

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques



THESE

Présentée par

HAROUZ née CHERIFI ZAKIA

En vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Option : Productions Animales

THEME

**Utilisation des drêches de brasserie en
alimentation du lapin**

Soutenue publiquement le : 15 / 12 / 2018

Devant le jury composé de :

ZERROUKI	Nacira	Professeur UMMTO	Présidente
BERCHICHE	Mokrane	Professeur UMMTO	Directeur de thèse
ABBAS	Khaled	Directeur de recherche INRA Alger	Examineur
MADANI	Toufik	Professeur U. Sétif 1	Examineur
MEFTI-KORTEBY	Hakima	MCA U. Blida	Examinatrice
KADI	Si Ammar	MCA UMMTO	Invité

*A la mémoire de mon père et de ma belle-mère
que Dieu les accueille en son vaste paradis*

A ma très chère mère que Dieu la garde pour nous

REMERCIEMENTS

Cette thèse doit beaucoup aux nombreuses personnes qui m'ont encouragé, soutenu et conforté au long de toutes ces années. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes plus sincères remerciements.

Je tiens à remercier profondément mon directeur de thèse, le Professeur Mokrane BERCHICHE de m'avoir accueillie au sein de son équipe de recherche en nutrition animale et produits animaux du laboratoire de biochimie appliquée et de biotechnologie (LABAB). Je le remercie pour m'avoir incorporée dans son programme CMEP, dirigée et encouragée à passer au doctorat, après m'avoir déjà encadré en magister, et pour m'avoir fait profiter de son savoir et de sa longue expérience scientifique dans le domaine des productions animales en générale et de la cuniculture en particulier.

Je tiens également à remercier Docteur Si Ammar KADI de l'équipe de recherche en nutrition animale et produits animaux, pour avoir collaboré activement à la concrétisation de notre thèse et de nos publications. Merci pour le bel esprit scientifique, pour toutes les connaissances partagées et la disponibilité qu'aucun qualificatif n'en saurait décrire l'étendue.

Je remercie également Docteur Thierry GIDENNE (Directeur de recherche, à l'INRA de Toulouse, unité GenPhySE, France) de m'avoir accueillie dans son laboratoire dans le cadre du programme CMEP, pour sa collaboration à la concrétisation de nos publications.

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

- Pr ZERROUKI Nacéra de l'université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou, de m'avoir accordé l'honneur de présider ce jury.
- Dr ABBAS Khaled directeur de l'INRAA, d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.
- Pr MADANI Toufik de l'université de Sétif 1, d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail.
- Dr MEFTI-KORTEBY Hakima de l'université de Blida, d'avoir accepté de juger mon travail.

Mes remerciements vont également à Carole BANNELIER et Muriel SEGURA de l'INRA, unité GenPhySE, de Toulouse pour leur bienveillance, leur aide dans les analyses chimiques

et toutes les facilités qu'elles m'ont accordé pour mener à bien mes analyses chimiques en laboratoire.

Je ne saurais remercier assez Lounis Lounes mon ex-stagiaire (promotion EPA 4) du CFPA de Mechtras pour avoir collaboré à la préparation et au déroulement de mes essais. Je lui exprime ma très profonde gratitude.

Je tiens également à remercier profondément le directeur ZAOUECHE Bélaid, l'ATP M.Brahimi ainsi que M.Louchami de CFPA de Mechtras (mon ex-établissement avant que je sois recrutée à l'université de Bouira), qui m'ont accueilli chaleureusement pendant la réalisation de mes essais. Merci d'avoir accepté sans hésitation d'héberger mes essais et de me permettre de réaliser la partie expérimentale de cette thèse dans d'excellentes conditions.

Je remercie Pr MOUNI Lotfi, doyen de la faculté SNVST de l'université de Bouira de m'avoir permis d'utiliser son équipement de laboratoire de recherches.

Je ne peux également oublier de remercier ma nièce Meriem, ma belle-sœur Widad et Rachida pour l'aide précieuse qu'elles m'ont apportée pendant la réalisation de mes essais.

La thèse a parfois été un moment difficile pour mes enfants, et j'avoue ne pas leur avoir consacré le temps qu'ils le méritent. Nadine et Mohamed Farés vous vous souviendrez certainement de ces longues heures passées au clavier à côté de maman. Je vous remercie d'être restés sages et d'avoir compris la situation malgré votre jeune âge.

Je ne saurais remercier mon mari qui m'a épaulé et supporté pendant les moments de stress et de doute. Merci pour le soutien indéfectible tant que moral que matériel qui m'ont permis de relancer ma thèse après quatre ans de stagnation.

Mes remerciements vont aussi à ma famille qui, avec cette question récurrente, « quand est-ce que tu la soutiens cette thèse ? », bien qu'angoissante en période fréquente de doutes, m'a permis de ne jamais dévier de mon objectif final. Merci à mes très chères sœurs Hakima et Assia et mes chers frères Yazid, Malik et Adel, pour leur affection maintes fois renouvelée. Je tiens également à ne pas oublier de remercier mon cher cousin Aziz et ma chère cousine Hayet qui dans les moments les plus dures pendant mon stage en France m'ont accueilli chez eux m'offrant tout deux leur hospitalité chaleureuse. Mes remerciements vont également à ma belle-sœur karima qui pendant mes deux mois de stage en France a bien su s'occuper de mes enfants en leur offrant toute son affection et son temps, qu'elle trouve ici toute ma gratitude.

Ces remerciements ne peuvent s'achever sans que je ne les adresse à ma très chère mère. Sa présence et ses encouragements sont pour moi les piliers fondateurs de ce que je suis et de ce que je fais.

Je ne peux aussi oublier de remercier mes collègues de l'équipe de recherche sur la nutrition animale et produit animaux du LABAB de l'université de Tizi-Ouzou particulièrement Raja, nous avons relevé ensemble le défi de finir nos thèses. Nous y voilà enfin arrivées ! Un merci particulier et chaleureux à ma cousine Mme HADID Fatima pour ses encouragements.

Je remercie également mes collègues enseignants à l'université de Bouira pour leur soutien et leurs encouragements.

Les mots les plus simples étant les plus forts ; j'adresse toute mon affection à ma belle-famille pour son soutien sans faille. J'entends par là : mes belles sœurs Karima, Widad, Samia et Kamilia et mes beaux-frères Mourad et Hamid.

Ne pouvant citer toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse, je me dois de leur adresser mes vifs remerciements.

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS ISSUES DE LA THÈSE

- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018.** Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on rabbit performance and economic efficiency. *World Rabbit Sci.* 2018, 26: 27-34. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.7765>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., 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, Article #110* <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/cheri30110.html>
- Zakia Harouz-Cherifi, Si Ammar Kadi, and Mokrane Berchiche. 2018.** Brewer's grains: characteristics, chemical composition and use in animal feeding. *Proceeding of SIEAB 2017 Abstracts in the North African Journal of Food and Nutrition Research: (2018) 02; suppl. (01): A 15.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22280.11523>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018.** Effect of increasing level of brewers grains in diets of rabbits on carcass quality and economic efficiency. *Proceedings of the 10th International Symposium on the Nutrition of Herbivores ISNH 2018.* Clermont-Ferrand from 2-6 September 2018. France. <https://doi.org/10.1017/S2040470018000146>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Berchiche M. 2017.** Drêches de brasserie : caractéristiques, composition et utilisation en alimentation animale. *Séminaire International : Environnement, Agriculture et Biodiversité (SIEAB)* .Université de Bouira les 27 et 28 Novembre 2017. Algérie.

Articles en préparation

- **Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C Berchiche M., et Gidenne T.** Valorisation des drêches de brasserie dans l'alimentation du lapin en croissance.
- **Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Berchiche M.** Les drêches de brasserie en alimentation animale : Synthèse

TABLE DES MATIERES

Résumé	9
Abstract	10
Résumé en arabe.....	11
Introduction générale	12
Partie I. Synthèse bibliographique	
Chapitre 1. Nutrition du lapin et sources alimentaires	19
I.1. Les besoins nutritionnels.....	20
I.1.1. Les Besoins en énergie	20
I.1.2. Les Besoins en protéines	21
I.1.3. Les Besoins en fibres.....	23
I.2. Les sources alimentaires.....	25
I.2.1. Les sources classiques en alimentation du lapin.....	25
I.2.2. Les sources alternatives en alimentation du lapin.....	26
I.3. Aliment et formulation	28
I.4. Qualités physiques de l'aliment	29
Chapitre II. Les drêches de brasserie en alimentation animale : synthèse	36
Résumé.	37
II.1. Introduction	38
II.2. Définition et origine	39
II.3. Etapes de production des drêches de brasserie.....	40
II.4. Composition chimique des drêches de brasserie	42
II.5. Valorisation et utilisation en production animale.....	43
II.5.1. Utilisation chez la volaille.....	44
II.5.2. Utilisation chez le lapin	45
II.5.3. Utilisation chez les chevaux.....	45
II.5.4. Utilisation chez les ruminants.....	46
II.6. Conservation et stockage.....	47
II.7. Conclusion.....	48

Partie II. Etude expérimentale

Objectifs	56
Chapitre 1. Valorisation des drêches de brasserie dans l'alimentation du lapin en	
Croissance	60
Résumé.....	60
Introduction.....	61
Matériel et méthodes.....	62
Résultats et discussion.....	64
Conclusion.....	72
Chapitre 2. Incorporation de 40% de drêches de brasserie dans l'aliment de lapins en	
engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité	
économique	78
Résumé.....	79
Introduction.....	81
Matériel et méthodes.....	82
Résultats et discussion.....	84
Conclusion.....	90
Chapitre 3. Effet d'un aliment simplifié composée seulement de son de blé et de drêches	
de brasseries sur les performances de lapin et l'efficacité économique	96
Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on	
rabbit performance and economic efficiency	
Abstract.....	97
Introduction.....	98
Material and methods.....	99
Results and discussion.....	102
Conclusion.....	106
Chapitre 4. Discussion générale	111
Chapitre 5. Conclusion générale et perspectives	118

RÉSUMÉ

Utilisation des drêches de brasserie en alimentation du lapin

Actuellement, le prix de l'aliment industriel constitue une contrainte majeure en élevage du lapin en Algérie. Il entrave le développement de la cuniculture. Ainsi, la majorité des matières premières utilisées dans la formulation des aliments reste importée et est soumise aux variations des coûts sur le marché mondial. De ce fait, la recherche de ressources végétales ou de coproduits agro-industriels, disponibles localement, s'avère une alternative intéressante voire nécessaire. La mise en œuvre de systèmes d'alimentation durables, incluant une réduction des coûts, devient ainsi un objectif à atteindre. Les travaux de recherche réalisés dans notre thèse portent sur la valorisation de la drêche de brasserie en alimentation du lapin en croissance. Trois essais sont conduits pour étudier la possibilité de substituer, partiellement ou totalement, les drêches de brasserie aux sources alimentaires importées et largement utilisées en alimentation du lapin en croissance.

L'incorporation des taux croissants (20 et 30%) de la drêche de brasserie a permis de maintenir la vitesse de croissance (31g/j) et l'indice de consommation au même niveau que celui de l'aliment formulé à base du tourteau de soja.

Lorsque la drêche de brasserie est introduite à un taux élevé de 40%, en remplacement total du tourteau de soja, les résultats obtenus sont appréciables : une vitesse de croissance de 35g/j et une efficacité alimentaire de 3,5.

La drêche de brasserie (27%), associée uniquement au son de blé (72%), sous forme de formule simplifiée, a permis d'atteindre des performances de croissance convenables : GMQ de 31g/j et CMQ de 113g/j. Toutefois, ces performances sont statistiquement inférieures à celles permises par l'aliment témoin. Par contre, l'efficacité alimentaire est appréciable et similaire dans les deux lots. A l'abattage, les carcasses sont significativement moins grasses, avec un rendement en carcasse froide important (57%).

Globalement, les performances enregistrées au cours des trois essais confirment la possibilité de formuler des aliments granulés pour lapin en croissance en intégrant des coproduits agro industriels, disponibles localement, en remplacement partiel ou total des sources alimentaires importées. Cette option a conduit à des aliments à moindre coût et non compétitifs avec l'alimentation humaine. Ainsi, cette stratégie de valorisation des sources locales s'avère un impératif pour atteindre l'autonomie alimentaire de nos élevages.

Mots clés : Lapin, drêches de brasserie, performances de croissance, autonomie alimentaire.

ABSTRACT.

Use of brewer's grain in rabbit feeding

Currently, the price of industrial feed is a major constraint in rabbit breeding in Algeria and constitutes an obstacle to the development of rabbit production. Thus, the majority of raw materials used in feed formulation are largely imported and subject to cost variations on the world market. Consequently, the research for alternative resources such plants and agro-industrial co-products, available locally, becomes necessary. The implementation of sustainable feed systems, including cost reduction, is thus becoming among priority objectives to be achieved. The research works in this thesis were mainly based on the use of brewer's grain in growing rabbit's diets.

Three trials conducted to investigate the possibility of substituting, partially or totally, imported feed sources widely used in the diet of growing rabbits with brewer's grains available locally.

The incorporation of the increasing rates (20 and 30%) of brewer's grain allowed to maintain the daily weight gain (31g/d) and feed conversion ratio at the same level as that permitted by soybean meal based feed formula.

When the brewer's grain were introduced with high rate of 40%, as total replacement for soybean meal, the results obtained are appreciable: daily weight gain of 35 g/d and a feed efficiency of 3.5.

Brewer's grain (27%), combined with only wheat bran (72%), in simplified formulation feed, allowed to achieve with an acceptable growth performance: daily weight gain: 31g/d and daily feed intake of 113g/d. However, these performances are statistically lower than those allowed by the control diet. However, feed efficiency was appreciable and similar to the control lot. At slaughter, the carcasses are significantly less fat, with a high cold carcass yield (57%).

Overall, the performances recorded during the three trials confirm the possibility of formulating pelleted feed for growing rabbits by integrating locally available agro-industrial co-products as partial or total replacement of imported feed sources. This option has led to cheaper and uncompetitive cost with human food. Thus, this strategy of valorization of the local sources is an imperative to reach the feed autonomy of our farms.

Key words: Rabbit, brewer's grain, growth performances, food autonomy.

الملخص

استعمال مخلفات صناعة الجعة في تغذية الأرناب

حاليا، سعر العلف الصناعي هو من أهم العقبات الرئيسية في الجزائر. إنه يعيق تطور إنتاج الأرناب وبالتالي، فإن معظم المواد الخام المستخدمة في صياغة الأغذية يتم استيرادها وتخضع لتغيرات التكاليف في السوق العالمية. ونتيجة لذلك، فإن البحث عن مصادر نباتية أو منتجات تعاونية زراعية صناعية، متاحة محلياً، هو بديل مثير للاهتمام. ان وضع وتطبيق نظام غذائي مستدام، بما في ذلك خفض التكاليف، هدفاً يتعين تحقيقه. تركز الأبحاث التي أجريت في هذه الأطروحة على تقييم استعمال مخلفات صناعة الجعة، وهي متاحة محلياً، وغنية البروتينات والألياف والطاقة. ثلاث تجارب أجريت لدراسة إمكانية استبدال جزئي أو كلي للمصادر الغذائية المستوردة في تغذية الأرناب بمخلفات صناعة الجعة.

أبقى الاستبدال المتزايد (20% و30%) لمخلفات صناعة الجعة معدل النمو اليومي للأرناب ب 31 غ ومؤشر الاستهلاك عند نفس مستوى الغذاء الشاهد الذي يحتوي على فول الصويا. إدخال مخلفات صناعة الجعة بمعدل مرتفع (40%)، استبدال كلي لفول الصويا، كانت النتائج التي تم الحصول عليها مقبولة، بمعدل نمو قدره 35 غ في اليوم والكفاءة الغذائية تعتبر جيدة إذ تقدر ب 3.5. عند خلط مخلفات صناعة الجعة (27%) فقط مع نخالة القمح (72%)، على شكل صيغة مبسطة، قد حققت نمواً مقبولاً جداً (GMQ : 31 g/j et CMQ : 113g/j)

رغم ان هذه النتائج المتحصل عليها أقل إحصائياً من تلك المسموح بها مقارنة بالغذاء المصنوع من الصويا. إلا ان الكفاءة الغذائية هي موضع تقدير ومماثلة مع الغذاء الشاهد. عند الذبح، كانت الذبائح أقل دسماً، مع عائد ذبيحة باردة عال (57%). عموماً، النتائج المسجلة خلال تجاربنا الثلاث تؤكد إمكانية صياغة الغذاء المركز للأرناب التسمين عن طريق دمج المنتجات الزراعية الصناعية المتاحة محلياً في الاستبدال الجزئي أو الكلي لمصادر الأغذية المستوردة. وبالتالي فإن هذه الاستراتيجية لتثمين المصادر المحلية البديلة أمر حتمي لضمان الاستقلال الذاتي والغير التنافسي مع تغذية الإنسان.

الكلمات المفتاحية: الأرناب، مخلفات صناعة الجعة، النمو، الاكتفاء الذاتي الغذائي

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le développement de la cuniculture dans le monde s'est traduit par la disponibilité sur le marché d'une viande de lapin de qualité nutritionnelle (Gigaud et Combes, 2007). Cette évolution a également permis de diversifier les sources de viande, contribuant ainsi à l'amélioration de la couverture des besoins de l'homme, en protéines d'origine animale. En ce sens, cet animal est capable de convertir 20% des protéines végétales ingérées en viande contre 8 à 12% pour les bovins (Lebas *et al.*, 1996 ; Dalle Zotte, 2014.).

La promotion de cette production animale à un niveau rationnel exige la disponibilité des facteurs de production et la maîtrise de l'alimentation (De Blas et Mateos, 1998). En effet, l'aliment granulé s'avère un des principaux facteurs de production, indispensable pour assurer un bon niveau des performances d'élevage. Il est aussi considéré comme le premier poste de dépense en élevage rationnel (60 à 70%) (Maertens et Gidenne, 2016). En outre, le prix de l'aliment granulé dépend de la fluctuation des prix des matières premières d'usage en aliment standard (céréales, tourteau de soja et luzerne) sur le marché mondial.

Actuellement, les recherches sur l'alimentation du lapin sont de plus en plus orientées vers la valorisation de nombreuses sources alimentaires alternatives disponibles dans les pays où la cuniculture est pratiquée. Ces investigations ont comme objectif de limiter l'utilisation des sources classiques (céréales, tourteau de soja et farine de luzerne), en optimisant l'usage de sources végétales et de coproduits des industries agroalimentaires en vue d'atteindre une autonomie alimentaire. En outre, cette option est favorisée par la particularité digestive du lapin réputé par ses aptitudes à valoriser les fourrages et des coproduits agroindustriels riches en fibres et non utilisables par l'homme et les volailles.

Par ailleurs, la proximité de l'Algérie des pays où la cuniculture est professionnalisée (France, Italie, Espagne) a contribué à la promotion de cette production animale en concrétisant des programmes de recherches en commun (CMEP-INRA de Toulouse). Ainsi, l'équipe de recherche sur la nutrition animale et produit animaux du LABAB de l'université de Tizi-Ouzou, dirigée par le Pr Berchiche, a initié à partir de la décennie 1990 plusieurs travaux de recherche sur la possibilité de substituer les sources alimentaires importées par celles disponibles localement. Celles-ci sont intégrées dans des aliments formulés pour atteindre une autonomie alimentaire en cuniculture, en Algérie. Ainsi, Berchiche *et al.*, 1999 [féveroles et drêches de brasserie]; Kadi *et al.*, 2004 [grignon d'olive]; Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008 [féveroles et drêches de brasserie]; Kadi *et al.*, 2011 [Sulla séchée]; Lounaouci *et al.*, 2014 [féverole et pois]; Djellal *et al.*, 2016 [frêne]; Dorbane *et al.*, 2016 [grignon d'olive];

Kadi *et al.*, 2016 [glands de chêne vert]; Kadi *et al.*, 2017a [foin de sulla] et b [feuilles de figuier], Hannachi-Rabia *et al.*, 2017 [fève sèche], ont déjà étudié la possibilité de substituer les matières premières importées par celles disponibles localement.

Les travaux de recherche présentés dans cette thèse portent sur la valorisation de la drêche de brasserie, coproduit agro industriel, disponible localement. Le choix de cette source alimentaire est motivé par sa composition chimique, sa valeur nutritive, réputées riche en protéines, en fibres et en énergie (Maertens et Salifou, 1997). La valorisation de ce coproduit a pour but de réduire partiellement ou totalement l'utilisation des sources alimentaires classiques, importées. Cette initiative peut conduire également à une formulation à moindre coût.

La première partie de cette thèse, précédée par une introduction générale, est une synthèse bibliographique, orientée vers la nutrition du lapin, les coproduits des industries agro-alimentaires et non alimentaires et enfin une mise au point des connaissances sur les drêches de brasserie. La seconde partie est consacrée à l'étude expérimentale, composée de trois essais, présentés en trois publications :

- 1- Valorisation des drêches de brasserie dans l'alimentation des lapins en croissance
- 2- Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité économique
- 3- Effet d'une alimentation simplifiée basée uniquement sur le son de blé et le grain de brasserie sur les performances du lapin et l'efficacité économique.

Enfin, la partie expérimentale est complétée par une discussion générale des essais réalisés suivie par une conclusion générale.

