1364gCC et 1280g CF), sans effet de l'aliment. Ces valeurs sont proches à celles obtenues par (Lounaoui *et al.*, 2008) avec 1 322 g pour la CC et 1 283 g pour la CF. Les rendements en carcasses restent donc convenables, comparés à la valeur classique située entre 55 et 60% pour le lapin standard de format moyen (Ouhayoun 1989). L'amélioration du rendement à l'abattage résulterait de la diminution de la proportion du tractus digestif et de la peau ; c'est une conséquence positive de la prolongation de l'engraissement ; sachant que la croissance du tractus digestif devient moins rapide que celle du corps à partir de 650 g et celle de la peau à partir de 850 g (Ouhayoun 1990).

5. Conclusion

Globalement, le remplacement total des protéines du tourteau de soja par les protéines de la graine de fève sèche (*Vicia faba L major*) n'a pas affecté significativement la croissance des lapins, la consommation, les caractéristiques d'abattage, bien au contraire, les résultats obtenus étaient équivalents et satisfaisants malgré la consommation modérée de l'aliment granulé riche en énergie. L'efficacité alimentaire est appréciable.

Dans les conditions pratiques, la fève peut donc être utilisée dans l'aliment destiné aux lapins à l'engraissement à un taux d'incorporation de 27%. Il reste à confirmer ces résultats avec plus de répétitions et un plus grand nombre d'animaux.

6. Remerciements

Les auteurs remercient vivement Abed Nadia et Belabas pour leur collaboration technique à la réalisation de cet essai, M.Rahoui qui a mis à leur disposition les lapins, ainsi que l'ITMAS de Boukhalfa qui a aussi fourni le bâtiment et le matériel d'élevage et une partie des animaux. Cette étude est partiellement réalisée dans le cadre du projet CMEP-TASSILI 13MDU883.

Références bibliographiques

- Berchiche M. 1985. Valorisation des protéines de la féverole par le lapin en croissance. 137p thèse INP Toulouse.
- Berchiche M et Lebas F. 1984. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de féverole : Effet sur la croissance et les caractéristiques de la carcasse des lapins. 3^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, avril 1984, Vol.1, 391-398.
- Berchiche M et Lebas F. 1994. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de féverole : effet sur la croissance, le rendement à l'abattage et la composition de la carcasse chez le lapin. *World Rabbit Science* 2 (4), 135-140.
- Berchiche M., Cherfaoui D., Kadi SA. 2012. Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie. 3^{ème} Congrès Franco-Magrébin de Zoologie et d'Ichtyologie 6-10 Novembre 2012 Marrakech, Maroc.
- Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995a. Utilization of field beans by growing rabbits. 1. Effects of supplementations aimed at improving the sulfur amino acid supply. *World Rabbit Science*, 3, 35-40.
- Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995b. Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations. *World Rabbit Science*, 3, 63-67.
- Blasco A and Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Science*, 4:93-99.
- Carabaño R, Villamide MJ, García J, Nicodemus N, Llorente A, Chamorro S, Menoyo D, García-Rebollar P, García-Ruiz AI and de Blas JC 2009 New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Science*. 17,1-14.
- De Blas J.C. 2013. Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. *Animal*, 102.1-10.
- De Blas C., Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 222-232.
- Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchie P., Duperray J., Davoust C., Fortun-Lamothe L. 2015. Nutrition et alimentation. In : *Le lapin. De la biologie à l'élevage*. Gidenne T. (coord.), Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire », 137-182.
- Hannachi-Rabia R 2009 Etude de la croissance et des paramètres à l'abattage du lapin de l'élevage rationnel en Algérie. *Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou*, 106 p.
- Hannachi-Rabia R 2016. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Résultats non encore publiés
- 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, 2016- Qingdao, China, 423-426.
- Kadi S A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159.

- Lebas F. 1981. Valorisation par le lapin en croissance des différentes matières cultivables en France : *Cuniculture*, 8, 290-292.
- LEBAS F., 1983. Bases physiologiques du besoin protéique des lapins. Analyse critique des recommandations. *4ème Symposium International Métabol. Nutr, azotés, Les Colloques de l'INRA, n°16, 323-341 et Cuni-Sciences, 1, 16-21.*
- Lebas F., Ouhayoun J. 1987. Incidence du niveau protéique de l'aliment, du milieu d'élevage et de la saison sur la croissance et les qualités bouchères du lapin. *Ann. Zootech.*, 36, 421-432.
- Lebas F., Marionnet D., Henaff R. 1991. La production du lapin. *AFC et technique et documentation. Lavoisier éditeur (3ème édition), 206p.*
- Lebas F. 2004. Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proceedings, 8th World Rabbit Congress. Invited paper. Puebla, Mexico. 686-736.*
- Lounaouci G. 2002. Alimentation du lapin de chair dans les conditions de production Algériennes. *Mémoire de magister en Sciences Agronomiques. Université de Blida, 129 p.*
- Lounaouci G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. *9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008 – Verona – Italy, 723-727.*
- Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., and Gidenne T. 2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria. *World Rabbit Sci. 2014, 22: 137-146.*
- Maertens L., Pérez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci.*, 10: 157-166.
- Maertens L. 2010. Feeding systems for Intensive Production. In: De Blas C and Wiseman J 2010 (Eds.) *Nutrition of the rabbit 2nd Edition*, CAB International, Oxfordshire, 253-266.
- Maitre I., Amand G., Franchet A., Brouet R. 1990. Intérêt de l'association des protéagineux févrole/lupin dans l'alimentation des lapins de chair. *5ème Journées de Recherches Cunicoles. Paris, Communication N°59.1-9.*
- Ouhayoun J., Cheriet S., Lapanouse A. 1983. Valorisation comparée d'aliments à niveaux protéiques différents par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevages traditionnels : étude des performances de croissance et de la composition du gain de poids. *Annales Zootechnie*, 32, 257-246.
- Ouhayoun J. 1989. La composition corporelle du lapin, facteurs de variation. *INRA, Production Animale*, 2 (3), 215-226.
- Ouhayoun J. 1990. Abattage et qualité de la viande de lapin. *5èmes Journées de la recherche cunicole en France, Vol. II., Comm. 40.*
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Energy and protein metabolism and requirements. In: De Blas C., Wiseman J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 83-118.
- Zerrouki N., Lebas F., Davoust C., Corrent E. 2008. Effect of mineral blocks addition on fattening rabbit performance. *9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008 – Verona – Italy, 853 - 857.*