Références bibliographiques :

- Berchiche M., Lounaouci G., Lebas F., Lamboley B. 1999. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes.*, 4: 51-55
- Dalle Zotte A., 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers October 2014, Vol. 4, No. 4*
- 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.
- Gigaud V., Combes S. 2007. Les atouts nutritionnels de la viande de lapin : comparaison avec les autres produits carnés 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France, 187-190p.
- Hannachi-Rabia R, Kadi S A, Bannelier C, Berchiche M et 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., 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, 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., 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. <https://doi.org/10.4995/wrs.2011.848>

- 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. <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i1.2>
- Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F., Senhadji Y., Tiguemit N., et Gidenne T. 2017b. Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. Livest. Res. Rural Develop., 29.
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G. 1996. Le lapin, élevage et pathologie. 2^{ème} édition révisée, FAO. Rome, 223 p.
- 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. <https://doi.org/10.4995/wrs.2014.1487>.
- 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 *9th World Rabbit Congress, Verona. Italy*. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/N-Lounaouci-Ouyed.pdf>
- Maertens L., Gidenne T. 2016. Feed efficiency in rabbit production: nutritional,technico-economical and environmental aspects In proceeding of the *11th World RabbitCongress- June 15-18,2016-Qingdao-China*.
- Maertens L., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. World Rabbit Sci., 5: 161-165. <https://doi.org/10.4995/wrs.1997.337>.

PARTIE I
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

Les différents travaux de recherches en alimentation du lapin conduits en Europe (France, Italie et Espagne) ont permis de préciser les recommandations nutritionnelles spécifiques répondant aux besoins du lapin (croissance et allaitement).

La maîtrise de la nutrition du lapin, et la connaissance des sources alimentaires entrant dans l'aliment granulé déterminent la réussite de l'élevage de cet animal.

Par ailleurs, pour répondre aux besoins des lapins, l'utilisation d'un aliment granulé adapté à chaque stade physiologique s'impose pour une meilleure optimisation des performances des animaux.

Plusieurs sources alimentaires sont utilisées dans la formulation de l'aliment pour lapin. L'enjeu est d'élaborer un aliment à moindre coût, en associant des fourrages (sources de fibres) avec divers coproduits ayant une forte concentration en protéines et en énergie. Cela est favorisé par la particularité du lapin, en tant qu'herbivore monogastrique, de valoriser diverses matières premières, fourrages et de nombreux coproduits agroindustriels.

Cette étude bibliographique comprendra donc un rappel sur les principaux besoins nutritionnels du lapin, en faisant le point sur les dernières recommandations nutritionnelles, ainsi que les sources alimentaires alternatives utilisées en alimentation du lapin qui peuvent substituer les matières premières habituellement utilisées en formulation classique.

Le deuxième chapitre consacré à la drêche de brasserie, est une synthèse bibliographique, rédigée dans l'objectif de mettre en valeur les potentialités de ce coproduit de l'industrie agroalimentaire, en vue d'une meilleure valorisation en alimentation des animaux d'élevage.

CHAPITRE I

Nutrition du lapin et sources alimentaires

Chapitre I : Nutrition du lapin et sources alimentaires

I.1. Les besoins nutritionnels

En élevage du lapin, l'adoption d'une bonne stratégie nutritionnelle et alimentaire permet, non seulement d'optimiser la production (viande, lait, fourrure), mais aussi de prévenir diverses pathologies qui peuvent avoir comme origine un aliment déséquilibré ou des agents pathogènes. Cela passe impérativement par la connaissance des besoins nutritionnels du lapin et de sa particularité digestive, notamment la pratique de la cæcotrophie.

Les recommandations nutritionnelles pour le lapin, initialement proposées par Lebas (1975) à ce jour (40 ans) (Gidenne, 2015a), ont été périodiquement actualisées notamment lors des sessions du congrès mondial de cuniculture, citons particulièrement celles de Lebas *et al.* (1984) ; Lebas (1989) ; Maertens (1992) ; Gidenne (1996, 2000 et 2003) ; Lebas (2004) ; De Blas et Mateos (2010). Ces progrès scientifiques ont abouti à la formulation d'aliments de composition variée et bien équilibrés tout en préservant la santé digestive des lapins.

I.1.1. Les besoins en énergie

Comme il a été montré il y a déjà 40 ans par Lebas (1975), le lapin en croissance nourris *ad libitum*, ajuste sa consommation alimentaire en fonction de la concentration énergétique des aliments qui lui sont présentés, dans la mesure où les protéines et autres éléments de la ration sont bien équilibrés. Cette régulation n'est toutefois possible que dans la mesure où la concentration énergétique alimentaire est comprise entre 9,00 et 11,50 MJ d'ED/kg, et sans addition de lipides dans l'alimentation (Xiccato et Trocino, 2010).

Si l'aliment contient trop peu d'énergie digestible (ED), le lapin ne pourra pas accroître suffisamment son ingéré pour couvrir ses besoins, et sa croissance sera ralentie (Lebas, 1989). À l'inverse, un aliment trop concentré en ED conduira le lapin à réduire son ingestion, ce qui peut aboutir à un ingéré insuffisant pour d'autres nutriments, tels que les protéines ou certains acides aminés essentiels (Gidenne *et al.*, 2013). Il faut donc que la concentration en nutriments soit calculée pour atteindre une quantité ingérée couvrant les besoins.

C'est pourquoi, il est recommandé de calculer le ratio PD/ED de l'aliment pour s'assurer d'un apport équilibré en protéines digestibles (PD) et en énergie digestible (ED). Ce dernier (PD/ED) doit être compris entre 9,8 et 11,3 g PD/MJ d'ED (Tableau 1).

Par contre, si les lipides apportent plus de 10% de l'énergie digestible, la régulation peut être mise en défaut et les animaux risquent d'ingérer davantage de l'aliment le plus riche en lipides,

en raison de l'absence d'extra-chaaleur de consommation de ces derniers (Lebas, 1996 et Xiccato et Trocino, 2010).

Chez les lapins en croissance-finition, une partie importante de l'énergie alimentaire peut être apportée sous forme d'amidon. Par contre, avant 40 jours d'âge, le lapereau digère mal l'amidon car son équipement digestif n'a pas encore atteint sa maturité fonctionnelle. A cet effet, il est conseillé de ne pas dépasser une teneur maximale de 12 à 13 % d'amidon, afin d'éviter les troubles digestifs (De Blas *et al.* 1990 et Lebas, 1996).

I.1.2. Les besoins en Protéines

La couverture des besoins en protéines et en acides aminés est nécessaire pour optimiser les performances de croissance des lapins après le sevrage. Le lapin exprime un besoin qualitatif en protéines (Lebas *et al.* 1984), bien que la cæcotrophie soit une bonne source d'acides aminés essentiels.

L'aliment doit fournir une quantité minimale de 10 acides aminés indispensables (Arginine, histidine, leucine, isoleucine, lysine, phénylalanine, méthionine, thréonine, tryptophane, valine) sur les 21 acides constituant les protéines. Chez le lapin, deux autres acides aminés (Tyrosine et cystine) ont été ajoutés et qui peuvent partiellement remplacer deux acides aminés indispensables (Lebas, 1991, Gidenne, 2015a).

Parmi ces 10 acides aminés essentiels, les besoins n'ont été étudiés avec précision que pour l'arginine (Berchiche, 1985), la lysine (Colin *et al.*, 1978 ; Belenguer *et al.*, 2004 et Grand *et al.*, 2017), les acides aminés soufrés (Méthionine et cystine) (Berchiche et Lebas, 1984) et la thréonine (Xiccato et Trocino, 2010). Les acides aminés soufrés et la lysine sont le plus souvent les acides aminés limitants, suivis immédiatement par la thréonine. Leurs valeurs de recommandations sont exprimées en acides aminés digestibles pour le lapin en croissance. Les besoins en protéines brutes des lapins à l'engraissement sont compris entre 15 à 16% (Carabano *et al.*, 2008). Par ailleurs, l'apport de l'aliment en protéines est intimement lié à son équilibre en acides aminés indispensables. En effet, si celui-ci est équilibré, il peut ne contenir que 10 à 12 % de protéines (Gidenne, 2015a).

Tableau 1 : Les principales recommandations pour la composition d'aliment granulé selon la catégorie de lapins (Gidenne *et al.*, 2015a)

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		
Énergie 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	9,6 à 10,2		Adulte
Protéine digestible (PD)	g	110 à 120	100 à 115	115 à 130	125 à 140	100 à 115	110 à 125		10,5
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	11,5 à 12,3		1,5 à 12
Acides aminés digestibles									
Lysine	g	6,0	5,7	6,4	6,6	5,5	5,9		7
Soufrés totaux (mét. + cyst.)	g	4,7	4,3	4,6	4,9	4,3	4,7		8
Thréonine	g	4,4	4,2	4,3	4,7	4,2	4,3		4,0
Fibres									
Lignocellulose (ADFom) ^a	g	≥ 190	≥ 170	160 à 185	155 à 180	≥ 170	≥ 170		155 à 180
Lignines (ADL) ^a	g	≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40	≥ 50	≥ 40		40
Fibres « digestibles » ^b		< 240	< 220	< 270	< 260	< 220	< 45		> 45
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		8
Phosphore	g	4,0	3,0	5,0 à 6,0	5,5 à 6,5	3,5	3,0		4
Sodium	g	2,0	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2		3
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		10 000
Vitamine D	UI/kg	900	900	900	900	900	900		900
Vitamine E	UI/kg	40	40	50	50	40	15		40
Vitamine K3	mg/kg	1	1	2	2	2	1		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).

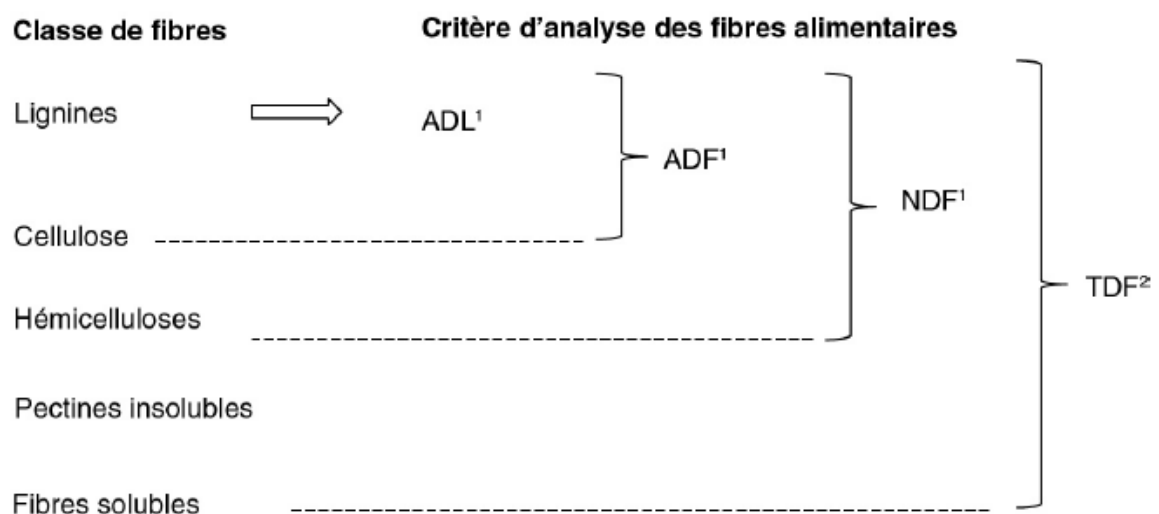
^b Fibres « digestibles » : somme des hémicelluloses (aNDFom-ADFom) et des pectines insolubles (Gidenne, 2015).

Ainsi, il est recommandé de réduire l'apport en protéines pendant la période de finition jusqu'à 10 g PD/kg d'aliment, cela n'affecte ni la croissance ni l'efficacité alimentaire (Maertens *et al.*, 1997; 1998 ; Xiccato et Trocino, 2010). Inversement, un niveau élevé de protéines alimentaires de la ration, conduit à un rapport PD/ED élevé, ce qui a pour conséquence une amélioration légère de la croissance, mais réduit l'efficacité alimentaire (Kjaer et Jensen, 1997). De plus, un excédent de protéines (non digérées) conduit à une incidence plus élevée de diarrhée ou à une augmentation de la mortalité (De Blas *et al.*, 1980, Gidenne *et al.*, 2001, Garcia-Ruiz *et al.*, 2006, Chamorro *et al.*, 2007).

I.1.3. Besoin en fibres

En tant qu'herbivore, le lapin a besoin d'ingérer une quantité minimale de fibres (figure 1) pour le bon fonctionnement de son système digestif. En effet, elles sont importantes pour la régulation du transit digestif, l'activité du microbiote cæcal ainsi que sur la santé digestive du lapin en croissance (Lebas *et al.*, 1998 ; De Blas *et al.*, 1999 ; Gidenne, 1996 et 2003; Garcia *et al.*, 2009 ; Gidenne *et al.*, 2010 ; Combes *et al.*, 2012 et Gidenne 2015b).

L'activité microbienne cæcale permet une digestion des fibres, leur dégradation dans le caecum dépend de la nature des fibres et de la surface d'attaque microbienne. A cet effet, la digestibilité fécale est de 15-25 % pour la cellulose, 20-40 % pour les hémicelluloses, jusqu'à 70-75 % pour les pectines, et peut dépasser 80 % pour les polyosides solubles (Gidenne, 2015b). Les lignines sont des composés polyphénoliques et leur digestion par le lapin est quasi nulle (Gidenne *et al.*, 1996)



1. NDF, Neutral Detergent Fibre ; ADF, Acid Detergent Fibre ; ADL, Acid Detergent Lignin .
 2. TDF, Total Dietary Fibre

Figure 1. Les fibres alimentaires : principales classes et méthodes d'analyse (Gidenne, 2015a).

L'évaluation des effets des fibres sur les performances de croissance et la santé digestive des lapins, a fait l'objet de nombreuses études, notamment par l'équipe de l'INRA de Toulouse en France (Gidenne, 1996 ; Gidenne, 1997 ; Lebas *et al.*, 1998; Gidenne, 2000 ; ; Bennegadi *et al.* 2001 ; Gidenne et Lebas, 2002 ; Gidenne, 2003 ; Gidenne *et al.*, 2010 ; De Blas, 2012 ; Gidenne, 2015b). Ces travaux ont montré qu'un déficit en fibres d'ADF conduit à une diminution de la croissance du lapin de 10 à 20% suite à une augmentation significative des troubles digestifs. Par ailleurs, pour une meilleure évaluation de l'effet des fibres sur l'état sanitaire du lapin en croissance, Gidenne (1997) a développé le critère de morbidité (c'est le nombre de lapins malades par rapport au nombre initial d'animaux). Ce dernier a été combiné avec la mortalité pour obtenir l'index de risque pour la santé : IRS= morbidité + taux de mortalité.

À l'inverse, un apport excessif en fibres (>30 % ADF) n'entraîne aucune pathologie mais, détériore l'efficacité alimentaire de 20 à 40% suite à une diminution de la concentration énergétique de l'aliment (Maertens *et al.*, 2016). Par conséquent, la digestibilité moyenne des fibres se trouve nettement inférieure à celle des autres éléments de la ration (amidon, lipides, protéines).

Tableau 2 : Les fractions de fibres et d'autres nutriments essentiels dans un aliment granulé pour le lapin en croissance (Gidenne, 2015a)

Chemical criteria (g/kg as fed)	Mean range
Total dietary fibre ² (TDF)	450 to 600
Neutral detergent fibre (aNDFom)	280 to 460
Acid detergent fibre (ADFom)	150 to 230
ADL	35 to 65
Crude fibre	120 to 180
Soluble fibre ¹	35 to 120
Other constituents	
Starch	80 to 130
Sugars	30 to 60
CP	140 to 190
Ether extract	20 to 40

Personal data.

¹Calculated as: OM – CP – EE – aNDFom – starch – sugars.

²Mc Cleary *et al.* (2010).

Dans le cas où les fibres rapidement fermentescibles remplacent une partie de l'amidon, Perez *et al.* (2000) et Gidenne *et al.*, (2004) ont constaté une petite altération de l'IC. Inversement, un apport en fibres très peu digestibles (Cellulose et ADL), entraîne une forte dégradation de l'IC avec une diminution de la digestibilité (Gidenne, 2013).

Enfin, en complément des apports en fibres, une stratégie de restriction de l'ingestion après le sevrage, appliquées, il ya 10 ans, dans la quasi-totalité des élevages cunicoles Français, a permis de réduire à la fois l'incidence des troubles digestifs chez le lapin en croissance, le recours à l'utilisation des antibiotiques et l'indice de consommation (Gidenne *et al.*, 2012).

I.2. Les sources alimentaires

I.2.1. Les sources classiques en alimentation du lapin.

L'alimentation classique du lapin en élevage rationnel est basée principalement sur 3 sources alimentaires : le tourteau de soja pour les protéines, des céréales (maïs, orge, avoine, blé) pour l'énergie et des fourrages secs (principalement la luzerne) pour les fibres. Ces matières premières couramment utilisées en alimentation du lapin ont fait l'objet d'un travail de synthèse réalisé par Gidenne (2003, Tableau 3).

Tableau 3 : Teneurs moyennes en fibres et protéines brutes (PB) dans les matières premières couramment utilisées en alimentation cunicole (Gidenne, 2003).

	Fibre composition (<i>g/kg on as fed basis</i>)							
	NDF	ADF	ADL	WIP	iUA	DgF	CF	CP
Alfalfa meal 15	418	326	73	68	55	160	261	153
Grass meal	460	260	50	45	22	245	225	150
Wheat bran	405	118	35	29	13	316	95	150
Wheat straw	750	474	80	22	20	298	395	36
Sugarbeet pulp	428	212	18	250	190	466	180	90
Citrus pulp	220	155	16	120	80	185	133	59
Grape pomace	560	480	300	70	45	150	280	117
Soyabean husks	588	426	21	92	60	254	355	122
Sunflower husks	693	562	202	100	75	231	468	54
Cocoa husk	390	300	140	30	20	120	183	164
Grape seed meal	730	650	550	20	15	100	441	99
Rapeseed husk	563	400	190	125	79	288	324	171
Palm cake	605	372	110	27	9	260	178	147
Coconut cake	447	235	55	40	10	252	125	202
Soyabean meal 48	124	65	5	66	25	125	50	468
Sunflower meal 32	383	270	90	65	45	178	225	306
Rapeseed meal	277	189	86	100	50	188	121	361
Maize gluten feed	312	94	12	50	45	268	78	215
<i>Whole seeds</i>								
Soya	117	73	8	60	25	104	56	369
Pea (smooth, winter)	120	70	4	46	18	96	57	220
White lupins (smooth)	210	155	15	105	20	160	128	326
Faba bean	123	89	8	21	15	55	77	257
Oats	280	135	22	11	6	156	111	106
Barley	175	55	9	6	3	126	46	108
Wheat	110	31	9	5	3	84	22	108
Maize	95	25	5	7	5	77	19	82

NDF = neutral detergent fibre; ADF = acid detergent fibre; ADL = acid detergent lignin (Van Soest *et al.*, 1991; AFNOR, 1997; EGRAN, 2001). WIP: water insoluble pectins (see Section 4). DgF : digestible fibre = hemicelluloses (NDF – ADF) + WIP. iUA: Water insoluble Uronic Acids (Blumenkrantz and Asboe-Hansen, 1973). CF: Crude fibre, according to the method developed in the agricultural research centre of Weende (Henneberg and Stohman, 1859; EGRAN, 2001). CP: Crude protein (N × 6.25). Level of dry matter in ingredients = 900 g/Kg.

L'orge et le maïs sont les céréales les plus utilisées dans la formulation comme source d'énergie avec des taux allant de 30 à 40% (Lebas, 2004). Le tourteau de soja est de loin la source de protéines végétale la plus incorporée en alimentation du lapin, elle est souvent incorporée à des teneurs ne dépassant pas 20% (Lebas, 2004).

Fernandez-Carmona *et al.* (1998) et Maertens (2009) ont montré que les fourrages peuvent être incorporés jusqu'à 50 % dans l'aliment pour lapin comme source de fibres. La luzerne est la matière première la plus utilisée et bien appréciée en formulation. En effet, en plus de sa richesse en fibres, elle fournit une quantité non négligeable de protéines. Comme elle permet selon Combes et Cauquil (2006), d'enrichir la viande de lapin en oméga 3.

I.2.2. Les sources alternatives en alimentation du lapin.

L'embargo américain, sur le soja, de 1973 sur l'Europe a conduit plusieurs pays à explorer d'autres moyens pour assurer leur autonomie alimentaire. En ce sens, de nombreux programmes de développement et de recherche ont été adoptés, visant principalement la recherche d'autres matières premières disponibles qui pourront être des alternatives aux sources alimentaires importées (Maertens *et al.*, 2014).

En effet, l'orientation vers la valorisation des sources alimentaires alternatives permet, non seulement de réduire le coût de l'aliment, mais aussi de limiter la compétition pour l'usage des terres en optimisant leur transformation, en produits utiles, tout en préservant l'environnement.

Dans ce sens, de nombreuses études ont été publiées sur les sources alimentaires utilisées ou utilisables (nouvelles) pour l'alimentation de lapin en croissance. Lebas (2004) en a fait une synthèse de 87 articles publiés entre 1973-2003, où il a pu analyser un total de 542 expériences dans ce domaine. Ces sources alimentaires, ont été classées en 14 catégories portant chacune le nom des matières utilisées, leur taux d'incorporation et l'ingrédient principal remplacé.

Dans la catégorie de céréales, l'orge, le maïs et leurs sous-produits ont été les plus utilisés comme source d'énergie avec des taux allant de 30 à 40%. D'autres produits alternatifs, considérés comme source d'énergie, ont été cités mais dans une autre catégorie. Ces derniers sont soit riches en amidon (racines de manioc) ou en hydrates de carbone hautement digestibles (la pulpe de betterave ou d'agrumes, la mélasse...).

Pour les sources des protéines, nous avons recensé dans la même synthèse de Lebas (2004), 12 types de légumineuses (principalement le pois, le lupin et la féverole) sur 42 études ayant

porté sur la possibilité de remplacer le tourteau de soja. Lebas (2012), a rapporté que le tourteau de colza (incorporé à 2 à 3%), le tourteau d'arachide (2 et 16%), la farine de poisson (1 et 7,8%) et les cosses de soja (3,1 et 6,9%) peuvent être également incorporés dans l'aliment pour lapin.

Dans la catégorie fourrage, le même auteur, a énuméré 150 études dont 43 portaient sur la substitution de la luzerne par d'autres fourrages avec des taux allant de 10 à 40%. Kadi *et al.* (2011), a obtenu des résultats très appréciés en substituant la luzerne par le Sulla (*Hedysarum flexuosum*). Sa teneur en énergie digestible (9,2 MJ/kg MS) et en protéines digestibles (14,5 % MS) en font une matière première d'une valeur similaire à celle de la luzerne.

Quant à la valorisation des sous-produits agroindustriels, ces derniers ont fait l'objet de nombreuses études comme sources de fibres pour remplacer totalement ou partiellement la luzerne. Lebas (2004) a regroupé dans la catégorie sous-produit industriels 52 produits, dont 20 études réalisées visaient la substitution de la luzerne et 2 pour remplacer le tourteau de soja. Parmi ces sous-produits industriels citons essentiellement les pulpes de citrus, pulpe de tomate 20%, marc de pomme 3,4%, marc de raisin 4,2%, pulpe de chicorée (10 ou 20%) et drèches de brasserie ou de distillerie 30%.

Les drèches de brasserie, source principalement de protéines, mais aussi de fibres et d'énergie, sont des sous-produits de l'industrie de la bière, utilisées depuis longtemps dans l'alimentation des ruminants, particulièrement de vaches laitières (Westendorf et Wohlt, 2002) et bien valorisé par les lapins en croissance (voir chapitre suivant).

Récemment, d'autres sous-produits des industries non alimentaires (Biocarburants) ont émergé. Leur valorisation en alimentation animale est une nouvelle approche qui permet de les intégrer dans les régimes alimentaires, comme sources alternatives aux sources alimentaires habituellement incorporées dans la ration, notamment le tourteau de soja (Guermah., 2016).

L'industrie de production de bioéthanol entraîne la production de nouveaux coproduits tels que les drèches de distillerie aussi appelées DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles). Ces coproduits sont obtenus au cours de la fabrication d'alcool après transformation de céréales de blé, orge, triticale ou de maïs en Europe et de maïs ou sorgho aux USA, ou de la betterave sucrières en Europe et canne à sucre au Brésil (Cozannet, 2010). Ces coproduits du bioéthanol constituent une très bonne source de protéines, mais ils apportent également des fibres et pourront de ce fait être utilisés en alimentation du lapin (Carabano et Fraga, 1992).

La possibilité de les intégrer dans l'alimentation de lapins a été étudiée récemment dans les travaux de Youssef *et al.* (2012), Gilbert (2013) et Guermah (2016).

I. 3. Aliment et formulation

Les apports en éléments nutritifs chez le lapin sont assurés par des matières premières très variées qu'on peut trouver sur la base de données encyclopédique en ligne www.feedipedia.org; sur FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal) ; INRA (Institut National de la Recherche Agronomique)-AFZ (Association Française de Zootechnie) ou Sauvant *et al.* (2004) et sur les tables de composition chimique et de valeur nutritive conçues par le groupe EGRAN (European Group on Rabbit Nutrition) (Maertens *et al.*, 2002). Le choix de ces matières premières est basé sur leur disponibilité, leur valeur nutritive (concentration en ED et PD), de leur variabilité naturelle (biologique ou technologique), leur limite d'utilisation ainsi que leur prix sur le marché.

Pour optimiser les performances des lapins en croissance, ces derniers doivent être nourris correctement avec un aliment équilibré, sain et formulé en prenant en compte les récentes recommandations de De Blas *et al.*, (2010) et Gidenne (2015b). En effet, ce dernier recommande, avant de formuler un aliment composé, de bien se renseigner sur l'origine de toutes les matières premières : fournisseurs et procédé d'obtention du produit. Ceci permettrait d'expliquer les écarts trouvés et de mieux choisir les ingrédients à incorporer.

Le choix des matières premières à intégrer dans la formule dépend ainsi fortement de leur profil nutritionnel (richesse en amidon, en fibres, en protéines... etc) et de leur qualité hygiénique (présence des mycotoxines).

Cependant, pour un grand nombre de matières premières connues pour être adaptées à l'alimentation du lapin, la valeur de l'énergie digestible et de la digestibilité des protéines font défaut. Pour pallier à ces insuffisances, Lebas (2016) a proposé des équations de prédiction pour estimer la valeur nutritive. Ces équations ne remplacent pas la mesure *in vivo*, mais fournissent une assez bonne estimation de la valeur nutritive des matières premières non encore étudiées *in vivo*. Ces valeurs peuvent être utilisées pour formuler des régimes équilibrés pour lapins.

Ainsi, pour formuler à moindre coût et obtenir un mélange optimal des différents ingrédients, un logiciel de formulation est disponible gratuitement (<http://world-rabbit->

science.com/Documents/Formulation/Formulation-general.htm) sous Excel en utilisant la fonction "Solveur" de formulation linéaire.

Ce logiciel permet, dans un contexte économique (disponibilité des matières premières et prix), de trouver la combinaison et la proportion des matières premières et sous-produits, répondant par leurs apports en éléments nutritifs et leurs spécificités, à toutes les contraintes posées par le formulateur (Lebas, 2010).

I.4. Qualités physiques de l'aliment granulé

Plusieurs critères sont à surveiller pour assurer une bonne qualité physique de l'aliment : diamètre et longueur du granulé, ainsi que sa dureté et durabilité. Ces derniers sont des facteurs importants modulant le comportement d'ingestion du lapin (Gidenne et Lebas, 2005). La taille du granulé et sa qualité (dureté, durabilité) peuvent également affecter le comportement alimentaire (Maertens et Villamide, 1998). La taille du granulé adapté au lapin est de 3 à 4 mm de diamètre pour une longueur de 8 à 15 mm.

Une réduction du diamètre des granulés augmente la dureté et par conséquent affecte l'ingestion chez les lapereaux (Gidenne *et al.*, 2003) et les lapins en croissance (Maertens, 1994).

La durabilité offre à l'aliment suffisamment de résistance pour être transporté, stocké et manipulé sans se détériorer et sans générer des excès de particules fines. Par contre, une dureté excessive du granulé conduira à un comportement de « grattage », le lapin grattera le contenu de la mangeoire, ayant comme conséquence un gaspillage d'aliment (Gidenne *et al.*, 2003).

En outre, le lapin délaisse un aliment granulé trop dur et préférera un aliment granulé assez tendre. Un aliment granulé très dur avec une faible élasticité peut être très fragile et peut produire ainsi une grande quantité de particules fines lors de sa manipulation (mauvaise durabilité ou dureté) (Gidenne *et al.*, 2003).

Références Bibliographiques

- Belenguer A., Balcells J., Guada J. A., Gonzalez Ronquillo, Decoux M., 2004. Protein recycling in rabbits: incorporation of microbial lysine in growing rabbits as a method of measurement. *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, Puebla (Mexico) Sept. 2004, WRSA ed., 752-758.*
- Bennegadi N., Gidenne T., Licois L. 2001. Impact of fibre deficiency and sanitary status on non-specific enteropathy of the growing rabbit. *Anim. Res., 50, 401-413.*
- Berchiche M. 1985. Valorisation des protéines de la féverole par le lapin en croissance. Thèse de Doctorat. INP de Toulouse, 163 p.
- Berchiche M., Lebas F. 1984. Supplémentation en méthionine d'un aliment à base de féverole : Effets sur la croissance et les caractéristiques de la carcasse des lapins. *3ème Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, Avril 1984, Vol. 1, 391-398.*
- Blas E., Fandos J.C., Cervera C., Gidenne T., Perez J.M. 1990. Effet de la nature et du taux d'amidon sur l'utilisation digestive de la ration chez le lapin au cours de la croissance. In: *Proceedings 5èmes Journées de la Recherche Cunicole, Vol. 2. Comm. no. 50. INRA-ITAVI, Paris, France.*
- Carabaño R., Fraga M.J. 1992. The use of local feeds for rabbits. *Rabbit production and genetics in the Mediterranean area. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 1991. p. 141-158.*
- Carabaño R., Nicodemus N., García J., Xiccato G., Trocino A., Pascual J.J., Falcao-e-Cunha L., Maertens L., 2008. *In vitro* analysis, an accurate tool to estimate dry matter digestibility in rabbits: intra- and inter- laboratory variability. *World Rabbit Sci. 16, 195-203.*
- Chamorro S., Gomez-Conde M.S., Perez De Rozas A.M., Badiola I., Carabaño R., De Blas J.C. 2007. Effect on digestion and performance of dietary protein content and increased substitution of lucerne hay with soya-bean protein concentrate in starter diets for young rabbits. *Animal 1, 651-659.* <https://doi.org/10.1017/S1751731107708273>
- Colin M., Daniel Allain, 1978. Etude du besoin en lysine du lapin en croissance en relation avec la concentration énergétique de l'aliment. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences, 27 (1), pp.17-31.* <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01519340>
- Combes S., Cauquil L. 2006. Viande de lapin et oméga 3 : Une alimentation riche en luzerne permet d'enrichir la viande des lapins en oméga 3. *Viande et Produits Carnés, 25 (2) 31-35.*
- Combes S., Fortun-Lamothe L., Cauquil L., Gidenne T. 2012. Controlling the rabbit digestive

- ecosystem to improve digestive health and efficacy. *In proceeding Of the 10th WRC, September 3-6, 2012, Sharm El- Sheikh, Egypt.*
- Cozannet P. 2010. Valeur nutritionnelle des drêches de bioéthanol de blé pour les animaux monogastriques. Thèse doctorat. Université Européenne de Bretagne. 263 p.
- De Blas C., García J., Carabano R. 1999. Role of fibre in rabbit diets. A review. *Ann. Zootech.* 48; 3-13.
- 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., Pérez E., Fraga M.J., Rodriguez M., Galvez J.F. 1981. Effect of diet on feed intake and growth of rabbits from weaning to slaughter at different ages and weights. *J. Anim. Sci.* 52, 1225-1232.
- Fernandez-Carmona J., Bernat F., Cervera C., Pascual J.J. 1998. High lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 6 : 237-240.
- García J., Gómez-Conde M., Pérez de Rozas A., Badiola I., Villamide M.J., de Blas C., Carabaño R. 2009. Role of type of fibre on intestinal microbiota and performance in rabbits. *Giornate di Coniglicoltura ASIC, Italy*, 11-23.
- Garcia-Ruiz A.I., Garcia-Palomares J., Garcia-Rebollar P., Chamorro S., Carabaño R., De Blas J.C. 2006. Effect of protein source and enzyme supplementation on ileal protein digestibility and fattening performance in rabbits. *Span. J. Agric. Res.* 4, 297-303.
- 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.*, 9(4), 243-254.
- Gidenne T. 1997. Caeco-colic digestion in the growing rabbit: impact of nutritional factors and related disturbances. *Livest. Prod. Sci.* 51, 73-88. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00111-5](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00111-5)
- Gidenne T. 2000. Recent advances in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements. A review. *World Rabbit Science* 8: 23-32.
- Gidenne T. 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science* 81(2-3): 105-117.
- Gidenne T. 2015. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*, 9:2, pp 227–242. [doi:10.1017/S1751731114002729](https://doi.org/10.1017/S1751731114002729).

- Gidenne T., Aubert C., Drouilhet L., Garreau H. 2013. L'efficacité alimentaire en cuniculture : impacts technico-économiques et environnementaux. : 15^{èmes} JRC, 19-20 novembre 2013.
- Gidenne, T., Combes, S., Fortun-Lamothe, L. 2012. Restreindre l'ingestion du jeune lapin: de nouvelles stratégies pour renforcer la santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. *INRA Prod. Anim.* 25: 323-336.
- Gidenne, T., Garcia, J., Lebas, F., Licois, D. 2010. Nutrition and feeding strategy: Interactions with pathology. in de Blas C., Wiseman J., *Nutrition of the rabbit*, CAB International Ed., 179-199.
- Gidenne T., Kerdiles V., Jehl N., Arveux P., Briens C., Eckenfelder B., Fortune H., Montessuy S., Muraz G., Stephan S., 2001. An increase of dietary ratio "digestible fibre/crude protein" do not affect the performances of the growing rabbit but reduce enteritis incidence: preliminary results of a multi-site study. In Proc.: 9^{ème} J. Rech. Cunicoles, Bolet G. (Ed.) 28 & 29 nov. 2001, Paris, France, ITAVI publ. Paris, 65-68.
- Gidenne T., Lebas F. 2002. Role of dietary fibre in rabbit nutrition and in digestive troubles prevention. *2nd Rabbit Congress of the America, Habana City, Cuba, June 19-22, 2002*, 47-59.
- Gidenne T., Lebas F. 2005. Le comportement alimentaire du lapin. In Proc. 11^{èmes}. J. R.C., 29-30 novembre 2005, Paris, 183-196.
- 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., ed.), Quae publ. 137-182
- Gidenne T., Mirabito L., Jehl N., Perez J.M., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Duperray J., Corrent E. 2004. 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., Travel, A., Murr, S., Oliveira, H., Corrent, E., Foubert, C., Bebin, K., Mevel, L., Rebours, G., Renouf, B., Gigaud, V. 2009. Ingestion restreinte et mode de distribution de la ration. Conséquences sur le comportement alimentaire, la digestion et la qualité de la carcasse. 13^{ème} J. Rech. Cunicoles, Le Mans, France. p 43-46.
- Gilbert A.H. 2013. Use of barley, wheat and corn distiller's dried grains with solubles in diets for growing rabbits: nutritive value, growth performance and meat quality. *Ph.D. Thesis, Department of Animal Science, Valencia University, Spain.* 128p.

- Grand E., Davoust C., Picard E., Troislouches G., Launay C. 2017. Effets de différents niveaux de lysine sur les performances de croissance à l'engraissement. *17èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, 21-22 Nov. 2017, 181-184.*)
- Guermah H. 2016. Nutrition du lapin : étude de sources alimentaires alternatives. Thèse doctorat. Université UMMTO. Algérie .122p.
- Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Nutritive value of sundried sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159.
- Kjaer J.B., Jensen J. 1997. Perirenal fat, carcass conformation, gain and feed efficiency of growing rabbits as affected by dietary protein and energy content. *World Rabbit Sci.* 5, 93-97.
- Knudsen C., Combes S., Briens C., Duperray J., Rebours G., Salaun J.M., Travel A., Weissman D., Gidenne T. 2015. 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, Le Mans, France. 115-128.
- Lebas F. 1975. Le lapin de chair, ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique. *ITAVI éditeur (Paris)* 50 p.
- Lebas F. 1984. L'élevage fermier du lapin : contraintes et avantages par rapport à l'élevage industriel. *Colloque Technique Franco-Algérien sur techniques nouvelles dans la filière avicole. 3ème Session Constantine, (Algérie) 21-28 mars 1984, 5p.*
- Lebas F. 1989. Besoins nutritionnels des lapins. Revue bibliographique et perspectives. *uni-Sciences*, 5, 1-28.
- Lebas F. 1991. Alimentation pratique des lapins en engraissement. *Cuniculture* N°102, 18 (6), 273-281.
- Lebas F. 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proc. 8th of World Rabbit Congress, Puebla, Mexico 686- 736* *Revue-sources-matières-premières puebla.pdf*. <http://cuniculture.info/Docsocumentation/Publi-Lebas/2000-2009/2004-Lebas-WRC>
- Lebas F. 2016. Estimation of digestible energy content and protein digestibility of raw materials by the rabbit, with a system of equations. *11th World Rabbit congress, June 15-18, 2016-Qingdao, -China.*

- Lebas F., Bannelier C., Adoukonou J., Djago A.Y. 2012. Chemical composition of some raw materials available for rabbit feeding in Benin. *10th World Rabbit Congress - September 3 - 6, 2012 – Sharm El-Sheikh – Egypt, 581 – 584*
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G. 1996. Le lapin, élevage et pathologie. 2ème édition révisée, *FAO. Rome, 223 p.*
- Lebas F., Duperray J. 2013. Utilisation des matières premières et techniques d'alimentation Les apports lors du 10ème Congrès Mondial de Cuniculture. In "*ASFC - la journées "Sharm El-Sheikh- Ombres & Lumières" journée du 19 février 2013*", Document disponible en ligne sur le site de l'ASFC. <http://www.asfc-lapin.com/Docs/Activite/ombres&lumiere/2012-Sharm-El-Sheik/05-Matieres-Premieres.htm>
- Lebas F., Gidenne T., Perez J.M., Licois D. 1998. Nutrition and pathology. In: The nutrition of the rabbit. Ed. De Blas. & Wiseman), CABI publishing, Wallingford, UK, 197-214.
- Lebas F., Laplace J.P. 1974. Sur l'excretion fecale chez le Lapin. *Ann. Zootech., 23, 577.*
- Maertens L. 1992. Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. *Journal of Applied Rabbit Research 15, 889–913.*
- Maertens L. 1994. Effect of pellet diameter on the growth performance of rabbits before and after weaning. In: *6èmes Journées de la Recherche Cunicole en France*. Paris, France, pp. 325–332.
- Maertens L. 2009. Feeding rabbits. In: *Kellems R. and D.C. Church (Ed.), Livestock Feeds and Feeding (6th Edition), Prentice Hall, Pearson Education, Upper Saddle River, NJ (USA), 488-508.*
- Maertens L., Cavani C., Luzi F., Capozzi F. 1998. Influence du rapport protéines/énergie et de la source énergétique de l'aliment sur les performances, l'excrétion azotée et les caractéristiques de la viande des lapins en finition. In : *7èmes Journ. Rech. Cunicole, J.M. Perez (Ed), 13-14 May, Lyon, France, ITAVI publ. 163-166*
- Maertens L., Gidenne T. 2016. Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects In proceeding of the *11th World Rabbit Congress- June 15-18, 2016-Qingdao-China*
- Maertens L., Guermah H., Trocino A. 2014. Dehydrated chicory pulp as an alternative soluble fibre source in diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 2014, 22:97-104. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2014.1540>
- 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.* <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2002.488>

- Maertens L., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.* 5:161-165.
- Maertens L., Villamide M.J. 1998. Feeding systems for intensive production. In: De Blas C. and. Wiseman J. (ed.). The nutrition of the rabbit. CABI publishing, Wallingford, UK. Chapter 14, pp. 255-271.
- Sauvant D., Perez J. M., Tran G. 2004. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : 2ème édition. ISBN 2738011586, 306 p. INRA Editions Versailles.
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Energy and protein metabolism and requirements. In: *Nutrition of the rabbit*. C. De Blas & J. Wiseman (eds), CABI publ.; Wallingford; UK, pp. 83-118.
- Youssef W.A., El-Magid S.S.A., El-Gawad A.H.A., El-Daly E.F., Ali H.M. 2012. Effect of inclusion of distillers dried grains whit solubles (DDGS) on the productive performance of growing rabbits. *American-Eurasian. J. Agric. Environ. Sci.*, 12: 321-326
- Westendorf M. L., Wohlt J. E. 2002. Brewing by-products: Their use as animal feeds. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 18:233–252.

CHAPITRE II

Les drêches de brasserie en alimentation animale : Synthèse

Chapitre II. Article en préparation

Les drêches de brasserie en alimentation animale : synthèse

Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Berchiche M.

Résumé.

Les drêches de brasserie constituent le résidu solide de la transformation de grains d'orge germés et séchés (malt) pour la fabrication de la bière. L'objectif de cette revue est de mettre en valeur les potentialités de ce coproduit de l'industrie agroalimentaire en vue d'une meilleure valorisation en alimentation des animaux d'élevage. Les drêches de brasserie sont depuis longtemps utilisées en alimentation surtout des ruminants en particulier des vaches laitières, mais également des bovins à l'engrais, des ovins, chevaux et porcs ; comme elles ont été incorporées dans les régimes pour lapins et volailles. Les drêches sont souvent utilisées sous forme humide ou séchées et mélangées à la ration des animaux. Leur richesse en protéines (26%) et en fibres (NDF : 47%, ADF : 22%, ADL : 5, 5%) en fait une ressource très appréciée pouvant remplacer les matières premières couramment utilisées telles que le l'orge, le maïs, le tourteau de soja, la luzerne déshydratée...etc. Aussi, d'autres travaux scientifiques pour une meilleure compréhension de leur utilisation (valeur nutritive, taux optimums d'incorporation,...etc.) sont nécessaires afin de les inclure dans les matrices de formulation à une échelle industrielle. La recherche d'autres procédés industriels et agricoles basés sur les progrès scientifiques permettrait une meilleure valorisation des drêches de brasserie pour une utilisation durable et écologique.

Mots clés : Coproduit agroindustriel, drêches de brasserie, alimentation animale.

II.1. Introduction

Dans le contexte actuel, la complexité et le caractère urgent des problèmes liés à l'environnement, ont conduit plusieurs pays à exercer une pression politique et sociale pour réduire la pollution générée par les résidus résultant des activités industrielles. En effet, depuis plusieurs années déjà, plusieurs recherches ont été effectuées dans l'objectif de rendre ces déchets réutilisable par l'homme ou valorisés par les animaux.