Discussion générale

D'après nos connaissances, la graine de fève (*Vicia faba L. major*) n'a pas fait l'objet d'expérimentation en alimentation du lapin, nous avons très peu d'informations sur sa composition chimique et sa valeur nutritive pour le lapin n'a pas encore été déterminée à ce jour. C'est pour cela que nous nous sommes fixés comme premier objectif de déterminer la valeur nutritive de la graine de fève, indispensable pour la valorisation de cette source végétale en alimentation du lapin.

La féverole (*Vicia faba L. minor*) a été expérimentée dans l'aliment lapin en France dès la menace de l'embargo sur le tourteau de soja, en 1973, comme source principale de protéines en substitution à celles du tourteau de soja surtout depuis les années 1980,

Dans la plupart des travaux réalisés sur la féverole notamment dans ceux de la thèse de Berchiche en 1985 à l'INRA de Toulouse et publiés par Berchiche *et al.* (1995a et b), ont confirmé que la féverole peut remplacer en totalité le tourteau de soja dans l'aliment lapin. Effectivement, les particularités digestive de ce monogastrique ont favorisé sa valorisation même à un taux élevé sans aucune réserve sur les performances (Berchiche 1985). Par contre, l'ensemble des travaux antérieurs n'a pas déterminé *in vivo* la valeur nutritive de la graine de féverole. Celle-ci sera estimée plus tard par Maertens *et al.* (2002) et Perez *et al.* (2004).

Le deuxième et troisième objectif de nos essais est d'optimiser et de valoriser la graine de fève dans l'aliment du lapin en croissance et confronter nos résultats à ceux obtenus sur la fève.

I-Méthodologie

La méthodologie adoptée pour le déroulement de nos essais est commune à celle utilisée à l'INRA de Toulouse avec lequel nous collaborons dans le cadre d'un programme de coopération franco-algérienne (CMEP, Tassili...) sur le thème : autonomie en alimentation cynicole par l'usage de sources alimentaires Algériennes.

1-Déroulement et dispositif des expériences :

La graine de fève non expérimentée antérieurement en alimentation du lapin, a nécessité au préalable une analyse chimique et une étude de valeur nutritive.

Pour la détermination de la valeur nutritive de la graine de fève sèche, la méthode indirecte dite de régression (substitution) a été utilisée, avec un procédé basé sur un test de digestibilité fécale (Maertens et Lebas, 1989 ; Villamide *et al.*, 2001,2003, 2010 et 2016) conforme au protocole expérimentale (Perez *et al.*, 1995) standardisé par le groupe EGRAN. A défaut de vraies cages de digestibilité, des cages d'engraissement ont été aménagées avec un système de moustiquaires

pour recueillir les crottes des lapins pour les pesées quotidiennes durant tout l'essai à l'instar des travaux déjà réalisés chez nous (Kadi *et al.*, 2016 ; Kadi *et al.*, 2017a ; Djellal *et al.*, 2016) avec des sources végétales et ceux de Dorbane *et al.* (2016), Guermah *et al.* (2016), Harouz-Cherifi *et al.* (2018) avec des coproduits de l'industrie agroalimentaire.

Une analyse chimique des graines utilisées a été effectuée ultérieurement aux essais, vue l'absence de laboratoire fonctionnel au sein de l'université pour certaines analyses, notamment le dosage MAT, fibre, cellulose brute, NDF, ADL, ADF, MG.....etc., ne permettant pas l'analyse des aliments avant d'effectuer les essais. La totalité des analyses physico-chimiques ont été effectuées au laboratoire de l'INRA de Toulouse (France) après réalisation des essais sur le terrain. Néanmoins, une de formulation préalable des aliments a été réalisée grâce au logiciel d'alimentation des lapins « wuffda ».

Durant nos expériences sur la croissance, la mortalité des lapereaux est observée surtout dans les premières semaines post sevrage, avec comme symptôme des diarrhées, qui pourrait probablement être attribuée à la fois au stress du sevrage et à l'effet du transport des animaux (De Blas *et al.*, 2012). Le taux de mortalité ne dépassant pas les 15%.