L'industrie de la bière est l'une des industries qui génère des quantités relativement importantes de sous-produits et de déchets : les drêches de brasserie, le houblon et les levures sont les plus communs. Ces drêches sont facilement recyclées et réutilisées comparé à d'autres résidus qui nécessitent de faire appel à d'autres procédés de transformation (Mussato *et al.*, 2006). En effet, leur volume est considérable, correspondant à environ 85% du total de sous-produits générés, soit environ 20 kg par 100 litres de bière produite (Reinold, 1997).

L'utilisation des drêches de brasserie en alimentation animale remonte déjà à 1956 (Westendorf et Wholt. 2002). Sous leur forme humide, elles étaient essentiellement servies aux bovins laitiers. Au départ, ces produits ont été plus utilisées pour leur richesse en protéines, mais ont été également utilisés pour remplacer les aliments concentrés destinées aux bovins laitiers, bovins de boucherie, ovins, porc et chevaux. Par contre leur utilisation en aviculture est limitée en raison de leur richesse en fibres. Leur incorporation en alimentation de lapin en croissance a été déjà vérifié dans les travaux de Maertens et Salifou et (1997) ; Berchiche *al.* (1999) ; Lounaouci *et al.* (2008) ; Guermah *et al.*(2016) et Harouz-Cherifi *et al.* (2018a).

Les drêches, sont utilisables sous trois formes (humides, ensilées ou déshydratées), leurs richesse en protéines (20-33%) et en fibre (ADF 17-26%) en fait d'elles une source intéressante de bonne valeur alimentaire (Quemere *et al.*, 1983).

Cependant, leur richesse en eau (80% d'humidité), limite leur utilisation pour une longue durée rendant ainsi leur stockage vulnérable en raison du grand risque de détérioration. Ainsi, leur aspect volumineux constitue un grand obstacle pour leur transport, engendrant des coûts supplémentaires pour les élevages qui se situent loin des brasseries. Le séchage constitue une bonne alternative, mais couteux sur le plan consommation d'énergie.

L'objectif de cette synthèse est de mettre en valeur les potentialités des drêches de brasserie en vue d'une meilleure valorisation en alimentation des animaux d'élevage.

II.2. Définition et origine

Les drêches de brasserie sont définies, comme étant les résidus séchés de malt d'orge, seuls ou mélangés avec d'autres céréales, résultant de la fabrication du moût ou de la bière et pouvant contenir du houblon séché pulvérisé en quantité n'excédant pas 3% (Westendorf et Whort, 2002).

L'orge est la céréale la plus importante au monde après le blé, le maïs et le riz. Elle est utilisée principalement comme aliment pour animaux ou comme matière première pour produire de la bière (Kendal, 1994). Le grain d'orge est riche en amidon et en protéines et se compose de plusieurs parties : les enveloppes organisées en plusieurs assises (testa, péricarpe, glumelles), l'embryon, la couche à aleurone et l'albumen amylicé (Figure 1). Les glumelles constituent l'enveloppe externe du grain d'orge et représentent environ 10 % de son poids sec, elles sont principalement formées de cellulose (20 %), d'hémicellulose (30-45 %) et de lignine (10-20 %) (Santos *et al.*, 2003).

Les drêches de brasserie se composent donc essentiellement des couches de lemma, de péricarpe et de testa qui couvrent initialement le grain d'orge. En fonction de la régularité du maltage, elles peuvent contenir plus ou moins d'endosperme et des parois de cellules d'aleurone vides. La teneur en amidon contenue dans les drêches est négligeable, tout de même certains résidus de houblon introduits lors du broyage seront présents en fonction du procédé de brassage utilisé (Mussatto *et al.*, 2006).

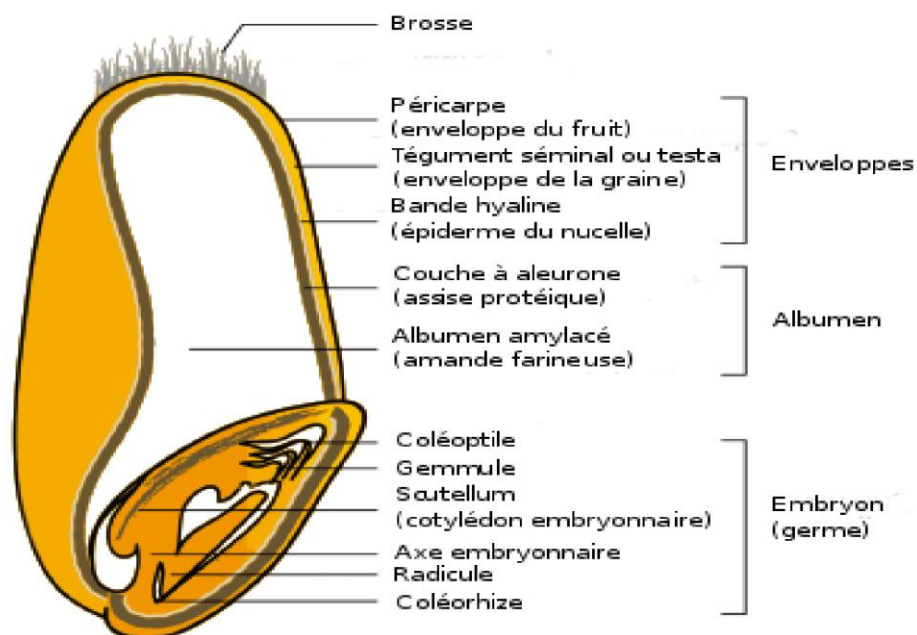


Figure 1 : Anatomie et composition du grain d'orge (Clergt, 2011).

II.3. Etapes de production des drêches de brasserie

Pour obtenir les drêches (Figure 2), l'orge est d'abord maltée, ce processus se décompose en trois grandes étapes : le trempage, la germination et le touraillage. L'objectif du maltage est de produire des enzymes et de préparer l'albumen pour sa dégradation lors du brassage (Heusé *et al.*, 2017)

Tout d'abord les grains d'orge sont nettoyés pour éliminer toutes les impuretés, puis calibrés afin de retirer les grains endommagés et de ne conserver que les grains ayant une taille la plus proche possible de 2,5mm. Les grains d'orge sont par la suite trempés dans des conditions de chaleur et d'humidité permettant leur germination (Kelly et Briggs 1992). La germination permet alors au scutellum et à la couche à aleurone de produire les enzymes nécessaires à la modification du grain telles que les β -glucanases, α -amylases, xylanases et les protéases (Fincher, 1989). C'est la synthèse de toutes ces enzymes qui permet de transformer l'albumen amylicé afin de le rendre hydrolysable en sucres simples lors du brassage.

Les grains sont finalement soumis au touraillage qui consiste à sécher le grain grâce à de l'air chaud jusqu'à éliminer toute activité de développement embryonnaire et de stabiliser le malt.

Le grain est également dégermé afin d'éliminer les radicules. Durant cette phase, l'humidité du malt passe de 44-45 % à 3-4 % (Mussato *et al.*, 2006).

Les grains de malt seront par la suite concassés en séparant les enveloppes (appelées par la suite drêches) du reste du grain qui est transformé en farine puis mélangé avec de l'eau et brassé : c'est la phase de l'empâtage. Le mélange est ensuite soumis à des paliers de températures successifs qui permettent l'action des enzymes en fonction de leur température optimale d'activité. La macération conduit à un liquide (le moût) riche en sucres et en matières azotées assimilables par les levures, c'est ce liquide qui sera transformé en bière. La phase solide, composée des grains résiduels donnera les drêches de brasserie.

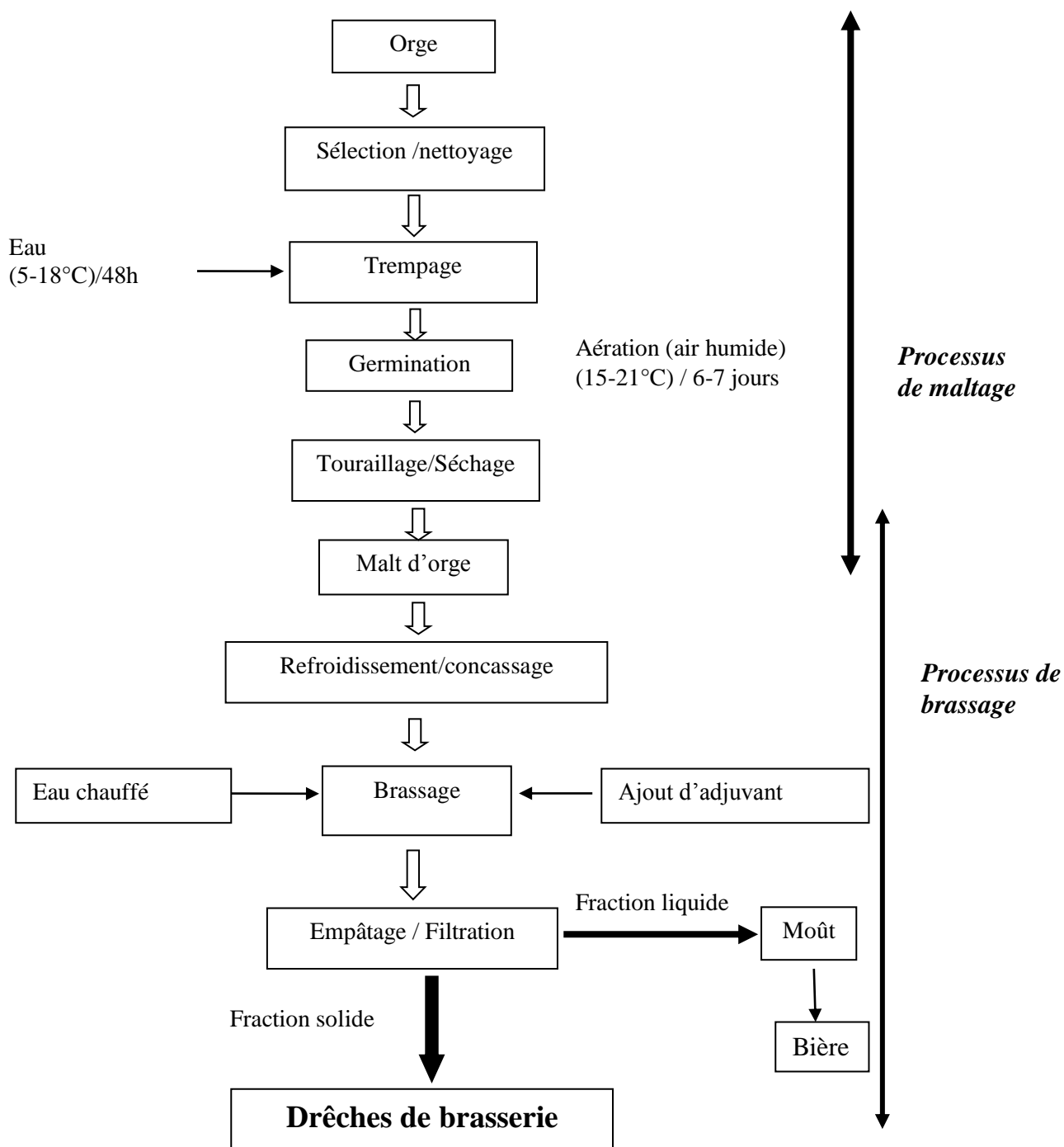


Figure 2 : Schéma représentatif du processus d'obtention des drèches de brasserie

II.4. Composition chimique des drêches de brasserie

Les drêches de brasserie sont de hautes valeurs nutritives (Westendorf et Wohlt, 2002), et contiennent de la cellulose, des hémicelluloses, de la lignine et une teneur élevée en protéines (Santos *et al.* 2003). Cependant, leur composition chimique (Tableau 1) est variable en fonction de la variété d'orge, du moment de la récolte, du maltage et du broyage, ainsi que de la qualité et du type d'adjuvants ajoutés dans le processus de brassage (Huige, 1994, Santos *et al.*, 2003 et Westendorf et Wohlt, 2014).

Tableau 1 : Composition chimique des drêches de brasserie rapportée par la bibliographie

Composition% MB	DePeter <i>et al.</i> (2000)		Westendorf et Wohlt (2002)	Mussato et Roberto (2005)	Mussatto <i>et al.</i> (2008)	Thomas <i>et al.</i> (2010)	Wang <i>et al.</i> (2014)
	Drêches séchées	Drêches humide	Drêches humides	Drêches humides	Drêches humides	Drêches humides	Drêches humides
Matière minérale	4.5	4.28	4,5	4,6	4,6	-	-
Protéines	23.6	27.0	28	15,3	-	27,8	29,6
ADF	25.7	18.0	23	27,8	27,8	16,1	23
NDF	51.4	37.3	50	-	-	59,8	47

Les drêches de brasserie sont très humides, leur MS varie de 26 à 31% (Dong et Ogle, 2003), d'où leur aspect volumineux et périssables. Elles ont tendance à se détériorer rapidement en raison de la croissance de bactéries, de levures et de champignons. Par conséquent, il est nécessaire de les utiliser dès que possible après la réception et de s'assurer qu'elles sont en bon état avant l'utilisation (Wyss, 1994 et Salihu *et al.*, 2011).

Les drêches de brasserie sont considérées comme une matière lignocellulosique riche en protéines et en fibres, qui représentent environ 20 et 70% de leur composition, respectivement (Santos *et al.*,2006). Les tissus fibreux ont pour origine les couches superficielles du grain d'orge utilisé. Les principaux composants de ces tissus fibreux sont l'arabinoxylane, la lignine (une macromolécule polyphénolique) et la cellulose (un homopolymère linéaire d'unités de glucose).

Les fibres digestibles des drêches de brasserie sont considérées comme un excellent complément aux régimes à base de fourrage qui manquent d'amidon et de fibres facilement fermentescibles. De plus, les drêches de brasserie contiennent de 7 à 10% de matière grasse brute, ce qui contribue à leur valeur énergétique totale.

Les drêches de brasserie sont une bonne source de protéines avec une teneur comprise entre 15 et 30% (Tableau 1). Les protéines se trouvent principalement dans la partie germinale du grain brassé. Les acides aminés retrouvés dans les protéines comprennent la leucine, la valine, l'alanine, la sérine, la glycine, l'acide glutamique et l'acide aspartique en plus grandes quantités et la tyrosine, la proline, la thréonine, l'arginine et la lysine en plus petites quantités. La cystine, l'histidine, l'isoleucine, la méthionine, la phénylalanine et le tryptophane peuvent également être présents (Huige, 1994)

Dong et Ogle (2003) ont signalé que la teneur en cendres totales des drêches de brasserie varie de 3 à 5%. Les minéraux retrouvés sont : le calcium, le cobalt, le cuivre, le fer, le magnésium, le manganèse, le phosphore, le potassium, le sélénium, le sodium et le soufre, mais tous à des concentrations inférieures à 0,5% (Santos *et al.*, 2006). A l'opposé, Khidzir *et al.* (2010) ont trouvé des quantités élevées de calcium, de magnésium, de silicium et de phosphore. Kunze (1996) précise que 25% des minéraux présents dans l'orge sont présents sous forme de silicates.

Les drêches contiennent également des vitamines (en ppm) telles que la biotine (0,1), la choline (1800), l'acide folique (0,2), la niacine (44), l'acide pantothénique (8,5), la riboflavine (1,5), la thiamine (0,7) et la pyridoxine (0,7) (Huige, 1994 et Mussatto *et al.*, 2006).

II.5. Valorisation et utilisation en production animale

Les drêches de brasserie, coproduit agroindustriel, sont souvent utilisées en alimentation animale. Cependant, elles ont été également introduites dans plusieurs domaines (Salihu *et al.*, 2011) tels que : l'alimentation humaine, la biotechnologie, l'énergie et récemment les recherches se sont orientées vers la possibilité de les exploiter dans la production de biomatériaux (Figure 3).

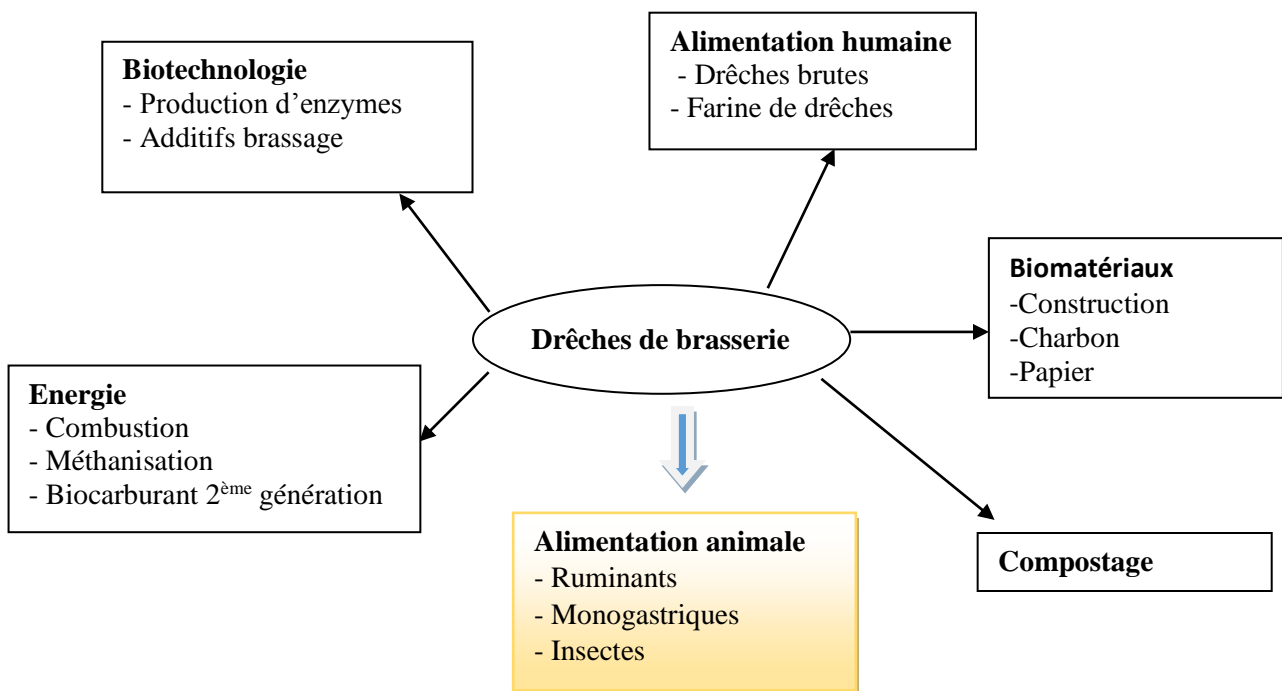


Figure 3 : Les différentes voies d'utilisation des drêches de brasserie.

II.5.1. Utilisation chez les volailles

L'utilisation des drêches de brasserie dans l'alimentation des volailles est très limitée en raison de leur teneur élevée en fibres (Ademosun, 1973 ; Llopis *et al.*, 1981) et de la faible digestibilité de leur protéine ce qui affecte leur valeur nutritionnelle et l'énergie métabolisable comparativement aux grains d'orge d'origine (Heuzé *et al.*, 2017). En conséquence, elles ne sont pas bien adaptées à l'alimentation des volailles qui ont des besoins élevés en énergie en particulier le poulet de chair.

Néanmoins, plusieurs travaux (Llopis *et al.*, 1981 ; Deltoro-López et Fernandez-Carmona 1981 ; Sintondji, 1990, Denstadli *et al.* 2010 et Arbouche *et al.*, 2014) ont rapporté la possibilité d'incorporer les drêches de brasserie dans l'alimentation du poulet de chair en phase de croissance et finition mais à des taux allant de 5 à 20%. Au-delà, les performances de croissance et l'efficacité alimentaire se trouvent détériorées. En effet, Metayer *et al.* (2009) ont souligné que pendant ces deux phases, les sujets ne présentent pas de sensibilité aux taux de substitution inférieurs à 20% en drêches de brasserie.

Chez la poule pondeuse, l'incorporation des drêches de brasserie à des taux de 10% (Yeong *et al.*, 1986), 20% (Branckaert *et al.*, 1970) et 30% (Deltoro-López *et al.*, 1981) ne semble pas déprimer la production d'œufs.

II.5.2. Utilisation chez le lapin

La possibilité d'utilisation des drêches de brasserie séchées en alimentation de lapins en engraissement a été déjà démontrée dans les travaux de Fernandez-Carmona *et al.*, (1996), Lebas *et al.* (1996), Marteaux et Salifou (1997), Berchiche *et al.*(1999), Lounaouci–Ouyed *et al.*(2008), Guermah *et al.* (2016) et récemment par Lima *et al.* (2017) à des taux d'incorporation allant de 20 à 30%. Néanmoins, incorporées à 40% dans un essai réalisé par Harouz-Cherifi *et al.* (2018a), elles n'ont pas affecté les performances de croissance des lapins, ni l'indice de consommation, de plus elles ont permis de réduire le coût de l'aliment. La valeur nutritive des drêches obtenue par différents auteurs (Tableau 2), montre sa bonne valeur énergétique et protéique.

Tableau 2 : Valeur nutritive des drêches de brasserie pour le lapin rapportée par la bibliographie

	Fernandez et carmona (1996).	Salifou et Marets (1997)	Guermah <i>et al.</i> (2016)	Lima <i>et al.</i> (2017)
ED MJ/kg MS	13,8	10,06	11,66	11.2
PD %	-	15,3	15,7	15,6

II.5.3. Utilisation chez les chevaux

Les drêches de brasserie peuvent constituer pour les chevaux une bonne source de fibres et de protéines et peuvent constituer un excellent substitut aux céréales fourragères et aux protéines (Wolter *et al.*, 1983). Dans un essai de digestibilité réalisé en Floride (USA) et rapporté par Westendorf et Wohlt (2002), les chevaux ont été nourris avec un aliment contenant jusqu'à 40% de drêches de brasserie séchées (en substitution totale de l'avoine et du tourteau de soja). Il n'y avait aucune différence de digestibilité de la matière sèche, des protéines brutes, de l'énergie et des constituants pariétaux.

Auparavant, distribuées fraîches associées à un aliment composé pour des poneys adultes, Wolter *et al.* (1983) ont observé une réduction de la digestibilité de la matière sèche et de la matière organique de l'ensemble du régime. L'utilisation des drêches de brasserie comme

source de protéines chez les équidés se trouve limitée en raison de sa faible composition en lysine (Heuzé *et al.*, 2017).

II.5.4. Utilisation chez les ruminants

Les drêches de brasserie sèches et humides sont fréquemment utilisés dans les régimes alimentaires des bovins laitiers en lactation (Boessinger *et al.*, 2005; Westendorf *et al.*, 2014), ainsi que chez les bovins à l'engraissement (Preston *et al.*, 1973). En effet, cette orientation est justifiée sur le plan nutritionnel par la richesse des drêches de brasserie en protéines, en fibres et en énergie et économiquement par leur faible coût en particulier dans les pays producteurs de bière.

La valeur en énergie nette des drêches de brasserie séchées varie de 5,8 à 7,8 MJ/ kg MS (Sauvant *et al.*, 2004). Quant à leur valeur protéique, les drêches sont relativement riches en protéines non dégradables. En effet, elles peuvent être combinées avec des sources d'Azote telles que l'urée pour fournir tous les acides aminés essentiels (Mussato *et al.*, 2006). Les valeurs alimentaires des drêches de brasserie sont résumées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs alimentaires des drêches de brasserie déshydratées destinées aux ruminants (Heuzé *et al.*, 2017).

	Valeurs moyennes
DMO, %	63,1
ED, %	63,2
ED, kcal/kg MS	3125
UFL, kg MS	0,86
UFV, kg MS	0,77
Digestibilité de l'azote, %	70,3
Digestibilité intestinale de l'azote, %	84
PDIA, g/kg MS	123
PDIN, g/kg MS	187
PDIE, g/kg MS	158

UFL : unité fourragère lait. UFV : unité fourragère viande ; PDIA : protéines digestible dans l'intestin d'origine alimentaire ; PDIN : protéines digestible dans l'intestin permise par l'azote ; PDIE : protéines digestible dans l'intestin permise par l'énergie

Les protéines de drêches de brasserie sont bien digérées dans le rumen et, dans une plus large mesure, dans l'intestin grêle. La concentration de protéines dégradables dans le rumen varie de 28 à 43% avec une moyenne de 35%, ce qui indique que les drêches de brasserie sont de bonnes sources de protéines absorbables dans l'intestin (PAI), comparable à celle des pois protéagineux, du gluten de maïs ou des tourteaux de colza (Westendorf *et al.*, 2014).

Les drêches de brasserie ont été souvent intégrées dans l'alimentation des vaches laitières comme complément protéique. En effet, dans une étude américaine, Cozzi *et al.* (1994) ont montré que les drêches de brasserie peuvent remplacer complètement le tourteau de soja et le tourteau de gluten de maïs dans les rations destinées aux vaches laitières. Par contre, Santos *et al.* (1998), dans leur étude sur l'effet de la protéine non dégradable dans le rumen sur les performances des vaches laitières, ont confirmé la possibilité de substituer le tourteau de soja par les drêches de brasserie mais ils n'ont observé aucune amélioration des performances des animaux. Westendorf *et al.* (2014) recommandent de les inclure à hauteur de 20 à 30 % dans la ration en raison de leur faible teneur en certains acides aminés en particulier la lysine et la méthionine. En effet, selon ces auteurs, utilisées comme principale source de protéines dans la ration pour vaches à haut potentiel productif, elles ont détérioré le rendement laitier de ces dernières d'où l'importance de les mélanger avec d'autres sources de protéines riches en lysine.

Par ailleurs, utilisées comme sources de fibres, les drêches séchées ou ensilées peuvent substituer les fourrages et l'ensilage de maïs (Younker *et al.*, 1998). L'inclusion des drêches de brasserie dans l'aliment permet également d'augmenter la durée de mastication (56,6 mn/kg MS) comparativement à d'autres aliments fibreux tels que la pulpe de betterave (Heuzé *et al.*, 2017) ce qui favorise la salivation et permettrait ainsi de diminuer le risque d'acidose.

Les drêches de brasserie peuvent également être utilisées dans les rations des chèvres en entretien et en fin de lactation mais, à des taux ne dépassant pas 20%, au-delà la digestibilité de la ration diminue (Silva *et al.*, 2010).

Chez les moutons, plusieurs études (Bovolenta *et al.*, 1998; Anigbogu, 2003) ont montré l'efficacité d'inclusion des drêches de brasserie humides ou sèches dans la ration destinée aux ovins à l'engraissement, ces derniers recommandent des taux allant de 40 à 60%.

II. 6. Conservation et stockage

En raison de leur taux d'humidité élevée (80%) et de leur teneur en sucres fermentescibles, les drêches de brasserie se détériorent très facilement à cause de la croissance de bactéries, de levures et de champignons (Wyss, 1997), ce qui réduit le temps de leur stockage qui ne doit pas dépasser 7 jours. A cet effet, plusieurs méthodes ont été proposées pour prolonger le temps de leur stockage. Le séchage ou la déshydratation constitue une bonne alternative même si elle induit une légère baisse ($\pm 2\%$) de l'azote total, mais elle présente l'avantage de réduire le volume du produit et les coûts de transport et de stockage (Valverde, 1994).

Cependant, ce type de déshydratation thermique ou par une presse à bande nécessite des installations appropriées coûteuses. Santos *et al.* (2003) rapportent que certaines brasseries utilisent une technique de séchage en deux étapes, où la teneur en eau est d'abord réduite à moins de 60% par pressage, puis séchées pour garantir une humidité inférieure à 10%. D'autres études par contre recommandent des méthodes de lyophilisation, de séchage au four (T° de 60°C) et des méthodes de congélation. Cependant, elles présentent l'inconvénient d'être très onéreuses.

Une autre méthode de séchage qui pourrait faire économiser de l'énergie a été proposée par Tang *et al.* (2005). Elle consiste à utiliser de la vapeur surchauffée appliquée sur les drêches de brasserie après étalage en couches minces.

L'ensilage peut également être une possibilité pour le stockage des drêches de brasserie humides, à conditions qu'elles soient bien couvertes pour maintenir la fermentation anaérobie. Le temps de stockage varie de 3 semaines à 6 mois, mais dans ce cas l'ajout des additifs (acide lactique, formique et acétique) est impératif pour stabiliser les drêches de brasserie et préserver leur qualité nutritionnelle (Boessinger *et al.*, 2005).

II.7. Conclusion

Les drêches de brasserie représentent une alternative face à la flambée du prix des matières premières sur le marché mondial. La richesse en protéines, en fibres et en énergie fait que cet aliment est apprécié comme complément des rations riches en énergie. Toutefois, leur faible composition en lysine doit être prise en considération pendant la formulation des rations.

Les drêches de brasserie fraîches ou ensilées constituent un aliment complémentaire appétent riche en protéine, que les bovins, caprins, ovins et équidés consomment volontiers. Cependant, à l'état humide elles sont vulnérables à la croissance microbienne et à la détérioration et ne peuvent être utilisées que sur une courte période (7 à 10 jours) à moins d'être stabilisées après la production. Ainsi, pour des raisons de frais de transport, l'alimentation à l'état frais n'est rentable que lorsqu'on se trouve à proximité d'une brasserie.

A l'état séché, elles constituent un bon ingrédient pour l'alimentation des monogastriques en particulier pour les lapins en croissance, remplaçant les sources alimentaires couramment utilisées dans l'aliment standard. Par ailleurs, les efforts doivent être orientés vers la recherche de méthodes alternatives de séchage économiquement durables.

Les progrès récents de la biotechnologie font en sorte que les drêches de brasserie ne sont plus considérées comme des déchets, mais plutôt comme une matière première non seulement utilisée en alimentation animale mais aussi pour la production de plusieurs produits grâce aux processus biotechnologiques.

Enfin, des études approfondies sur l'intérêt de l'utilisation des drêches de brasserie en alimentation animale est nécessaire, ce qui implique à la fois des expériences en laboratoire et sur le terrain avec des processus de contrôle appropriés.

Références bibliographiques

- Ademosun A.A., 1973. Evaluation of brewer's dried grains in the diets of growing chickens. Brit. Poultry. Sci., 14, 463-468. <http://dx.doi.org/10.1080/00071667308416053>
- Anigbogu, N. M., 2003. Supplementation of dry brewer's grain to lower quality forage diet for growing lambs in Southeast Nigeria. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 16 (3): 384-388. http://www.ajas.info/Editor/manuscript/upload/16_59.pdf
- Arbouche Y., Arbouche H.S., Arbouche F., Arbouche R., Mennani A. 2014. Effets de l'incorporation de drêches d'orges locaux dans la ration sur la croissance de poulets de chair (Algérie) [Livestock Research for Rural Development 26 \(10\) 2014.](http://www.lrrd.org/lrrd26/10/arbo26190.html) <http://www.lrrd.org/lrrd26/10/arbo26190.html>
- Berchiche M., Lounaouci G., Lebas F., Lamboley B. 1999. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. Cahiers Options Méditerranéennes., 4: 51-55.
- Boessinger M., Hug H., Wyss U., 2005. Les drêches de brasserie, un aliment protéique Intéressant. Revue d'APU, 4/05, 8401. http://bier.ch/wp-content/uploads/sites/2/2015/04/f_malztreber.pdf
- Bovolenta S., Piasentier E., Peresson C., Malossini F. 1998. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers' grains by growing lambs Anim. Sci., 66 (3):. 689-695. <https://doi.org/10.1017/S1357729800009267>
- Branckaert R. 1967. Utilisation des drêches de brasserie desséchées dans l'alimentation du poulet de chair en régions tropicales. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays trop. 20, 4 (595-600).
- Clerget Y. 2011. Biodiversité des céréales : Origine et évolution. Montbéliard, 17p.
- Cozzi G., Polan CEo. 1994. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holsteins cows. J Dairy Sci :77:825-34.
- Deltoro López J., Fernandez Carmona J. 1981. Evaluation of brewer's dried grains in the diets of broiler chickens. Anim. Feed Sci. Technol., 6 (2): 179-188. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(81\)90049-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(81)90049-3)

- Denstadli V., Ballance S., Knutsen S.H., Westereng B., Svihus B. 2010. Influence des niveaux gradués de drêches sèches de brasserie sur la qualité des granulés et de la performance chez les poulets de chair. *Dindonneau. Sei.*, 89 (12): 2640-2645 <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2010-00724>
- DePeters E. J., Fadel J. G., Arana M. J., Etchebarne M. A., Hamilton C. A. 2000. Variability in the chemical composition of seventeen selected by products feedstuff used by the California dairy industry. *Prof. Anim. Sci.* 16:69–99.
- Dong N.T.K., Ogle. R.B. 2003. Effect of brewery waste replacement of concentrate on the performance of local and crossbred Muscovy ducks. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16: 1510-1517.
- 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. <http://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/516/503>
- Guermah H., Maertens L., Berchiche M. 2016. Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits, *World Rabbit Sci.*, 2016, 24: 183-189. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2016.4353>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018a. Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on rabbit performance and economic efficiency. *World Rabbit Sci.* 2018, 26: 27-34. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.7765>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018b. 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, Article #110* <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/cheri30110.html>
- Heuzé V., Tran G., Sauvant D., Lebas F. 2017. *Brewers grains*, Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO, <http://www.feedipedia.org/node/74>
- Huige N.J., 1994. Brewery by-products and effluents, in: Hardwick, W.A. (Ed.), *Handbook of Brewing*. Marcel Dekker, New York, pp. 501–550
- Kelly L., Briggs D.E. 1992. Barley maturity and the effects of steep aeration on malting. *Journal of institute of Brewing* 98, (4): 329-334.
- Kendal N.T. 1994. Barley and malt. In: Hardwick, W.A. (Ed.), *Handbook of Brewing*. Marcel Dekker, New York, pp. 109–120.
- Khidzir K. M., Noorlidah Abdullah, Agamuthu P. 2010. Brewery Spent Grain: Chemical characteristics and utilization as an Enzyme Substrate *Malaysian Journal of Science* Volume 29, issue 1.
- Kunze W. 1996. in: Mieth, H.O. (Ed.), *Technology Brewing and Malting*. International Edition. VLB, Berlin. 726 p.

- Lebas F., Coudert P., Kpodekon M., Djago y.A., Akoutey A. 1996. Rabbit breeding in tropical conditions, comparative study between a local strain and an European strain. II. Utilization of local concentrate or of imported pelleted feed in fattening rabbits. *6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12/07/1996*, vol. **3**, 381-388
- Lima P.J. D .O., Watanabe P. H., Cândido R. C., Ferreira A .C. S., Vieira A. V., Rodrigues B .B. V., Nascimento G.A .J., Freitas E.R. 2017. Dried brewers grains in growing rabbits: nutritional value and effects on performance. *World Rabbit Sci.* 2017, 25: 251-260. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6813> .
- Llopis J., Boza J., Gonzalez-Moles A., Luque J.A. 1981. Etude des possibilités d'emploi de la drêche de brasserie dans l'alimentation des monogastriques. I. Expériences chez des rats et des poulets, concernant la qualité nutritive de la protéine de deux fractions de la drêche de brasserie. *Annales de zootechnie*, 30 (1), pp.77-85. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00888070>
- 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 *9th World Rabbit Congress, Verona, Italy*. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/N-Lounaouci-Ouyed.pdf>
- Maertens L., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci*,5, 161-165. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.1997.337>.
- Metayer J. P., Gaüzere J. M., Gady C., Skiba F. et Vilariño M. 2009. Valeur nutritionnelle d'une drêche de blé chez le coq et le poulet et effet du niveau d'incorporation et de l'ajout d'un complexe multi-enzymatique sur les performances de croissance des poulets standards. *Huitièmes Journées de la Recherche Avicole, St-Malo, 25 et 26 mars*, 167-171
- Mussatto S.I., Dragone G., Roberto I.C. 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science* 43, 1–14.
- Mussatto S.I., Roberto I.C. 2005. Acid hydrolysis and fermentation of brewer's spent grain to produce xylitol. *J. Sci. Food. Agric.* 85: 2453-2460.
- Mussatto S.I., Rocha G.J.M., Roberto .IC. 2008. Hydrogen peroxide bleaching of cellulose pulps obtained from brewer's spent grain. *Cellulose* 15:641-649
- Muthusamy N. 2014. Chemical composition of brewers spent grain – a Review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 3, No 6, 2109 – 2112.
- Potter L.M., Metabolisable energy and digestible nutrient contents of brewer's grains and glucose for the young turkey. *Br Poult Sci* 1979:20:265-71.
- Preston R.L., Vance R.D., Cahill V.R. 1973. Energy evaluation of brewers grains for growing and finishing cattle. *J Anim Sci*:37: 174--8.

- Quemere P., Fourdrinier R., Lefranc A., Willequer F. 1983. Utilisation de la drêche de brasserie déshydratée par le porc en croissance-finition. Journées rech, Porcine en France, 15,325-334.
- Reinold M .R . 1997. Manual practicio de cervceria. Aden ED. Sao Pablo Brasil, 123 p.
- Runavot J.L. 2011. Maltage à faible Hydratation : dégradation des structures pariétale, diffusion et modification des protéines aleuroniques et caractérisation des barrières hydrophiles cubiculaires. Thèse doct. Univ Nante. 110p.
- Salihu A., Muntari B. 2011. Review: Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. African Journal of Biotechnology Vol. 10(3), pp. 324-331. DOI: 10.5897/AJBx10.006
- Santos M., Jimenez J.J., Bartolome B., Gomez-Cordove's C., del Nozal M.J., 2003. Variability of brewers' spent grain within a brewery. Food Chemistry 80, 17–21.
- Santos F.A.P., Santos J.E.P., Theurer C.D., Huber J.T. 1998. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. J Dairy Sci 81: 3182-213.
- Silva, V.B., Da Fonseca C.E.M., Morenz M.J.F, Peixoto E.L.T, Moura E.D., de Carvalho I.D.O. 2010. Grains de brasseur humides sur l'alimentation de chèvre. Rev. Bras. . Zootec, Vol.39 (7) : 1595-1599. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010000700028>
- Sintondji B., 1990. Influence des drêches de brasserie Dans l'alimentation séchées des Poulets de chair au Bénin. Rev. Asc. Méd. Vétérinaire. . Pays Trop, 43 (2): 239-241.
- Sauvant D., Perez J. M., Tran G. 2004. Tables INRA-AFZ de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : 2ème édition. ISBN 2738011586, 306 p. INRA Editions Versailles.
- Tang Z., Cenkowski S., Izydorczyk M. 2005. Thin-layer drying of spent grains in superheated steam. J. Food Eng. 67: 457-465.
- Thomas M., Hersom M., Thrift T., Yelich, J. 2010. Wet brewers' grains for beef cattle. Univ. Florida, IFAS Extension, AN241.1-3<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/AN/AN24100.pdf>
- Valverde P. 1994. Barley spent grain and its future. Cerveza y Malta, 122, 7–26.
- Wang B., Luo Y., Myung K.H., and Liu J.X. 2014. Effects of storage duration and temperature on the chemical composition, microorganism density, and in vitro rumen fermentation of wet brewer's grains. Asian australas.J.Anim.Sci.Vol.27, N° 6: 832-840. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2013.13668>
- Westendorf M. L., Wohlt J. E. 2002. Brewing by-products: Their use as animal feeds. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 18:233–252.
- Westendorf M. L., Wohlt PAS J. E., Sniffen C. J., Ward R. T. 2014. Nutrient content of brewers grains produced at a commercial brewery: Variation in protein/nitrogen, fiber, carbohydrate, fat, and minerals. The Professional Animal Scientist 30, 400–406. <http://dx.doi.org/10.15232/pas.2013-01272>

- Wyss J.W., Ely L.O., Martin S.A. 1994. wet brewers grains for lactating dairy cows during hot, humid weather. *J Dairy Sci*, 77, 196-204.
- Wyss U. 1997. Ensiling of brewers' grains: high effluent production and good fermentation quality, *Agrarforsc*, 4 (3): 105-108,
- Wolter R., Valette J.P., Agnes Daste, 1983. Evaluation de la digestibilité des drêches fraîches de brasserie chez le poney. *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, 1983, 32 (4), 497-506. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00888264>
- Yeong S. W., Faizah M., 1986. The effect of brewers grains on egg production of chickens. *MARDI Research Bulletin*, 14 (1): 81-84. <http://agris.fao.org/openagris/search.do?recordID=QW19870118595>
- Yunker R.S., Winland S. D., Firkins J. L., Hull B. L. 1998. Effects of replacing forage fiber or nonfiber carbohydrates with dried brewer's grains. *J. Dairy Sci.* 81:2645–2656.

Conclusion de la partie bibliographique

La connaissance avec précision des besoins nutritionnels du lapin, permet de formuler un aliment adéquat pour, non seulement, extérioriser les performances de croissance et de production mais aussi de prévenir les troubles pathologiques liés en particulier à des carences en fibres. En effet, les progrès réalisés sur le volet de la physiologie digestive du lapin en particulier sur l'écosystème microbien du caecum, ont permis de mettre à jours les recommandations des besoins alimentaires.

Les coproduits de l'industrie agro-alimentaire et non alimentaire sont des sources alternatives recherchées dans l'alimentation du lapin d'autant plus que celui-ci est capable de tirer profit des protéines contenues dans des plantes et des coproduits riches en fibres. Cette orientation permet, face à la flambée des prix des matières premières sur le marché mondial, de réduire le coût lié à l'alimentation.

L'un de ces coproduits, la drêche de brasserie, riche en protéines, en fibres et en énergie est utilisée depuis longtemps en alimentation animale et particulier des vache laitières. Mais elle peut constituer une bonne source alternative de protéines, de fibres et d'énergie pour le lapin.

PARTIE II
ETUDE
EXPERIMENTALE

OBJECTIFS

La promotion de la cuniculture en Algérie, particulièrement dans la région de Tizi-Ouzou a bénéficié de l'appui de l'équipe de recherche sur la production animale du Pr Berchiche de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Les investigations du laboratoire entamées à partir de la fin de la décennie 80 ont eu l'appui de la collaboration de l'équipe de recherche sur la cuniculture de l'INRA de Toulouse. Les nombreux travaux de recherches sont orientés vers la valorisation des sources alimentaires végétales ou agro industrielle en alimentation du lapin en croissance. L'objectif attendu est la substitution partielle ou totale des sources alimentaires importées (couteuses et très utilisées par la volaille) pour aboutir à l'autonomie alimentaire.

Les trois expérimentations de notre thèse s'inscrivent dans ce contexte et portent sur la valorisation de la drêche de brasserie (Figure 1 et 2), source agro-industrielle, disponible localement. En outre, le choix de ce coproduit se justifie également par son triple intérêt nutritionnel, importante teneur en protéines, en fibres et en énergie.