2- animaux utilisés dans les essais

Le choix des lapins de population locale blanche a été motivé par leur disponibilité au niveau des élevages fournisseurs. En outre, ce type de lapin a déjà été utilisé dans quelques travaux de notre laboratoire (Lounaouci *et al.*, 2014 ; Guermah *et al.*, 2016 ; Kadi *et al.*, 2017). Ce sont des descendants des hybrides importés en 1987 qui ont subi des croisements aléatoires au niveau des élevages cunicoles.

3-Aliments expérimentaux et sources utilisées

Les sources alimentaires incorporées dans les aliments granulés des trois essais :

Le choix des sources alimentaires incorporées dans nos essais s'est fait selon la disponibilité des matières premières locales, ainsi que leur prix moins cher par rapport aux produits d'importation. Ces dernières, toutes fournies par une usine de fabrication d'aliment de bétail standard (Sarl Production Locale de Bouzareah à Alger) exceptée la fève achetée par nos soins sous forme de graines sèches acheminée vers le fabricant de l'aliment granulé.

Tableau 1 : comparaison des compositions chimiques des matières premières locales analysées et celles des tables Lebas (2004) utilisées pour la formulation des aliments granulés des essais.

Matières premières	Composition chimique des matières premières en g/kg de brut							
	MS	M M	MA T	EB (kcal/kg)	NDF	ADF	AD L	Amido n
Son de blé local analysé	874	39	146	3898	276	85	32	209
Son de blé tendre (INRA 104)	880	50	148		405	118	35	190
Son de blé dur (INRA 96) Wuffda (2010)	870	49	146		432	130	37	199
Luzerne locale analysée	890	76	138	3811	480	369	94	-
Luzerne déshydratée (INRA 252)	900	99	158		418	326	73	0

Nos aliments étaient composés de luzerne produite près de Sétif obtenue à un prix moins chère que la luzerne déshydratée importée en bouchons (2000-2500Da/q) vs 4000Da/q et d'un mélange son de blé dur et son de blé tendre, récupéré dans différentes minoteries aux alentours de Bouzareah à 2600Da/q, dont la composition chimique présente une forte variabilité entre les minoteries mais des disparités existent également au sein du même moulin (Boudouma, 2009) avec selon cet auteur des pourcentages en protéines entre 12,4 et 19,1% de MS. Ces deux matières ont été analysées après réalisation des essais pour comparer leur composition avec les matières des tables EGRAN (2002) avec lesquelles nous avons formulé, pour expliquer les différences remarquées entre les aliments formulés et ceux analysés et expliquer les résultats obtenus notamment pour les performances de consommation

Concernant les variétés des matières locales utilisées, il a été difficile d'avoir des informations exactes et fiables que ce soit pour les noms scientifiques, traçabilité, période de semi ou de récolte et le prix qui fluctue entre les zones de production, la saison et la loi du marché.

La paille de blé a été proposée comme source de fibres dans le régime à base de fèves, mais un problème s'est produit lors de la granulation (difficultés importante de cohésion du granulé et échauffement de la machine) ce qui nous a contraints à augmenter la quantité de luzerne (riche en fibres) et remplacer la paille de la formule programmée au départ.

La composition chimique et la valeur nutritive de la graine de fève sèche incorporée ne figurant sur aucune table consultée (Perez,2004 ; Maertens, 2002, FEDNA, 2010 , Feedipedia, 2016....etc.), nous avons donc pour le premier essai de digestibilité, formulé nos aliments expérimentaux à l'aide du logiciel de formulation WUFFDA 2010 en remplaçant la composition des sources locales par celle de la féverole à fleur blanche des tables EGRAN (2002) ou INRA (2004) complétées par Lebas (2004) dans Wuffda , pour estimer une composition la plus proche possible du réel avant l'analyse des matières au laboratoire de *Vicia faba L. major*, sauf que les matières premières utilisées en Algérie sont complètement différentes de celles des tables publiées, raison pour laquelle les analyses ont dépassé parfois les prévisions en énergie digestible, respectivement pour les aliments soja et fève (tableau 2) qui vraisemblablement ont eu des conséquences sur la consommation et la croissance des lapin ainsi que sur la santé de ceux-ci poste sevrage.

Les matières premières locales composant nos aliments granulés n'ont pas été analysées au préalable des essais à cause de absence de laboratoires fonctionnels équipés en matériel d'analyse physico-chimique, mais après avoir réalisé nos essais sur le terrain, au laboratoire de l'INRA de Toulouse pour expliquer les résultats obtenus car une marge d'erreur a été observée entre l'aliment formulé et celui analysé à postériori.

Tableau 2 : synthèse de compositions chimiques et valeurs nutritive de la fève (*Vicia faba L. major*) de notre étude comparée à différentes matières premières sources de protéines alternatives.