En alimentation du lapin, la drêche de brasserie a été déjà substituée au tourteau de soja à des taux ne dépassant pas 30%. Elle est utilisée comme source principale de protéines alors qu'elle est également une bonne source de fibres et d'énergie. Nos essais réalisés ont pour but de préciser les possibilités réelles (substitution partielle ou totale) de l'utilisation des drêches de brasserie en alimentation du lapin en croissance en conditions de production Algériennes. Notre étude expérimentale est présentée sous forme de trois articles dont deux sont publiés et un autre en préparation.

Le premier essai est consacré à la valorisation de la drêche de brasserie incorporée en substitution partielle de tourteau de soja, l'orge et la luzerne, dans l'aliment pour lapins en croissance élevés en conditions de production.

Le deuxième essai est consacré à l'incorporation de la drêche de brasserie à 40%, soit 10 pourcent de plus que dans l'essai précédent.

Le troisième essai concerne la complémentation du coproduit expérimental dans un aliment granulé. La drêche est associée dans une formulation simplifiée, à un autre coproduit disponible localement et à moindre prix, le son de blé.

Enfin, une discussion générale complétera notre étude expérimentale où seront synthétisés les principaux résultats enregistrés au cours de nos trois essais.



Figure 1 : Drêches de brasserie humides étalées au soleil



Figure 2 : Drêches de brasserie séchées

CHAPITRE I

Expérimentation I

VALORISATION DES DRECHES DE BRASSERIE DANS L'ALIMENTATION DU LAPIN EN CROISSANCE

Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C, Berchiche M. et Gidenne T.

Article en préparation

Résumé.

L'objectif de cet essai est d'étudier l'effet d'une incorporation croissante des drêches de brasserie dans l'aliment pour lapin en engraissement sur la digestibilité, la viabilité, les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et l'efficacité économique. Au sevrage (35 jours), 180 lapins ont été répartis en trois lots identiques (poids vif moyen : 860 ± 126 g) et logés dans des cages collectives (4 lapins par cage) jusqu'à l'abattage (77 jours). Chacun des trois lots (B0, B20 et B30) a été alimentés *ad libitum* soit par un aliment granulé contenant 0% (témoin ou D0), 20% (D20) ou 30% (D30) de drêches de brasserie. La digestibilité des trois aliments est mesurée entre 56 et 60 j d'âge sur 12 lapins par groupe. Le niveau d'incorporation de la drêche de brasserie a affecté la digestibilité de la MS, MO, des protéines et de l'énergie. La digestibilité diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation de la drêche de brasserie. Les performances de croissance et d'ingestion ne diffèrent pas significativement entre les 3 lots (GMQ = 30g/j et CMQ cage= 383g/j). Par contre l'indice de consommation a été élevé dans le lot D20 comparativement à celui réalisé par le lot D30 qui se trouve similaire au témoin (3,92 vs 3,65). L'incorporation de la drêche de brasserie n'altère pas les caractéristiques d'abattage, le rendement moyen de la carcasse froide est de 59%. L'efficacité économique était respectivement de 15% et de 41% pour les régimes D20 et D30 avec près de 12 et 25 DA de bénéfice (/ kg de viande). L'incorporation croissante de la drêche de brasserie à des taux de 20 et 30%, en substitution partielle de tourteaux de soja n'affecte pas les performances de croissance, ni d'abattage puisqu'elle a permis de produire des carcasses de même poids et de même qualité que dans le régime témoin et à un prix plus compétitif.

Mots clés : Lapin, digestibilité, performances de croissance, carcasses, efficacité économique, drêches de brasserie.

Introduction

En Algérie, l'un des principaux facteurs limitant le développement de la production cunicole est le manque d'aliment équilibré à un prix compétitif. En effet, les principales sources alimentaires composant les aliments industriels pour lapin sont importées ; ce qui rend le prix de l'aliment élevé constituant ainsi une charge et une contrainte majeure pour les éleveurs.

La recherche de sources alternatives, végétales ou agro-industrielles, aux sources d'énergie, des protéines et des fibres couramment utilisées a été l'objet de plusieurs études. Cependant, la majorité de ces sources alternatives sont plus riches en fibres qu'en protéines et rarement les deux à la fois (Kadi *et al.*, 2011), d'où la nécessité pendant la formulation d'augmenter le taux d'incorporation des sources protéiques, notamment le tourteau de soja pour palier au déficit protéique.

Parmi ces coproduits agroindustriels, la drêche de brasserie qui est un résidu de l'industrie de la bière. Elle est récupérée à la fin du processus de brassage que subissent les graines d'orge lors de la production de bière. Elle représente une matière première intéressante en alimentation animale (Westendorf et Wohlt, 2002 et Heuzé *et al.*, 2016). Elle apporte selon la banque de données Feedipedia, des protéines (25,8%), des fibres (NDF : 56,3% ; ADF : 21,9% et ADL : 5,4%) et même de l'énergie (4942 kcal/kg MS), ce qui en fait d'elle une source alternative très appréciée à la fois en alimentation de vaches laitières en lactation (Westendorf *et al.*, 2014) et de lapins en croissance (Fernandez- Carmona *et al.*, 1996, Maertens et Salifou, 1997). D'autant plus que les lapins sont connus par leur capacité de tirer profit de protéines contenues dans des plantes et des coproduits agro-industriels riches en fibres (Gidenne, 2015a).

Dans les conditions algériennes, la drêche de brasserie a été déjà testée dans les travaux de Berchiche *et al.*, (1998) et Lounaouci-Ouyed *et al.*, (2008), incorporée comme source de protéines dans les régimes pour lapins en croissance, en remplacement total de tourteaux de soja. Il a été constaté la réduction des performances des lapins.

Par ailleurs, ce coproduit agro-industriel, disponible localement, peut être également valoriser en tant que substitut partiel aux sources de fibres, de protéines et d'énergie réduisant ainsi les matières premières habituellement utilisées (luzerne, tourteaux de soja et l'orge) en alimentation de lapins.

C'est dans ce sens que s'inscrit notre étude, l'objectif est d'évaluer l'effet de l'incorporation à des taux croissants de la drêche de brasserie, disponible localement, dans l'aliment pour lapin

en croissance, sur la digestibilité, l'état sanitaire, la croissance et les performances d'abattage ainsi que l'efficacité économique en condition de production.

Matériel et méthodes

Les aliments expérimentaux

Les drêches ont été récupérées au mois de septembre d'une brasserie locale (Rouiba, Alger) et séchées, en fine couche, au soleil sur des toiles en plastique. Tout au long du processus de séchage, les drêches de brasserie ont été tournées trois fois par jour pour éviter toute contamination bactérienne ou fongique (Wyss, 1997 ; Simas *et al.*, 2007). Après quatre jours, les drêches séchées ont été stockées dans des sacs et acheminées vers l'unité de fabrication d'aliment de bétail SARL «Production locale» sise à Bouzaréah (Alger) pour leur incorporation dans les aliments expérimentaux.

Un aliment témoin (D0) classique a été formulé en premier à base de l'orge, du tourteau de soja et de la luzerne. Ensuite, deux aliments expérimentaux contenant 20% (D20) et 30% (D30) de drêches de brasserie ont été formulés à l'aide du logiciel WUFFDA (<http://world-rabbit-science.com/Documents/Formulation/Formulation-general.htm>) pour répondre aux recommandations nutritionnelles courantes pour le lapin en engraissement (De Blas et Mateos, 2010). La règle de substitution adoptée est la suivante :

10 points de drêches = 2,5 points d'orge + 3 points de Tourteau de Soja + 4,5 points de luzerne

Les trois aliments ont été présentés sous forme de granulés (4 mm de largeur et 15 mm de longueur)

Les animaux et déroulement de l'expérimentation

L'essai a été réalisé au niveau du clapier pédagogique du CFPA de Mechtras (Tizi-Ouzou, Algérie). 180 lapereaux de population blanche sevrés à 35 jours (poids vif moyen = 860 ± 147g) ont été répartis, en trois lots égaux (60 lapins/lot), selon le poids vif initial et l'origine de la portée. Les lapins sont issus d'un élevage commercial privé localisé à Tizirt (éloigné de 65 km du site expérimental).

Les lapins ont été identifiés et placés dans cages métalliques (56×38×28 cm) disposées en flat-deck à raison de 4 lapins /cage, soit 15 cages par aliment. Ils ont été suivis de l'âge de 35 jours à l'âge de 77 jours. Chacun des lots a reçu à volonté l'un des trois aliments à savoir D0, D20 ou D30. Chaque semaine, les lapins ont été pesés individuellement et la consommation

alimentaire a été mesurée par cage. La quantité d'aliment consommé par les lapins morts a été retranchée de la consommation totale de la cage pour chaque semaine. Celle-ci est calculée en fonction de la date de mortalité en appliquant l'hypothèse qu'un lapin ne consomme plus durant les deux jours précédant sa mort (Gidenne *et al.*, 2007)

La mortalité et la morbidité ont été enregistrées quotidiennement selon les recommandations de Fernandez-Carmona *et al.*, (2005). L'abreuvement a été automatique et *ad libitum*.

A 77 jours d'âge, les lapins ont été pesés, puis 10 animaux par lots, choisis dans le poids moyen du lot, ont été abattus à 10h 00 du matin, sans mise à jeun préalable, dans des conditions contrôlées. Selon les recommandations de Blasco et Ouhayoun (1996), le poids du tube digestif plein, le poids de la peau et le poids de la carcasse chaude ont été enregistrés juste après l'abattage. Les carcasses ont été ressuées en chambre froide (4°C) ventilée pendant 24h. Ensuite, le poids de la carcasse froide, du foie, du gras périrénal, du gras inguinal et scapulaire ont été enregistrés.

La digestibilité

Le test de digestibilité a été conduit selon les recommandations de la méthode de référence Européenne (Perez *et al.*, 1995). 36 lapins âgés de 49 jours ont été répartis à raison de 12 lapins pour chacun des 3 régimes (poids moyen = 1241±36g). Les lapins ont été placés dans des cages individuelles de digestibilité et nourri *ad libitum* par l'un des trois régimes (D0, D20 et D30).

Après une semaine d'adaptation, les crottes dures ont été collectées quotidiennement pendant 4 jours (entre 56 et 60 j d'âge) pour chacun des 3 lots, mises dans des sachets en plastique portant le numéro du lapin et le type de régime correspondant et gardées au congélateur en attendant l'analyse chimique.

Analyses chimiques des aliments

La composition chimique des aliments a été réalisée à l'INRA de Toulouse (UMR1388 GenPhySe) en France selon les procédures européennes harmonisées (EGRAN, 2001) : humidité, cendres, matière azotées total (N x 6,25, méthode Dumas, Leco), énergie brute (calorimètre adiabatique Parr) et fibres (NDF, ADF, ADL) selon la méthode séquentielle de VanSoest.

Efficacité économique

L'efficacité économique a été calculée à partir de l'équation d'Asar *et al.*, (2010) modifiée par Mouhous *et al.*, (2017) :

Efficacité économique (%) = [(Revenu en gain de poids en DA/kg – Coût total d'alimentation en DA/kg) / Coût total d'alimentation en DA/kg] X 100

Dont :

DA : Dinar Algérien

Revenu en gain de poids, DA/kg = gain de poids total (kg) * prix d'un kg de poids vif (DA)

Coût total d'alimentation, DA = total aliment ingéré (kg/lapin) * prix d'un kg d'aliment.

Le prix d'un kg d'aliment a été calculé en fonction du prix sur le marché local au moment de l'expérience (Mars 2015) des ingrédients qui le composent. Il n'a pas été tenu compte des charges annexes.

Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse de la variance à un facteur (régime alimentaire) à l'aide du logiciel R, version 2.15.02 pour Windows® (www.r-project.org). L'analyse de la variance a été utilisée pour évaluer les effets de l'aliment sur les performances de croissance et les paramètres d'abattage. Les différences significatives entre les moyennes ont été déterminées à l'aide du test Duncan's.

Résultats et discussion

Composition des drèches de brasserie et des aliments expérimentaux

Comme attendu, la teneur en protéines brutes des drèches de brasserie utilisées était intéressante (20%, Tableau 1). Cette valeur est similaire à celle enregistrée par Guermah *et al.* (2016; 20,6%) et Harouz-Cherifi *et al.* (2018a; 20,4%), mais inférieure aux taux rapportés par Maertens et Salifou (1997, 23,6%), et par les tables de référence EGRAN (Maertens *et al.*, 2002; 24,1%) soit un écart de 15 et de 17% respectivement. Par contre, Lima *et al.* (2018) ont rapporté une valeur nettement plus élevée, soit 37,9% de PB. La quantité de fibres NDF (60,4%) est inférieure à la valeur obtenue par Maertens et Salifou (1997; 62,4%) mais meilleure que celles rapportées dans les tables EGRAN (Maertens *et al.*, 2002; 52,8 g/kg) et Guermah *et al.* (2016; 49,1%). Les fibres ADF (21,1%) sont légèrement supérieures à celles trouvées par les mêmes auteurs cités précédemment. Par contre, elles sont de même niveau

que celles rapportées par Harouz-Cherifi *et al.*, (2018a) qui ont utilisé la drêche issue de la même usine (brasserie). Ces variations dans la composition chimique de la drêche ont été déjà signalées par Huige (1994) ; Westendorf et Wohlt (2002) ; Santos *et al.* (2003) et Mussatto *et al.* (2006), qui les ont attribués à la variété d'orge, au temps de récolte, du maltage et du brassage, ainsi qu'à la qualité et le type d'additifs ajoutés au processus de brassage.

Notons aussi la teneur élevée en matière minérale (11%) de la drêche utilisée ici, qui a dépassé largement celle rapportée par plusieurs auteurs (Tableau 1). Ce taux élevé des cendres a été déjà signalé par Santos *et al.*, (2003) qui ont trouvé une valeur de 15%. Cette variation a été reliée aux caractéristiques de la culture de l'orge, à la contamination des sols (Valverde, 1994) ainsi qu'au taux de silicate présent dans l'enveloppe de grain d'orge utilisé (Mussato *et al.*, 2006).

Tableau 1. Composition chimique des drêches de brasserie confrontée à celles obtenues par d'autres auteurs.

	MS (%)	MM (%)	PB (%)	EB MJ/kg	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)
<i>Présent étude</i>	89,2	11,12	20,0	18,2	60,4	21,1	4,7
Maertens <i>et al.</i> (2002)	91,9	3,9	24,1	-	52,8	20,4	5,4
Maertens et Salifou (1997)	93,3	6,3	23,6	22,4	62,4	19,7	-
Guermah <i>et al.</i> (2016)	92,3	-	20,6	19,9	49,1	19,2	3,7
Lima <i>et al.</i> (2018)	90,4	5,3	37,9	20,1	51,7	22,1	-
Harouz-Cherifi <i>et al.</i> (2018a)	90,1	5,4	20,4	19,9	60,2	21,3	4,3

La composition chimique des aliments expérimentaux (Tableau 2) a été différente de celle prévue lors de la formulation en utilisant les tables EGRAN (2002). En effet, les teneurs en protéines et en fibres sont inférieures à celles calculées.

Les analyses chimiques des aliments expérimentaux ont montré que les teneurs en protéines brutes sont de 15,5 (D0), 14,2(D20) et de 14,6%(D30), légèrement inférieures au minimum des recommandations (De Blas et Mateos, 2010 ; 15%) pour les régimes contenant la drêche de brasserie. Les protéines digestibles correspondant sont à la limite des dernières recommandations de Gidenne *et al.* (2015a) qui sont de 10,0 à 11,5 %. Par ailleurs, Carabano *et al.* (2009) ont rapporté que le niveau de protéines de 14% dans les régimes des lapins en croissance (sevrage –abattage) n'affecte pas les performances de croissance.

Tableau 2. Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

Ingrédients (%)	Aliment Témoin	Aliment D20	Aliment D30
Drêches de brasserie	-	20	30
Son de blé	31	31	31
Orge	20	15	12,5
Tourteaux de soja	12	6	3
Luzerne locale	35	26	21,5
Sel	1	1	1
Premix	1	1	1
Composition chimique, g/kg MS			
Matière sèche, g/kg brut	867	870	869
Matière minérale	105,4	122,0	105,4
Protéines brutes	155,0	142,0	145,7
NDF	280,0	327,0	344,6
ADF	147,0	149	159,6
ADL	34,0	36,0	38,9
EB, MJ/kg	15,8	15,7	15,9

Pour les teneurs en fibres NDF, les trois aliments répondent aux normes recommandées pour les lapins en engraissement, qui sont de 28 à 46% (Gidenne *et al.*, 2015b). Quant aux teneurs en ligno-cellulose (ADF), il a été constaté qu'elles augmentent avec le taux d'incorporation des drêches de brasserie, passant de 14,7% dans le régime D0 à 14,9 puis à 15,9% dans les régimes D20 et D30 respectivement. Ces valeurs sont inférieures aux normes qui sont de 19%, mais elles demeurent dans la gamme de la régulation de l'ingestion (10 - 25% de ligno-cellulose) préconisée par Gidenne (2015b). En effet, dans cette gamme d'aliment le lapin peut exprimer correctement son potentiel de croissance (Maertens et Gidenne, 2016).

Digestibilité des aliments

Les coefficients de digestibilités de la matière sèche, matière organique, protéines brutes et de l'énergie montrent des différences significatives entre les trois régimes (Tableau 3).

Le niveau de digestibilité de la matière sèche de l'aliment témoin est meilleur que celui de l'aliment D20 et D30, soit une différence de +3,4 et de +7,4 points. Tout de même, la digestibilité des aliments contenant 20 et 30 % de drêches de brasserie est meilleure à celle obtenue par Maertens et Salifou (1997 ; 55,7%) et Guermah *et al.* (2016 ; 55,4%) pour un taux d'incorporation de 30%.

Tableau 3 : Coefficient de digestibilité des trois aliments expérimentaux

Coefficient de digestibilité %	Régimes alimentaires			SEM	P
	D0	D20	D30		
MS	66,38 ^c	62,96 ^b	58,90 ^a	0,88	<0,01
MO	65,14 ^c	60,13 ^b	56,70 ^a	0,93	<0,01
MAT	73,22 ^b	71,83 ^{ab}	68,26 ^a	1,30	0,011
Energie brute	64,32 ^b	60,49 ^a	57,36 ^a	0,98	<0,01
NDF	24,51	26,50	21,53	1,96	0,204
ADF	16,25	13,56	12,37	2,24	0,493
ED, MJ/kg	10,16	9,42	9,12	-	-
PD, g/KG	113,49	101,9	99,45	-	-
PD/ED,	11,17	10,82	10,90	-	-

SEM : standard error of the mean.

Les CUD de l'énergie sont également affectés par le type de régime, puisqu'ils régressent avec l'accroissement du taux d'incorporation des drêches de brasserie (64,32 ; 60,49 et 57,36% pour l'aliment D0, D20 et D30 respectivement). Cependant, ces valeurs sont supérieures à celles trouvées par Maertens et Salifou (1997 ; 56,0 %).

Quant aux CUD des protéines, celui de l'aliment D20 est similaire au témoin. Cependant, l'incorporation de 30% de drêches de brasserie a affecté la digestibilité des protéines (CUD MAT =68,26%) par rapport au témoin, ce qui est en désaccord avec les résultats de Berchiche *et al.* (1998 ; 77,5%), Maertens et Salifou (1997 ; 73,8%) et de Guermah *et al.* (2016 ; 75%). De plus, le niveau des protéines digestibles (PD) dans les aliments contenant les drêches de brasserie est de 102 et de 99 g/kg MS pour l'aliment D20 et D30 respectivement, ces valeurs corroborent les recommandations de Gidenne (2015a) qui sont de 100 à 115 g.

La digestibilité de la fraction fibreuse obtenue dans cet essai est similaire à celle du témoin ($p>0,05$). En valeurs absolues, les CUD des fibres ADF diminuent avec l'accroissement de taux d'incorporation des drêches de brasserie, soit des écarts de -2, -4% pour D20 et D30 comparativement au témoin.

Etat sanitaire

Durant toute la période de l'essai, il a été enregistré une perte totale de 25 lapins (Tableau 4) sur l'ensemble des 180 lapins de départ. Les mortalités ont été enregistrées pendant la 2^{ème}, 3^{ème} et la 4^{ème} semaine avec une perte de 18 lapins en deux semaines. La plupart des mortalités sont dues à des entérocolites, coccidioses et des problèmes respiratoires dont 4 lapins ont été perdus subitement sans que l'autopsie révèle d'anomalies. Les fortes mortalités pendant cette période de post-sevrage (entre la 5^{ème} et 8^{ème} semaine d'âge) a été déjà rapporté par Gidenne *et al.*, (2003) qui ont observé des taux allant de 10 à 11% contre 6% entre 8 et 11 semaines d'âge. Ces pertes pourraient être également attribuées selon De Blas *et al.* (2012) aux stress causé par le sevrage, changement de bâtiment et des cages.

Notons que pendant toute la période de l'essai, un nettoyage régulier et une désinfection rigoureuse de tout le matériel ont été effectués ainsi que l'installation des barrières sanitaires ce qui a permis de maîtriser la situation. Aucun vaccin n'a été administré aux lapins.

Tableau 4. Bilan sanitaire des lapins des trois lots durant l'essai

Semaine d'engraissement	Lot D0	Lot D20	Lot D30	Total
N	60	60	60	
1	0	1	0	1
2	3	3	3	9
3	4	2	3	9
4	1	3	2	6
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
Total	8	9	8	25
Taux de mortalité, %	13,33	15,00	13,33	13,88

N : Nombre de lapins au début de l'essai.

Consommation et croissance des animaux

Les performances de croissance et d'ingestion sont similaires sur toutes les périodes d'études à l'exception des indices de consommation qui sont significativement différents entre les trois groupes (Tableau 5)

De 35 à 56 jours d'âge, l'ingestion alimentaire (mesurée par cage) était en moyenne de 331 g/j. Les faibles ingestions d'aliment ont été enregistrées, pour les trois lots, pendant la

première semaine qui suit le début de l'essai (entre 35 à 42j). En effet, la consommation individuelle était en moyenne de 60g/lapin/j ce qui a affecté la vitesse de croissance qui ne dépassait pas 22g/j. Les difficultés d'adaptation seraient la cause. En effet, les conditions de transport des animaux jusqu'au site expérimental (60 Km), le stress de mise en lot et le changement de bâtiment sont autant des facteurs influençant l'ingestion des lapins en période post-sevrage. Mais à partir de la 2^{ème} semaine d'âge, la consommation par cage s'est améliorée pour atteindre 370g/j soit une augmentation de 154g/j. La baisse de l'ingestion durant la période post-sevrage a été déjà soulignée par Gidenne et Jehl (1999). Ces derniers ont signalé l'importance de considérer cette période comme période d'adaptation aux régimes faibles en fibres.

Tableau 5. Vitesse de croissance, consommation et efficacité alimentaire enregistrées dans les trois lots

	Lot D0	Lot D20	Lot D30	SEM	P
n ¹	52	51	52		
Période 35-56j					
Poids vif par cage à 35j, g	3441	3440	3440	0,97	0,72
Poids vif individuel à 35j, g	860	860	860	19	1,00
Poids vif par cage à 56j, g	5261	4938	5108	233	0,62
Poids vif individuel à 56j,g	1435	1424	1445	29	0,88
Gain de poids par cage, g/j	113,2	106,3	98,8	4,32	0,13
Gain de poids individuel, g	29,56	29,21	31,92	1,13	1,02
Consommation alimentaire par cage, g/j	324,3	335,1	337,6	10,22	0,63
Indice de consommation par cage	2,98 ^a	3,39 ^b	3,42 ^b	0,11	0,01
Période 56-77j					
Poids vif par cage à 77j, g	7158	6747	7254	365	0,59
Poids vif individuel à 77j	2064	2024	2107	33	0,22
Gain de poids par cage, g/j	119,1	105,3	108,2	3,88	0,06
Gain de poids individuel, g/j	31,96	30,55	32,97	0,82	0,12
Consommation alimentaire par cage, g/j	430,1	423,3	431,7	18,14	0,94
Indice de consommation par cage	3,80 ^a	4,33 ^b	4,02 ^{ab}	0,20	<0,01
Période 35-77j					
Gain de poids par cage, g/j	111,4	100,9	101,1	3,46	0,09
Gain de poids individuel, g/j	30,46	29,18	31,44	0,67	0,06
Consommation alimentaire par cage g/j	378,7	379,2	389,7	2,53	0,78
Indice de consommation cage	3,52 ^a	3,92 ^b	3,78 ^{ab}	0,07	<0,01

¹: nombre de lapins à la fin de l'expérimentation

Pendant la deuxième période d'engraissement (56- 77j), les vitesses de croissance réalisées par les lapins des trois lots ont bien progressé jusqu'à atteindre une moyenne de 32g/j (+45%) par rapport à la première période, de même pour la consommation alimentaire ce qui rejoint les observations de Hannachi-Rabia *et al.*(2016). Les indices de consommation se trouvent par contre détériorés. Celui réalisé par le régime D30 est au même niveau que le régime témoin (3,9). Cette détérioration de l'efficacité alimentaire a été déjà rapportée par Harouz-Cherifi *et al.* (2018a ; 4,03) sur un aliment simplifié contenant 27% de drêches de brasserie.

Sur l'ensemble de la période globale (35-77j), les performances de croissance n'ont pas été influencées par le type de régime (GMQ moyen= 30g/j ; $p>0,05$). Ce poids est meilleur que celui rapporté par Lounaouci-Ouyed *et al.*(2008, 27g/j) et Lima *et al.*(2018, 28g/j) avec des taux d'incorporation des drêches de brasserie de 30% et de 7,14, 25 et 28% respectivement. Notons qu'en valeur absolue, les lapins ayant consommé l'aliment D30, réalisent un meilleur gain de poids, soit 32g/j.

La consommation alimentaire par cage obtenue dans cette étude (CMQ = 382g) n'a pas été affectée par le niveau d'inclusion des drêches de brasserie ($P>0,05$). Cependant, l'indice de conversion alimentaire a été significativement meilleure dans le lot témoin et D30 comparativement au lot D20 (3,65 vs 3,92). La concentration en ED dans les lots D20 et D30, inférieures aux normes, explique en grande partie la variabilité de l'indice de consommation.

Globalement, les résultats enregistrés dans cette présente étude sont meilleurs que ceux rapportés par Lounaouci-Ouyed *et al.* (2008) avec un aliment contenant 30% de drêches de brasserie. Comparés aux résultats obtenus avec la même population de lapins et le même mode de logement (4 lapins/cage), ils sont également meilleurs que ceux enregistrés par Lounaouci-Ouyed *et al.*, (2012 et 2014), Hannachi-Rabia *et al.* (2016) et Mouhous *et al.* (2017).

Les paramètres d'abattage

L'incorporation de taux croissants des drêches de brasserie (20 et 30%) dans l'aliment n'a pas affecté les performances d'abattages ($p> 0,05$). Les trois aliments ont permis d'atteindre les deux kilo à 77 jours d'âge (Tableau 6), soit le poids demandé sur le marché local selon Kadi *et al.* (2008). Ces résultats sont proches du poids habituellement obtenu dans nos conditions d'élevage avec les lapins de population blanche (Kadi *et al.*, 2012) et de ceux rapportés par Harouz-Cherifi *et al.* (2018a et b) sur la même population de lapins nourris avec des aliments contenant 27 et 40% de drêches de brasserie et élevés dans des conditions similaires.

Le poids de la carcasse froide et le rendement à froid ne diffèrent pas significativement, soit en moyenne 1282 g et 59% respectivement. Ce rendement en carcasse froide est similaire à celui rapporté par Kadi *et al.* (2011) mais inférieur à celui obtenu par Lounaouci-Ouyed *et al.* (2008, 67%) et kadi *et al.* (2014, 64%).

Ainsi, l'augmentation de niveau d'incorporation des drêches de brasserie, en substitution partielle au tourteau de soja, n'a pas affecté les caractéristiques de la carcasse, Le poids de la peau, du tube digestif, du foie et du gras périrenal semblent acceptables et corroborent les recommandations d'Ouhayoun (1989).

Tableau 6. Performances d'abattage enregistrées dans les trois lots

	Lot D0	Lot 20	Lot D30	SEM	P
Nombre de lapins abattus (77 j d'âge)	10	10	10		
Poids vif (PV), g	2164	2151	2166	37,9	0,95
Poids de la peau, g	271	266	260	5,4	0,54
Poids de tube digestif plein, g	388	428	420	14,5	0,14
Poids de la carcasse chaude, g	1319	1285	1303	23,9	0,62
Poids de la carcasse froide, g	1294	1265	1289	24,4	0,66
Poids du foie, g	83	77	82	4,4	0,56
Poids du gras périrenal, g	19	19	23	1,6	0,65
Poids du gras inguinal, g	3	4	4	0,3	0,72
Poids du gras scapulaire, g	5	5	5	0,4	0,40
Poids des manchons, g	72	74	73	2,1	0,68
Poids des reins, g	13	14	13	0,4	0,46
Rendement de la carcasse chaude, %	60,9	59,7	60,14	0,5	0,21
Rendement de la carcasse froide, %	59,8	58,8	59,50	0,5	0,19

Efficacité économique

L'incorporation croissante des drêches de brasserie dans l'aliment a permis d'améliorer l'efficacité économique (Tableau 7) de +15 et +41% en faveur de l'aliment D20 et D30 comparativement au témoin. Cela a été avantaagé par le coût des aliments qui était de 106 et 90 DA/kg d'aliment pour D20 et D30, inférieur à l'aliment témoin soit une réduction de 12 et de 28 DA/kg d'aliment. L'incorporation de 30% de drêches de brasserie semble permettre de

réaliser un bénéfice meilleur qu'avec un taux de 20% (28 DA vs 12 DA) pour chaque kg de viande produite.

Tableau 7. Analyse des performances économiques des deux lots

Paramètres	Lot D0	Lot D20	Lot D30
Poids vif à 35 j (g)	860	860	860
Poids vif à 77 j (g)	2065	2024	2108
Gain de poids total (kg)	1,20	1,16	1,25
Prix de vente DA/kg poids vif	450	450	450
Revenu en gain de poids total DA/kg	542	524	562
Total aliment ingéré/ lapin (kg)	3,52	3,92	3,78
Prix d'un kg d'aliment, DA	33,5	27,0	23,8
Coût aliment/lapin, DA/kg	118	106	90
Efficacité économique, %	282	324	399
Revenu DA/kg viande produite	332	344	360

DA : Dinar Algérien

L'incorporation des drêches de brasserie, coproduit agro-industriel disponible localement, paraît économiquement très intéressante, ce qui confirme les résultats obtenus dans deux études différentes de Harouz-Cherifi *et al.*(2018a et b) pour des taux d'incorporation de 27% (aliment simplifié) et de 40%.

CONCLUSION

L'incorporation des drêches de brasserie à des taux croissants en remplacement partiel du tourteau de soja, tout en réduisant ceux de l'orge et de la luzerne, dans l'aliment pour lapins élevés dans des conditions de production, a permis de maintenir les vitesses de croissance au même niveau que celle du lot témoin avec, cependant, une élévation de l'indice de consommation pour le lot D20 comparativement au lot D30 qui était similaire statistiquement au témoin.

A la lumière de ces résultats, il serait intéressant de tester ce coproduit en utilisant d'autres méthodes de séchage (artificiel ou à froid) et de déterminer sa valeur nutritive pour une meilleure valorisation avec des régimes équilibrés, sur un grand nombre d'animaux et dans des conditions mieux maîtrisées.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables du CFPA de Mechtras (M.Zaouèche, M.Brahimi et M.Louchami) pour avoir mis à leur disposition le clapier pédagogique ainsi que M.Lounis Lounes pour sa collaboration technique à la réalisation de cet essai.

Cette étude est partiellement réalisée dans le cadre du projet **CMEP-TASSILI 13MDU883**.

Références bibliographiques

- 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 economical efficiency, Egypt, *Poult, Sci*, Vol (30) (II): 415-442.
- Berchiche M., Lounaoui G., Lebas, F., Lamboley B., 1998. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. *Options Méditerranéennes*, 41: 51-55. <http://om.ciheam.org/om/pdf/c41/99600100.pdf>
- Blasco A., Ouhayoun J., 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal, *World Rabbit Sci*, 4: 93-99
- Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llórente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.J., De Blas J.C. 2009. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World rabbit Sci.*, 17:1-14.
- 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 G.C. 2013. Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. *Animal* (2013), 7:s1, pp 102–111 & The Animal Consortium. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000213>
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64. http://www.wrs.upv.es/files/guides/egran_chemical.pdf
- Fernandez-Carmona J, Blas E, Pascual J J, Maertens L, Gidenne T, Xiccato G and Garcia J 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228. <http://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/516/503>
- Fernandez-Carmona, J.; Cervera, C.; Blas, E., 1996. Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 64 (1): 61-75. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(96\)01041-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(96)01041-3)
- Gidenne T. 2015a. *Le lapin. De la biologie à l'élevage*. Quae Éditions, Versailles, France, 270 p.

- Gidenne T. 2015b. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*, vol, 9, 2: 227-242
- Gidenne T., Aubertc., Drouilhet L., Garreau H., 2013. L'efficacité alimentaire en cuniculture: impacts technico-économiques et environnementaux. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France.
- Gidenne, T., Aymard, P.; Bannelier, C.; Coulmier, D.; Lapanouse, A., 2007. Valeur nutritive de la pulpe de betterave déshydratée chez le lapin en croissance. 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France: 105-108. <http://www.cuniculture.info/Docs/Magazine/Magazine2007/Fichiers.pdf/JRC-2007/3-A...>
- Gidenne T., De Dapper J., Lapanouse A., Aymard P. 2003. Adaptation du lapereau à un aliment fibreux distribué avant sevrage: comportement d'ingestion, croissance et santé digestive. 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France.
- Gidenne T., Jehl N. 1999. Réponse zootechnique du lapin en croissance face à une réduction de l'apport de fibres, dans des régimes riches en fibres « digestibles » 8^{ème} journ. Rech, Cunicole Fr., Paris, ITAVI éd., Paris.
- Guermah H, Maertens L., Berchiche M. 2016. Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits, *World Rabbit Sci*, 2016, 24: 183-189. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2016.4353>
- 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, Article #050. <http://www.lrrd.org/lrrd29/3/hann29050.html>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018a. Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on rabbit performance and economic efficiency. *World Rabbit Sci*. 2018, 26: 27-34. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.7765>
- Harouz-Cherifi Z., Kadi S.A., Mouhous A., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2018b. 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, Article #110 <http://www.lrrd.org/lrrd30/6/cheri30110.html>
- Heuzé V., Tran G., Sauvant D., Lebas F. 2017. *Brewers grains*, Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO, <http://www.feedipedia.org/node/74>
- Huige N.J. 1994. Brewery by-products and effluents, in: Hardwick, W.A.(Ed.), *Handbook of Brewing*. Marcel Dekker, New York, pp. 501–550.

- Kadi S.A., Djellal. F., Berchiche M. 2008. Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. *9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, June 10-13, 2008*. 1559-1564. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/M-Kadi.pdf>
- Kadi, S. A., Belaidi-Gater, N. ; Oudai, H. ; Bannelier, C. ; Berchiche, M. ; Gidenne, T., 2012. Nutritive value of fresh sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. Proc. 10th World Rabbit Congress - September 3-6, 2012- Sharm El-Sheikh, Egypt, 507-511.
- 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. <http://ojs.cc.upv.es/index.php/wrs/article/download/848/931>
- Lima P.J. D .O., Watanabe P. H., Cândido R. C., Ferreira A .C. S., Vieira A. V., Rodrigues B .B. V., Nascimento G.A .J., Freitas E.R. 2017. Dried brewers grains in growing rabbits: nutritional value and effects on performance. *World Rabbit Sci.* 2017, 25: 251-260. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6813>
- 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 science*, 22(2), 137-146. <http://www.polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/1487/3221>
- 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 *9th World Rabbit Congress, Verona. Italy*. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/N-Lounaouci-Ouyed.pdf>
- Maertens L., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, 5, 161-165. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.1997.337>.
- 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. http://wrs.webs.upv.es/files/journals/vol10_4_maertens.pdf
- Maertens L., Gidenne T. 2016. Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects, *In Proc.: 11th World Rabbit Congress, 2016 June, Qingdao, China*, 337-351.

- Montessuy S.,Reys S., Rebours G., Mascot N., 2009. Effet de niveau énergétique de l'aliment sur les performances zootechniques des lapins en engraissement et conséquences sur le coût alimentaire de kilogramme de croît, 13^{ème} journées de la recherche cunicole, 17-18 novembre 2009, la Mans, France. www.journees-de-la-recherche.org/Download.php?telecharger=R68-MONTESSUY.pdf
- Mouhous A., Kadi S.A., Belaid L., Djellal F. 2017. Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. [Livestock Research for Rural Development, 29\(6\)](#), article 116.
- Mussatto S.I., Dragone G., Roberto I.C. 2006. Review: Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*; 43 (2006) 1–14
- Ouhayoun J. 1989. La composition corporelle du Lapin. Facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.*, 2, 215-226.
- 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., Falcão 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. doi:10.4995/wrs.1995.239
- Santos M., Jiménez J.J., Bartolomé B., Gomez-Cordove C.delNozal M.J. 2003.Variability of brewer' s spent grain within a brewery. *Food Chemistry* 80 (2003) 17ery.
- Simas M.M,Botura S., Correa B.,SabinoM.,Mallmann C.A.,Bitencourt T.C.B.S.C., Batatinha M.J.M. 2007. Determination of fungal microbiota and mycotoxins research in brewers grain used in cattle feeding in the state of Bahia, Brazil, *Food Control* ,18: 404-408.
- Valverde P. 1994. Barley spent grain and its future. *Cerveza y Malta*, 122, 7-26.
- Westendorf M. L., Wohlt. J. E. 2002.Brewing by-products: Their use as animal feeds. *Vet. Clin. North Am. Food Anim.Pract.* 18:2338:233
- Westendorf M.L., WohltPASJ.E.,Sniffen C.J., Ward R.T. 2014. Nutrient content of brewer's grains produced at a commercial brewery: Variation in protein/nitrogen, fiber, carbohydrate, fat, and minerals. *The professional Animal Scientist* 30: 400-406,<http://dx.doi.org/10.15232/pas.2013-01272>
- Wyss U. 1997. Ensiling of brewers' grains: high effluent production and good fermentation quality, *Agrarforsc*, 4 (3): 105-108.

CHAPITRE II

Expérimentation II



Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité économique

Z Harouz-Cherifi, S A Kadi¹, A Mouhous¹, M Berchiche¹, C Bannelier² et T Gidenne²

¹*Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre*

Université A.M. OULHADJ de Bouira. 10000. Algérie. cherifiz@yahoo.fr

²*Département des sciences agronomiques, Faculté des sciences biologiques et sciences agronomiques*

Université M. MAMMERY de Tizi-Ouzou. UN1501. Algérie.

³*GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France*

INCORPORATION DE 40% DE DRECHE DE BRASSERIE DANS L'ALIMENT DE LAPINS EN ENGRAISSEMENT : PERFORMANCES DE CROISSANCE, D'ABATTAGE ET EFFICACITE ECONOMIQUE

Résumé.

L'objectif de cet essai était d'évaluer la possibilité d'alimenter des lapins en engraissement avec un aliment composé de 40% de drêche de brasserie, disponible localement, en remplacement total du tourteau de soja importé. Au sevrage (35 jours), 68 lapins ont été répartis en deux lots identiques (poids vif moyen : 833 ± 128 g) et logés en cages individuelles jusqu'à l'âge d'abattage (77 jours). Chacun des deux lots a reçu à volonté, soit l'aliment commercial (témoin= D0), soit l'aliment expérimental (D40) contenant 40% de drêche de brasserie.

L'état sanitaire des lapins n'a pas différencié entre les 2 groupes et l'indice de consommation a été dans les normes et similaire dans les deux lots (3,59 en moyenne). La vitesse de croissance et l'ingestion du lot D40 ont été similaires au témoin (35,5 et 130 g/jour), de même que le rendement à froid et le poids de carcasse ($P > 0,05$). Les lapins des deux lots ont présenté des carcasses d'un bon état d'engraissement (gras périnéal : 25 g). L'efficacité économique a été 44% meilleure pour l'aliment D40, avec 36 DA de bénéfice par kg de viande produite. Ainsi, l'incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment granulé pour lapin en engraissement, sans utilisation de tourteau de soja, a permis d'obtenir des performances zootechniques appréciables au même niveau que celles de l'aliment témoin.

Mots clés : Algérie, alimentation, compétition alimentaire, coût alimentaire.

INCORPORATION OF 40% BREWER'S GRAIN IN FATTENING RABBIT DIET: EFFECT ON GROWTH PERFORMANCE, SLAUGHTER CHARACTERISTIC AND ECONOMIC EFFICIENCY

ABSTRACT.

The aim of this trial was to evaluate the possibility of feeding fattening rabbits with a feed composed of 40%, locally available, brewer's grain and without soybean meal. At weaning (35 days), 68 rabbits were divided into two identical groups (mean live weight: 833 ± 128 g) and housed individually until slaughter age (77 days). Each of the two groups (D0 and D40) received *ad libitum* either the commercial pelleted feed (D0) or the experimental pelleted feed (D40) containing 40% brewer's grain, barley, dehydrated alfalfa and wheat bran.

The health status of the rabbits did not differ between the two groups. The feed conversion was within the standards and similar in the two groups (3.59 on average). Growth performance and feed intake of D40 group were similar to control (35.5 and 130 g / day), just as cold yield and carcass weight ($P > 0.05$). The rabbits of both groups had a good fattening state of the carcass (perirenal fat: 25g). The economic efficiency was 44% better for the D40 feed, with a benefit of 36 DA per kg of meat produced. So the incorporation of 40% of brewer's grain in a fattening diet, and without soybean meal, resulted in same performances than the control feed.

Keywords: Algeria, feeding, feed competition, feed cost

INTRODUCTION

L'alimentation représente la plus grande part (70%) des coûts de production en élevage cunicole (Maertens et Gidenne 2016, Gidenne et al 2017). En Algérie, le prix de l'aliment granulé constitue une contrainte majeure qui entrave le développement de la cuniculture. En effet, la majorité des matières premières utilisées dans la formulation des aliments sont basés sur le maïs et le soja, qui sont en concurrence directe avec l'alimentation humaine, et dont les prix ont tendance à sans cesse augmenter sur le marché mondial.

La recherche de sources alternatives ou de coproduits agro industriels disponibles localement est une approche intéressante dans une telle situation. L'objectif principal étant de construire des systèmes d'alimentation plus durables, incluant une réduction des coûts (Carabaño et Fraga, 1992, Lui et al 2004, Kadi et al 2011) et de l'impact environnemental.

Une caractéristique de la physiologie digestive de lapin est qu'il peut consommer une grande variété de coproduits agricoles ou agro-industriels (Gidenne et Lebas 2005), riches en fibres ou en protéines. Il est donc important de connaître les modalités d'incorporation de ces produits en alimentation cunicole comme source de fibres, de protéines ou d'énergie, tout en produisant une viande de qualité (Gidenne 2015).