Composition chimique et valeur nutritive (g/kg de brut)	Fève incorporée (<i>Vicia faba L. major</i>)	Tourteau de soja 46 (Perez, 2004)	Féverole à fleurs blanches extrudées (Perez, 2004)	Féverole à fleurs colorée (Perez, 2004)	Féverole (Maertens, 2002)	Feedipedia (2018)				
						Moy	ET	Min	Max	Nbre obs
Composition chimique										
Matière sèche	902	876	860	865	880	859	1,3	840	882	23
Matière minérale	30	65	36	33	33	35	0,3	29	41	21
Protéines brutes	241	433	268	254	257	266	2,1	234	306	28
Energie brute (kcal /Kg de brut)	16,8	17,05	16,09	16,18		16,06	0,2	15,37	16,7	18
Amidon	286	0	373	383	390	371	2,8	322	427	15
Cellulose :(ADF-ADL)	70	70	84	84	77	82	0,7	65	81	15
NDF (g/kg)	145,6	124	137	139	123	124	2,7	93	169	14
ADF (g/kg)	90	74	91	92	89	88	1,1	66	104	15
ADL (g/kg)	20	4	7	8	8	6	0,7	0,8	23	13
Valeur nutritive										
Matière azotée digestible (g/kg)	200*	-	-	-	205,6	-	-	-	-	-
Energie digestible (MJ/kg)	11,83*	13,71	-	12,83	13,05	-	-	-	-	-

*Hannachi-Rabia (2016)

4-Le complément végétal

Les protéagineux bien pourvus en lysine et déficitaires en acides aminés soufrés, fait de ces graines de bons compléments aux céréales (pauvres en lysine et riches en acides aminés soufrés). La supplémentation avec d'autres matières premières riches en acides aminés contenant du soufre ou avec des taux de méthionine synthétique de croissance augmenté de manière significative et le rendement de la carcasse sans détériorer l'efficacité alimentaire (Berchiche *et al.*, 1994 ; . Berchiche *et al.*, 1995b ; Lounaouci *et al.*, 2008).

La nature des végétaux complémentaires utilisés pour compléter *Vicia faba L. major* dans les aliments granulés de nos expériences, a été déterminante au niveau des performances de croissance et d'abattage, l'association avec la luzerne locale et le son de blé ont apportés à eux deux les fibres et l'énergie. Connaissant la déficience de la féverole en acides aminés soufrés et probablement en tryptophane et en thréonine (Berchiche, 1985), nous avons associé la fève (qui est une légumineuse de la même famille botanique que la féverole) utilisée dans notre essai au son de blé et à la luzerne pour équilibrer la composition en acides aminés comme la leucine et l'isoleucine par la luzerne et la méthionine pour le son de blé.

II. Les valeurs absolues des résultats obtenus (Tableau 3)

1-Composition chimique des aliments

Lors de la formulation de nos aliments granulés pour nos essais, nous avons veillé à ce que les valeurs énergétiques des aliments soient les plus proches des valeurs en énergie digestibles conseillées et normes recommandées par différents auteurs situées entre 10 et 10,9 pour Lebas (2004) ou entre 9,8 et 10,2MJ/kg (Gidenne *et al.*, 2015), mais les analyses chimiques des aliments ont montré des différences notoires comparées aux estimations (13,1 ;13,4 ;13,19 et 13,34MJ/kg MB) vs (10,03 ;9,73 ;9,67 et 9,37MJ/kg EB), respectivement de l'aliment soja du premier essai à l'aliment fève du second essai, dues probablement aux compositions chimiques des matières premières locales incorporées .

Concernant la composition des aliments en amidon, les résultats obtenus après analyse dépassent globalement ceux des prévisions surtout pour les régimes du deuxième essai ce qui explique la concentration en énergie digestible (ED) élevée des aliments qui peut provenir aussi de la variation des diverses sources nutritionnelles composant l'aliment, essentiellement de : la matière grasse (matière grasse n'a pas été analysée) et aussi des fibres digestibles. Les résultats sont parfois contradictoires, que ce soit pour l'amidon (El-Tahan *et al.*, 2012), la

matière grasse (Bhatt et Swain, 2003 ; Corregal et Eiko, 1983), ou les fibres digestibles (Soler *et al.*, 2004) pour les performances de croissance.

Tableau 3 : Différences entre les Compositions chimiques et valeur nutritives estimées (VE) et analysées (VA) des aliments expérimentaux (/kg de brut)

	Essai 1				Essai 2			
	Aliment soja (15%)		Aliment fève (15%)		Aliment soja (15%)		Aliment fève (27 %)	
	VE	VA	VE	VA	VE	VA	VE	VA
Composition chimique (g/kg brut)								
Matière sèche	888		884		892	908	895	938
Protéines brutes	170	187	147	133	173	179	170	179
Energie brute (MJ/kg)	-	16,1		15,7		16,11	-	15,97
Amidon	168	163	224	237	168	191	179	210
NDF	329	258	330	248	320	237	315	223
ADF	184	126	186	116	183	124	188	117
ADL	38	45	39	29	40	30	44	29
Valeur nutritive								
Energie digestible (MJ/kg)	10,03	13,1*	9,7 3	13,4*	9,67	13,19*	9,37	13,34*
Protéines digestibles (g/kg)	120	150**	101	110**	123	144**	101	143**

*calculé avec l'équation de (Fernandez-Carmona *et al.*, 1996). ED (MJ/kg de MS)=15,9- 0,219 ADF (% MS)

** calculé avec l'équation de (Villamide *et al.*, 2009). PD (g/kg de MS)=6,73+0,769 CP (g/kg de MS)

Dans le deuxième essai, les taux en fibres prévus lors de la formulation des aliments étaient censés aussi être voisins des recommandations et très proches entre le régime soja (15%) et fève (27%), mais après analyses au laboratoire, nous remarquons un déséquilibre évident. la valeur NDF des régimes (258 g/kg et 248 g/kg) dans l'ordre pour le soja et fève rejoignent les instructions de (Gidenne *et al.*, 2015) ≥ 220 g/kg. L'aliment témoin contenait seulement 126 g/kg d'ADF, Il en est de même pour l'aliment fève qui ne contenait que 116 g/kg d'ADF, valeurs en dessous des recommandations qui sont de 170 g/kg (Gidenne *et al.*, 2015). D'autre part, la teneur en ADL du régime fève (29 g/kg) est aussi en très en deçà des préconisations (≥ 50 g/kg, Gidenne *et al.*, 2015). Cela pourrait s'expliquer par la variation de la composition chimique des matières premières d'origines diverses (Bastianelli *et al.*, 2009). Ces faibles apports en fibres seraient probablement à l'origine des faibles consommations d'aliment et ont peut être freiné la

croissance des lapins sachant que les fibres alimentaires régulent le transit digestif et affectent la microflore caecale et la production d'acides gras volatils.

Il existe un effet protecteur des fractions de fibre faiblement digérées (cellulose et Lignine) contre les agents pathogènes, un effet positif de la fibre la plus digestible (DF = hémicelluloses et pectines insolubles) sur la santé de l'intestin comme il a été soulignée par Tazzoli *et al.* (2009) et Gidenne (2015) ; les troubles digestifs diminuent lorsque les fibre digestibles remplacent l'amidon ou la protéine dans les régimes iso-ADF (Perez et al., 2000, Soler et al., 2004) ou lorsque le rapport DF / ADF augmente (Gómez-Conde *et al.*, 2004, Xiccato *et al.*, 2006). Des taux d'amidon limités sont donc recommandés aussi bien pour les lapins après le sevrage (<12%) que pour les lapins en croissance (<15%) (De Blas et Mateos, 1998, Gidenne *et al.*, 2015),

Après consultation de plusieurs tables de composition chimique et de valeurs nutritives des matières premières destinées à l'alimentation du lapin (CIHEAM, 1990; FEDNA, 2010; SIA, 2015 et Feedipedia, 2018), seules les tables Maertens *et al.* (2002) et Perez (2004) fournissent des informations en partie sur la valeur nutritive de la féverole chez le lapin, estimée par équation et non in vivo (l'énergie digestible, énergie métabolisable et digestibilité des protéines brutes).

En revanche, pour la composition chimique, rares sont les travaux consacrés à cette légumineuse, Larralde et Martinez (1991) ont trouvé qu'elle contenait 25 à 35% de protéines, tandis que Feillet (2000) donne un taux de protéines entre 28 et 32%, 43% d'amidon, 18% de fibres ainsi que 6,5% de lysine et 2,1% de méthionine + cystéine. La valeur nutritive de la fève (*Vicia faba L. major*) ne figure sur aucun des tableaux consultés.

2-Performances de croissance

Tableau 4: confrontation des valeurs absolues des performances obtenues au cours de nos essais

	Poids vif à 77 j (g)	GMQ quotidien (g/j)	(CMQ g/j)	IC
Essai 2 : substitution de 15% de soja d'importation par 15% de graines de fèves sèches				
Aliment 15% Soja	2022	25,4	93	3,72
Aliment 15% Fève	2004	25,7	101	3,79
<i>SEM</i>	38	0,7	3	0,1
<i>P</i>	0,90	0,85	0,19	0,75
Essai 3 : substitution de 15% de soja d'importation par 27% de graines de fèves sèches				
Aliment 15% Soja	2068	34,2	98,5	2,94
Aliment 27% Fève	2030	34,7	90,4	2,96
<i>SEM</i>	24	0,4	2	0,05
<i>P</i>	0,63	0,59	0,03	0,79

Dans la deuxième expérience et sur la période globale, la vitesse de croissance reste modérée (25,6 g/jour) dans le lot témoin comme dans le lot expérimental, car la consommation dans les deux lots semble modérée, la cause possible serait l'énergie digestible élevée des aliments (13,25 MJ/kg) qui aurait probablement induit une réduction de l'ingestion ; les animaux employés dans les deux groupes témoin et expérimental peuvent être aussi la cause de ce faible poids. L'IC obtenu dans les deux régimes est plus élevé que celui rapporté par Lounaouci *et al.* (2014) qui est de 3,17 avec un aliment à base de 26% de fèverole. Nos valeurs sont proches de celle rapportées par Lounaouci (2002) qui est de 3,72 pour aliment contenant 30% de fèverole

Dans le troisième essai, lors de la substitution de 15% de soja source principale de protéines apportant 6,75g PB par 27% de fèves composée de 6,62g de PB, la consommation des deux aliments iso énergétiques 16MJ (3838kcal/kg) et iso-protéiques (17,8%) était plutôt modeste et presque identique pour les deux régimes soja (15%) et fève (27%), en moyenne de 97 g/jour/lapin pour la période globale, comparativement à des animaux de la même

population (format moyen de population blanche). La concentration en énergie digestible de l'aliment témoin (13,2 MJ/kg) pourrait être à l'origine de la faible consommation des animaux. En effet, la concentration en ED semble supérieure aux normes recommandées par (Gidenne *et al.*, 2015) qui sont de 10,2 MJ chez le lapin en croissance. Ces auteurs relient directement le niveau d'ingestion à la concentration en fibres de l'aliment, plutôt qu'à sa concentration en ED. Une augmentation de l'ED de l'aliment de 1 MJ/kg diminue la consommation de 12 g/jour et l'indice de consommation (IC) de 0,29 points (Xiccato et Trocino, 2010). Cet effet est corroboré par Maertens (2010) qui la situe dans une fourchette de 0,15 et 0,20 points pour l'IC. L'aliment concentré en protéines aurait aussi un rôle dans l'élévation de l'énergie dans l'aliment.

Néanmoins l'IC obtenu dans les deux régimes (2,95) témoigne de l'efficacité alimentaire, similaire aux résultats de Berchiche *et al.* (1995a) avec des consommations et gains de poids supérieurs mais un rendement en carcasse chaude plus faible. Il est meilleur que celui rapporté par Lounaouci *et al.* (2014) qui est de 3,17 avec un aliment à base de 26% de fèverole ainsi que celui annoncé par Lounaouci (2002) qui est de 3,55 pour un aliment contenant 30% de fèverole. En valeur absolue, les rendements en carcasses restent donc convenables dans les deux essais (Tableau 5).

Tableau 5: Confrontation des résultats obtenus dans l'essai 3 avec d'autres travaux conduits avec l'incorporation de la fèverole dans des aliments pour lapin en croissance.

Auteurs	Protéagineux	Taux d'incorporat.	CMQ (g/j)	GMQ (g/j)	IC	Rdt cc (%)
(Berchiche <i>et al.</i>, 1995 a)	Fèverole	26,5%	125,8	42,8	2,95	56,8
		37%	123,6	40,7	3,05	56,4
Hannachi-Rabia Raja (travaux de thèse 2018)	Fève (Vicia faba L. major)	27%	90,4	34,7	2,96	69
(Berchiche <i>et al.</i>, 1995 b)	Fèverole	26%	115,8	38,9	3	/
		35%	108,9	37,4	2,92	
(Lounaouci, 2002)	Fèverole	30%	101,91	28,73	3,55	68,35
(Lounaouci <i>et al.</i>, 2008)	Fèverole	30%	97,06	31,06	3,13	70,7
(Lounaouci <i>et al.</i>, 2014)	Fèverole	26%	97,8	30,8	3,17	1431 (g)

Références bibliographiques

A

Alhaidary A., Mohamed H. E., Beynen A.C. 2010. Impact of dietary fat type and amount on growth performance and serumcholesterol in rabbits. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, Vol. 5 (1), 2010.p 60-64.

B

Bastianelli D., Epaku O.R., Bonnal L., Grimaud P. 2009. Variabilité des matières premières : résultats d'une étude en Afrique de l'Est. Perspectives pour la gestion de la variabilité des matières premières. *Revue Africaines de Santé et de Productions Animales. E.I.S.M.V de Dakar*. Vol.7 N°S,pp 33-40.

Berchiche M, 1985. Valorisation des protéines de la fève par le lapin en croissance. *Thèse de doctorat en biologie et physiologie animale, INP Toulouse, 150p.*

Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995a. Utilization of field beans by growing rabbits. 1. Effects of supplementations aimed at improving the sulfur amino acid supply. *World Rabbit Science*, 3, 35-40.

Berchiche M., Lebas F., Ouhayoun J. 1995b. Utilization of field beans by growing rabbits. 2. Effects of various plant supplementations. *World Rabbit Science*, 3, 63-67.

Bhatt R.S., Swain N. 2003. Effect of graded level of fat supplementation on the growth performance in the rabbits. *World Rabbit Science*, Vol. 11 (1), 2003, p 33-40.

Boudouma D. 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Livest. Res. Rural Develop.*, 21.

C

Carraro L., Trocino A., Fragkiadakis M., Xiccato G., Radaelli G. 2007. Digestible fiber to ADF ratio and starch level in diets for growing rabbits. *Italian Journal Animal Science Vol. 6 (Suppl. 1)*, 2007, p 752-754.

Cheek P.R., 1987. Rabbit Feeding and Nutrition. *Academic Press Inc., Orlando, Florida.*

D

De Blas J.C., Mateos G.G. 1998. Feed formulation. In: C. De Blas and J. Wiseman J. (eds.) *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing. CAB International, Wallingford Oxon, UK, pp. 241-253.

Djellal F., Kadi S.A., Madani T., Abbas K., Bannelier C., Gidenne T. 2016. Nutritive value of fresh ash (*Fraxinus angustifolia*) leaves for growing rabbits. In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016, Qingdao, China, 377-380.

Dorbane Z., Kadi S.A., Boudouma D., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. 2016. Nutritive value of crude olive cake (*Olea europaea* L.) for growing rabbit. *In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016, Qingdao, China, 381-384.*

E

El-Tahan H.M., Amber KH., Morssy W.A. 2012. Effect of dietary starch levels on performance and digestibility of growing rabbits. *10th World Rabbit Congress, 3-6 September 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt, p 501-505.*

F

Fernandez-Carmona J., Cevera C., Blas E. 1996. Prediction of energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 64: 61-75.

Fortun-Lamothe L., Gidenne T., 2003. Besoins nutritionnels du lapereau et stratégie d'alimentation autour du sevrage. *INRA. Prod. Anim.*, 16, 39-47.

G

Gidenne T., 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal* 9, 227-242.

Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchies P., Duperray J., Davoust C., Fortun-Lamothe L., 2015. Nutrition et alimentation. *In : Le lapin. De la biologie à l'élevage. Gidenne T. (coord.), Éditions Quæ, Collection « Savoir-faire », 137-182.*

Gómez-Conde M.S., Chamorro S., Nicodemus N., De Blas J.C., García J., Carabaño R. 2004. Efecto del tipo de fibra en alimentación de gazapos destetados precozmente. *In: Proc. XXIX Symposium de Cunicultura, Lugo, Spain, pp. 157-163.*

Gomez-Conde M.S., Chamorro S., Nicodemus N., Garcia J., Carabano R., De Blas C. 2004. Effect of the level of soluble fibre on ileal apparent digestibility at different ages. *Proc 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, 862-863.*

Guermah H., Maertens L., Berchiche M. 2016. Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits, *World Rabbit Sci.*, 24: 183-189.

H

Hannachi-Rabia R., Kadi S.A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2017. La graine de fève sèche (*Vicia faba major* L.) en alimentation cunicole : effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livestock Research for Rural Development. Volume 29.*

Harouz-Cherifi Z., Kadi S A., Mouhous A., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. 2018. Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement: performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livestock Research for Rural Development. Volume 30.*

K

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. *In Proc.: 11th World Rabbit Congress, June 15-18, 2016, Qingdao, China*, 423-426.

Kadi S.A, Mouhous A., Djellal F., Gidenne T. 2017a. Replacement of barley grains and dehydrated alfalfa by Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in fattening rabbits diet. *J. Fundam. Appl. Sci.*, 9: 13-22.

Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F., Senhadji Y., Tiguemit N., Gidenne T. 2017b. Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. *Livest. Res. Rural Develop.*, 29.

L

Lounaouci-Ouyed G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. *In Proc.: 9th World Rabbit Congress, June, 10-13, 2008, Verona, Italy*, 723-728.

Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2014. Effects of substitution of soybean meal-alfalfa-maize by a combination of field bean or pea with hard wheat bran on digestion and growth performance in rabbits in Algeria. *World Rabbit Sci.* 2014, 22: 137-146

M

Maertens L., Perez J.M., Villamide M., Cervera C., Gidenne T., Xiccato G. 2002. Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci.*, 10: 157-166.

Maertens L., Lebas F. 1989. Mesure de la valeur énergétique des aliments et des matières premières chez le lapin : une approche critique. *Cuni-Sciences-Vol. 5-Fasc. 2*. 35-46.

P

Perez J.M., Gidenne, T., Bouvarel, I., Arveaux, P., Bourdillon, A., Briens, C., La Naour, J., Messenger, B., Mirabito, L. 2000. Replacement of digestible fibre by starch in the diet of growing rabbits. II. Effects on performances and mortality by diarrhoea. *Ann. Zootech.* 49:369-377.

Perez JM. 2004. Valeurs nutritives pour lapins. In Sauvant D, Perez JM et Tran G 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. *2ème édition revue et corrigée. INRA éditions Paris*. 51-54.

S

Soler M.D., Blas E., Cano J.L., Pascual J.J., Cervera C., Fernández-Carmona, J. 2004. Effect of digestible fibre/starch ratio and animal fat level in diets around weaning on mortality rate of rabbits. *In: Proc. 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, pp. 996-1001.*

T

Tazzoli M., Carraro L., Trocino A., Majolini D., Xiccato G. 2009. Replacing starch with digestible fiber in growing rabbit feeding. *Italian Journal Animal Science, Vol. 8 (Suppl. 3), 2009, p 148-150.*

V

Villamide M.J., Carabano R., Maertens L., Pascual J., Gidenne T., Falcao-E-Cunha L., Xiccato G., 2009. Prediction of the nutritional value of European compound feeds for rabbits by chemical components and in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology. 150, 283-294.*

Villamide M.J., Llorent A., Garcia A.I., Carabano R., 2016. Nitrogen and amino acid ileal and faecal digestibility of rabbit feeds predicted by an in vitro method. *Animal Feed Science and Technology 219 (2016) 210-215.*

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 Rabbit Sci., 9: 19-26.*

Villamide M.J., Maertens L., De Blas, J.C. 2010b. Feed Evaluation. *In : De Blas C., Wiseman J., (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 151-162.*

Villamide M.J., Nicodemus N., Fraga M.J., Carabano R., 2010a. Protein digestion. *In : De Blas C., Wiseman J., (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 39-55.*

X

Xiccato G., Trocino A., 2010. Energy and Protein metabolism and requirement. *In : De Blas C., Wisman J., (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 83-118.*

Xiccato G., Trocino A., Carraro L., Fragkiadakis M. 2006. Digestible fibre to ADF ratio and protein concentration in diets for early-weaned rabbits. *In: Proc. 3rd American Rabbit Congress, Maringá, Brazil, Comm. no. 35, pp. 1-6.*

Xiccato G., Trocino A., Sartori A., Queaque P.I. 2002. Effect of dietary starch level and source on performance, a cecal fermentation and meat quality in growing rabbits. *Segundo Congreso de Cunicultura de las Americas, 19-22 Junio 2002, La Habana, Cuba, p 19-22.*

Conclusion générale & Perspectives

A l'issue de nos investigations, nous avons abouti à la détermination de la valeur nutritive de la fève (*Vicia faba L. major*) chez le lapin, à l'optimisation de cette fève dans l'aliment du lapin en croissance ainsi que la complémentation adéquate de celle-ci en l'associant à d'autres sources végétales.

Nous avons appris après analyse chimique de la graine de fève sèche (*Vicia faba L. major*) que celle-ci est composée en g/1000g MB de : 902 matière sèche, 873 de matière organique et 30g de matière minérale, riche en protéines brutes (245g/1000g MB), mais aussi en amidon (282g/1000g MB) ce qui la rend très énergétique avec 4018Kcal (16,8MJ), elle apporte aussi des fibres en g/1000g MB : 146 (NDF), 90 (ADF), 20 (ADL), des minéraux et des vitamines. Sa composition avoisine beaucoup celle de la féverole (*Vicia faba L. minor*), déjà expérimentée et étudiée en alimentation du lapin. Nous avons aussi déterminé la valeur nutritive de cette même graine de fève incorporée dans nos essais et obtenu des digestibilités appréciables, que ce soit pour les protéines 200 g PD /kg et aussi pour l'énergie 11.83 MJ DE/Kg.

Ce protéagineux s'avère donc une source équilibrée qui pourrait être incorporée dans un aliment pour lapins en croissance. Pour connaître les résultats de son incorporation, nous avons également évalué les performances de croissance et d'abattage des lapins consommant des aliments à base de *Vicia faba Major* et valorisé ces aliments granulés complété par des végétaux locaux (luzerne locale, son de blé). La substitution totale des protéines de soja par les protéines de la graine de fève, ont donné des résultats satisfaisants en terme de performances de croissance, avec des gains de poids intéressants (34,7g/j) malgré une consommation faible (94g/j) qui s'est traduit par une bonne efficacité alimentaire (IC= 2,95). Le poids vif à l'abattage est de 2060g (81j) avec un bon rendement de carcasse froide de 1268g comparable à l'aliment témoin composé de tourteau de soja comme source classique de protéines.

Nous confirmons donc que la graine de fève sèche peut être envisagée comme une alternative au tourteau de soja dans un aliment granulé pour lapin en croissance. Le choix de cette option pourrait contribuer à l'autonomie alimentaire en cuniculture algérienne et réduirait l'importation de la source principale de protéines (tourteau de soja) ainsi que le coût de l'aliment industrielle.

Dans la réalité du terrain, la fève verte à l'origine destinée à la consommation humaine, n'est pas consommée dans sa globalité, faute de conditionnement en vert (absence d'une industrie de transformation spécifique comme pour le pois), le surplus est conservé comme légume sec souvent détérioré par le bruche qui le rend impropre à la consommation humaine. Compte tenu de cette situation, ce surplus peut être affecté à l'alimentation animale après sa transformation et son conditionnement (bouchons ou granulés ou farine) à l'instar de la luzerne.

En perspective, nous proposons quelques solutions :

-Mettre en œuvre une association de la fève (*Vicia faba L major*) avec des sources alimentaires disponibles localement et étudiées au niveau du laboratoire, pour rechercher une meilleure complémentation végétale qui va tenir compte de l'équilibre en acides aminés indispensables et apport adéquat en fibres et assurer une concentration énergétique : comme les issues de meunerie, Sulla, drêches de brasserie, feuilles de d'arbre et d'arbuste (frêne, figuier, roseau) et grignon d'olive.

-Situer les résultats de la valeur nutritive de la fève par rapport à celle de la féverole qui n'a pas encore été mesurée chez le lapin in vivo.

-Analyser les variétés de fèves cultivées en Algérie

-Analyser le coût de production de l'incorporation de la fève dans un aliment granulé pour lapin en tenant compte des efforts à faire pour arriver à des prix compétitifs et attractifs, parmi nos propositions :

Augmenter les superficies de culture des protéagineux et rechercher un bon rendement à l'hectare.

Dans la région Nord d'Algérie, encourager le séchage sur pied et en grange de la fève entière (apport en fibres) et sous forme de graines sèches, en s'équipant de matériel adéquat (ventilateurs et déshydrateurs industriels), sachant que les graines doivent contenir au maximum 12 à 14% d'humidité pour une bonne conservation.

Assurer un bon approvisionnement en fève des usines pour aliment de bétail (régulier et sous contrat)

-Caractériser la viande du lapin alimenté avec la fève associée aux matières premières produites localement