La drêche d'orge humide est le coproduit principal de l'industrie de la bière, disponible localement, et largement utilisé en alimentation des ruminants. Elle représente environ 85% du total produit (Mussatto et al 2006) soit près de 20 kg/100L de bière produite (Reinold 1997). Des quantités importantes sont disponibles.

La drêche de brasserie est néanmoins un coproduit de qualité très variable, dont la composition chimique et la valeur nutritionnelle dépend de la graine utilisée, du procédé industriel (température, fermentation, etc.) ainsi que de la méthode de conservation. Ses teneurs en protéines (26,3%) et en fibres (NDF: 57% ; ADF: 22% ; ADL : 5,6%) en font un aliment très apprécié en alimentation animale (Heuzé et al 2017). Son utilisation en alimentation de lapins en engraissement a été déjà étudiée (Maertens et Salifou 1997; Berchiche et al 1999; Lounaouci-Ouyed et al 2008; Guermah et al 2016 ; Lima et al 2017 ; Harouz-Cherifi et al 2018), mais à des taux d'incorporation ne dépassant pas 30%. Ainsi et compte tenu de nos travaux antérieurs (non encore publiés) portant sur la valorisation des drêches de brasserie dans l'aliment granulé pour lapin en croissance pour des taux d'incorporation de 20 et 30%, il nous a paru intéressant de tester la possibilité d'augmenter encore ce taux d'incorporation de 10 points.

Notre étude a donc pour objectif d'évaluer l'effet d'incorporation d'un taux élevé de drêche de brasserie (40%), en remplacement total du tourteau de soja, dans l'aliment du lapin sur les performances de croissance, d'abattage, ainsi que sur l'efficacité économique et sa compétition avec l'alimentation humaine.

Matériel et méthodes

Les aliments expérimentaux

La drêche de brasserie a été fournie au mois de mars par une brasserie locale (Rouiba, Alger) sous forme fraîche (humide), puis a été séchée par étalage au soleil au CFPA de Mechtras (Tizi-Ouzou) dans un endroit abrité, sec et aéré. En raison du taux élevé de l'humidité de la matière (80%), elle a été étalée en fine couche sur une bâche en plastique et retournée deux fois par jour pour améliorer le processus de séchage et éviter la contamination bactérienne et fongique (Wyss 1997, Simas et al 2007). Après 5 jours, la drêche séchée a été mise en sacs, pesée et acheminée vers l'unité de fabrication d'aliment de bétail SARL «Production locale» sise à Bouzaréah (Alger) pour son incorporation dans l'aliment expérimental.

Un aliment expérimental (D40) contenant 40% de drêche de brasserie (Tableau 1), en retirant totalement le tourteau de soja, a été formulé à l'aide du logiciel WUFFDA (<http://world-rabbit-science.com/Documents/Formulation/Formulation-general.htm>), pour répondre aux recommandations nutritionnelles pour le lapin en engraissement (Gidenne et al 2015). Il a été comparé à un aliment témoin (D0) classique, contenant de l'orge, du tourteau de soja et de la luzerne et formulé dans les mêmes conditions (Tableau 1). Les deux aliments ont été présentés sous forme de granulés (4 mm de largeur et 10 mm de longueur).

Les animaux et déroulement de l'expérimentation

L'essai a été réalisé au niveau du clapier pédagogique du CFPA de Mechtras (Tizi-Ouzou, Algérie). 68 lapereaux de population blanche sevrés à 35 jours (poids moyen 833 ± 128 g) ont été répartis en deux lots égaux selon le poids vif initial et l'origine de la portée. Les lapins étaient issus d'un élevage commercial localisé à Tizi-Ouzou (35 km du site expérimental).

Les lapins ont été identifiés et placés dans des cages métalliques individuelles (56×38×28 cm) disposées en *flat-deck*. Ils ont été suivis de l'âge de 35 jours (sevrage) à l'âge de 77 jours. Le poids vif et la consommation alimentaire ont été mesurés chaque semaine, alors que la mortalité et la morbidité ont été enregistrées quotidiennement selon les recommandations de Fernandez-Carmona et al (2005). L'abreuvement a été automatique et *ad libitum*.

Pour des raisons de logistique, l'abattage a eu lieu le lendemain de la fin de l'expérimentation (77 jours d'âge + 1 journée). 20 lapins par lots, choisis dans le poids moyen du lot, ont été abattus à 10h00 du matin, sans mise à jeun préalable, dans des conditions contrôlées. Le poids du tube digestif plein, de la peau et de la carcasse chaude ont été mesurés juste après l'abattage selon les recommandations de Blasco et Ouhayoun (1996). Les carcasses ont été mises dans une chambre froide pour ressuyage à 4°C et ventilées pendant 24 heures. Ensuite, le poids de la carcasse froide, du foie, du gras périrénal, du gras inguinal, du gras scapulaire ainsi que la longueur dorsale et de la cuisse ainsi que la circonférence lombaire ont été mesurées selon les recommandations des mêmes auteurs.

Analyses chimiques des aliments

La composition chimique des aliments a été réalisée à l'INRA de Toulouse (UMR 1388 GenPhySE) en France, selon les procédures européennes harmonisées (EGRAN, 2001) : humidité, cendres, matières azotées totales (N x 6,25, méthode Dumas, Leco), énergie (calorimètre adiabatique Parr) et fibres de Van Soest (NDF, ADF, ADL).

Efficacité économique

L'efficacité économique a été calculée à partir de l'équation d'Asar et al (2010) modifiée par Mouhous et al (2017) :

Efficacité économique (%) = [(Revenu en gain de poids en DA/kg – Coût total d'alimentation en DA/kg) / Coût total d'alimentation en DA/kg] X 100

Dont :

DA : Dinar Algérien

Revenu en gain de poids, DA/kg = gain de poids total (kg) * prix d'un kg de poids vif (DA)

Coût total d'alimentation, DA = total aliment ingéré (kg/lapin) * prix d'un kg d'aliment.

Le prix d'un kg d'aliment a été calculé en fonction du prix sur le marché local au moment de l'expérience (avril 2016) des ingrédients qui le composent. Il n'a pas été tenu compte des charges annexes.

Compétition entre alimentations humaine et animale

La compétition entre l'alimentation humaine et l'alimentation animale a été évaluée par la méthode de Pothin et al (2017) basée sur le calcul de deux indicateurs :

SAPAA (m².an /kg de l'aliment): surface agricole nécessaire pour produire l'alimentation des animaux ; elle permet l'évaluation de la compétition sur l'espace ;

PAACoH (%) : part dans l'alimentation animale des ressources qui entrent en compétition avec l'alimentation humaine, permet l'évaluation de la compétition sur les ressources.

Ces deux indicateurs ont été calculés par le logiciel COMPETALIM (Pothin et al 2015), à partir de la composition des aliments utilisés dans notre essai.

Analyses statistiques

L'ensemble des résultats obtenus a été soumis à une analyse de la variance à l'aide du logiciel R, version 2.15.02 pour Windows® (www.r-project.org). L'analyse de la variance a été utilisée pour évaluer les effets de l'aliment sur les performances de croissance et les paramètres d'abattage. Les différences significatives entre les moyennes des traitements ont été déterminées par l'utilisation du test de Duncan. Le test du khi 2 a été utilisé pour comparer la mortalité et la morbidité entre les deux groupes.

Résultats et discussion

Composition des drêches de brasserie et des aliments expérimentaux

Les drêches utilisées dans cette étude contiennent 204 g/kg de protéines brutes (Tableau 1). Cette valeur est similaire à celle rapportée par Guermah et al (2016) et qui est de 207 g/kg, mais inférieure à celles rapportées par Maertens et Salifou (1997) et par les tables EGRAN (Maertens et al 2002) qui ont mentionné des valeurs de 15 à 20% plus élevées (236 et 241 g/kg, respectivement). Les drêches de brasserie utilisées présentent des teneurs appréciables en fibres NDF (602 g/kg) proches de la valeur obtenue par Maertens et Salifou (1997, 624 g/kg) et largement supérieure à celles rapportées par les tables EGRAN (Maertens et al 2002, 528 g/kg), Lima et al (2017, 517 g/kg) et Guermah et al (2016, 490 g/kg). Les fibres ADF (213 g/kg) sont légèrement supérieures (4 à 10%) aux valeurs trouvées par les mêmes auteurs cités précédemment.

La drêche de brasserie constitue une bonne source de protéines, de fibres et d'énergie (Maertens et Salifou 1997, Westendorf et al 2014). Sa composition varie selon la variété des grains d'orge, du processus de fermentation et de brassage (Santos et al 2003, Heuzé et al 2017).

Tableau 1. Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux

Ingrédients (%)	Aliment témoin (D0)	Aliment expérimental (D40)	Drêche de brasserie
Drêche de brasserie	-	40	
Son de blé	31	10	
Orge	20	22	
Tourteaux de soja	12	-	
Luzerne locale	35	27	
Sel	1	0,5	
Premix	1	0,5	
Composition chimique, g/kg MS			
Matière sèche, g/kg brut	890	888	901
Matière minérale	76	69	54
Protéines brutes	161	156	204
NDF	280	371	602
ADF	150	174	213
ADL	38	42	43
EB, MJ/kg	16,0	16,7	19,9
ED, MJ/kg ^u	10,1	10,2	11,0
PD, g/kg [#]	106	102	
PD/ED	10,5	10,1	

^uEstimée par l'équation de Maertens et al (1988) : $ED (MJ/kg MS) = 0,8 - 0,230 ADF (\%MS) + 0,80 EB (MJ/kg MS)$

[#]Estimée par l'équation de Villamide et Fraga (1998) : $PD (g/kg) = -34,67 + 0,876PB (g/kg)$

La composition chimique des aliments expérimentaux est inférieure aux apports estimés lors de la formulation, en particulier pour les fibres et les protéines. Cela est dû à la composition du son de blé et de la luzerne locale qui après analyse chimique (Harouz-Cherifi et al 2018) ont montré des valeurs inférieures aux valeurs indiquées dans les tables de référence, EGRAN (Maertens et al 2002) qui ont été prises en considération dans la formulation de nos aliments. Notons qu'il n'a pas été possible de réaliser, au préalable à la formulation, une analyse chimique des différentes matières premières constituant les deux aliments.

La variation de la composition des matières locales par rapport à celles dites standards confirme les observations de Boudouma et al (2009), ce qui expliquerait les écarts entre les apports des aliments calculés lors de la formulation et la composition obtenue au laboratoire.

Mortalité durant l'essai

L'essai a été réalisé dans de bonnes conditions sanitaires, et le statut sanitaire a été similaire dans les deux lots (Tableau 2). Trois cas de mortalité ont été enregistrés dans chacun des deux lots. L'autopsie des animaux morts a révélé des lésions attribuables à des coccidioses et à des troubles respiratoires. Les symptômes de diarrhée ont été observés sur 4 animaux. Notons que tous les lapins morts ont été dénombrés pendant la 1^{ère} et la 2^{ème} semaine d'engraissement, ce qui pourrait être relié aux stress de sevrage (transport, changement de bâtiment, de cage et d'aliment). L'indice de risque sanitaire (Gidenne 1996, Montessuy et al 2009) ne diffère pas d'un lot à l'autre et n'est donné qu'à titre indicatif vu le nombre limité des lapins.

Tableau 2. Bilan sanitaire des lapins des deux lots durant l'essai

	Lot D0	Lot D40	P
N	34	34	
Morbidité			
De 35 à 56j	2/34	3/34	NS
De 56 à 77j	2/31	2/29	NS
De 35 à 77j	4/34	5/34	NS
Mortalité			
De 35 à 56j	3/34	3/34	NS
De 56 à 77j	0	0	
De 35 à 77j	3/34	3/34	NS
Indice de risque sanitaire (IRS)			
De 35 à 56j	5/34	6/34	NS
De 56 à 77j	2/31	2/29	NS
De 35 à 77j	7/34	8/34	NS

N : Nombre de lapins au début de l'essai. NS : non significatif.

Consommation et croissance des animaux

Durant la période post sevrage (35-56 j) (Tableau 3), les performances enregistrées par les lapins des deux lots ont été d'un bon niveau, soit une croissance moyenne de 39,5 g/j et un indice de consommation de 2,92, ce qui a été classiquement constaté par plusieurs auteurs pendant cette période.

Pour ce qui est de la deuxième période (56-77 j), le poids vif et la vitesse de croissance des animaux n'ont pas différencié significativement entre les deux lots. En revanche, l'ingestion a été 5% plus élevée dans le lot D40 (143,8 vs 135,9 g/j, $p=0,021$). Par conséquent, l'indice de consommation a été numériquement plus élevé pour le lot D40, mais sans écart significatif

avec le lot témoin. Les baisses de températures enregistrées durant cette période pourraient être à l'origine de cette surconsommation alimentaire dans les deux lots. Notons que durant cette période des températures inférieures à 9°C ont été enregistrées.

Tableau 3. Vitesse de croissance, consommation et efficacité alimentaire, en fonction de l'aliment.

	Lot D0	Lot D40	SEM	P
n ¹	31	29		
Période 35-56j				
Poids vif à 35 j, g	833	833	22	0,98
Poids vif à 56 j, g	1677	1559	36,5	0,027
Gain de poids, g/j	40,0	39,2	1,0	0,62
Consommation alimentaire, g/j	116	118	3,0	0,62
Indice de consommation,	2,90	2,94	0,1	0,74
Période 56-77 j				
Poids vif à 77 j, g	2271	2250	37,1	0,71
Gain de poids, g/j	33,6	34,2	0,8	0,67
Consommation alimentaire, g/j	136	144	1,6	0,021
Indice de consommation,	3,93	4,16	0,1	0,11
Période 35-77j				
Gain de poids, g/j	35,2	35,7	0,7	0,64
Consommation alimentaire, g/j	128	132	2,1	0,22
Indice de consommation	3,52	3,66	0,1	0,20

¹: nombre de lapins à la fin de l'expérimentation

Dans l'ensemble de la période d'engraissement 35-77 j, la vitesse de croissance, l'ingestion et l'indice de consommation ont été similaires dans les deux lots ($p > 0,05$). Globalement, les deux aliments ont permis aux lapins d'atteindre un poids vif supérieur à 2,2 kg en 6 semaines. Les vitesses de croissance obtenues dans notre essai (> 35 g/j) ont été meilleures que celles enregistrées par Lounaouci-Ouyed et al (2008 ; 27,1 g/j) pour un taux d'incorporation de drêche de brasserie de 30%, Lima et al (2017) et Harouz-Cherifi et al (2018) (Tableau 4). Elles sont également nettement supérieures à celles rapportées dans des études antérieures sur la même population de lapin et ayant consommé un aliment commercial, formulé à base de tourteau de soja : Guemour et al (2010 ; 23,6 g/j), Lounaouci-Ouyed et al (2014 ; 30,8 g/j), Mouhous et al (2017; 25,7g/j) et Hannachi-Rabia et al (2017 ; 25,4 g/j). Par contre, nos résultats sont dans la moyenne de ceux obtenus par Kadi et al (2017a et b ; 35,3 g/j).

La conversion alimentaire a été dans les normes courantes (Gidenne et al 2017) et similaire dans les deux lots (3,59). Cette valeur est légèrement supérieure à celle rapportée par Lounaouci-Ouyed et al (2008 ; 3,36) avec un taux d'incorporation de 30% de drêche de brasserie (une vitesse de croissance de 27,1 g/j et une consommation de 88,9 g/j).

L'incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment, et sans incorporation de tourteau de soja, n'affecte donc pas les performances de la croissance des lapins, ni leur indice de consommation.

Tableau 4 : Effet du niveau d'incorporation de drêche de brasserie dans l'aliment de jeunes lapins sur la consommation et les performances de croissance selon la bibliographie

Auteurs	Lounouci-Ouyed et al 2008	Lima et al 2017				Harouz-Cherifi et al 2018
Taux d'incorporation, %	30	7	14	21	28	27
Effectif	14	8	8	8	8	34
Age au début, j	35	40	40	40	40	35
Age à la fin, j	84	90	90	90	90	77
PV initial, g	565	820	840	830	840	834
PV final, g	1877	2250	2240	2230	2220	2047
CMQ, g/j	88,9	96,3	96,6	95,7	94,4	113
GMQ, g/j	27,08	28,7	28,2	27,8	27,7	31,2
IC	3,36	3,39	3,45	3,45	3,44	3,59

Les paramètres d'abattage

Les deux aliments ont permis aux lapins de dépasser, en six semaines d'engraissement, les 2 kg (Tableau 5) ce qui est le poids demandé sur le marché local, selon Kadi et al (2008).

L'incorporation de 40% de drêche de brasserie n'a pas affecté les paramètres d'abattage. Le rendement de la carcasse froide a été similaire dans les deux groupes (59,8%). Il a été inférieur à celui obtenu par Lounaouci-Ouyed et al (2008; 66,8%), valeur obtenue sur des carcasses avec la peau de la tête, et supérieur à celui obtenu par Guemour et al (2010 ; 57,9%) mais équivalent à celui rapporté par Kadi et al (2011; 59,2%) mais à un âge d'abattage différent qui est de 84 jours.

Les poids moyens de la peau (286 g), du tube digestif plein (377 g) et du gras périrénal (25 g) ne diffèrent pas entre les deux groupes. Les valeurs moyennes ont été dans les normes classiquement observées chez le lapin. Seuls, le poids de gras inguinal et le poids du foie et

des reins ont présenté des écarts significatifs. Le poids, 5% plus faible, de foie (81 g) obtenu par le régime D40 corrobore les observations de Lima et al (2017) obtenues sur des lapins recevant un régime contenant 14, 21 et 28% de drêche de brasserie.

Tableau 5. Performances d'abattage enregistrées dans les deux lots

	Lot D0	Lot 40	SEM	P
Nombre de lapins abattus (77 j d'âge)	20	20		
Poids vif (PV), g (78 j)	2249	2263	32,7	0,096
Poids de la peau, g	283	290	3,9	0,23
Poids de tube digestif plein, g	365	390	9,1	0,062
Poids de la carcasse chaude, g	1413	1399	23,8	0,68
Poids de la carcasse froide, g	1350	1343	23,2	0,83
Poids du foie, g	94	81	2,1	0,006
Poids du gras périrénal, g	26	25	1,4	0,67
Poids du gras inguinal, g	17	12	0,6	<0,001
Poids du gras scapulaire, g	7	7	0,3	0,50
Poids des reins, g	15	14	0,4	0,03
Longueur dorsale, cm	26	25	0,2	0,003
Longueur de la cuisse, cm	8	8	0,1	0,03
Circonférence lombaire, cm	17	17	4,3	0,47
Rendement de la carcasse chaude, %	63,0	61,8	0,2	0,07
Rendement de la carcasse froide, %	60,2	59,4	0,4	0,18

Efficacité économique

Les données de l'efficacité économique sont représentées dans le Tableau 6. L'introduction de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment a permis une amélioration de 44% de l'efficacité économique, par rapport à celle du témoin. Elle est similaire à celle obtenue par Harouz-Cherifi et al (2018) avec un aliment simplifié composé de 27% de drêche de brasserie (6,53 vs 6,38).

De même, le régime D40 a permis de réduire de 28% le coût alimentaire par rapport au témoin (130 vs 94 DA). Cette réduction s'explique par l'écart de prix entre les deux aliments (36,86 vs 25,73 DA/kg). En effet, l'incorporation d'un taux élevé de drêche de brasserie, disponible localement, a permis de retirer totalement le tourteau de soja, et de limiter l'incorporation de l'orge, du son de blé et de la luzerne, matières premières dont le prix ne cesse d'augmenter sur le marché mondial et local.

Le lot expérimental a permis également d'améliorer le revenu par kg de viande produite, et de réaliser une économie de 36 DA pour chaque kg de viande produite, ce qui corrobore la valeur

obtenue par Mouhous et al (2017) mais elle est légèrement inférieure à celle réalisée avec un aliment simplifié contenant 27% de drêche de brasserie (Harouz-Cherifi et al 2018).

Tableau 6. Analyse des performances économiques des deux lots

Paramètres	Lot D0	Lot 40
Poids vif à 35 j (g)	833	833
Poids vif à 77 j (g)	2271	2250
Gain de poids total (kg)	1,44	1,42
Prix de vente DA/kg poids vif	500	500
Revenu en gain de poids total DA/kg	719	710
Total aliment ingéré/ lapin (kg)	3,52	3,66
Prix d'un kg d'aliment, DA	36,8	25,7
Coût total d'aliment/lapin, DA/kg	130	94
Efficacité économique, %	454	654
Revenu DA/kg viande produite	370	406

DA : Dinar Algérien

Compétition avec l'alimentation humaine

L'analyse de la compétition sur les ressources et l'espace, a été réalisée pour les deux régimes expérimentaux. L'indicateur SAPAA, mesure l'impact d'occupation de terres pour produire un kilo d'aliment : il est inférieur de 30% avec le régime D40 (0,89 m²/an/kg) comparativement à D0 (1,26 m²/an/kg). Ceci s'explique par le faible impact « occupation des terres » des coproduits de céréales (Pothin et al 2017), qui correspondent à des sources non compétitives avec l'alimentation humaine.

En revanche, on constate une faible variation de PAACoH (20 vs 22%), qui n'est pas liée au taux d'incorporation de drêche de brasserie, mais à l'ajustement en céréales (+ 2% d'orge par rapport au témoin) de la formule considérées comme matière première compétitive. Ce taux est proche de celui rapporté par Pothin et al (2017; 19,4%) pour un aliment destiné aux lapines reproductrices. Les valeurs obtenues concernant ces deux indicateurs SAPAA et PAACoH montrent que les aliments utilisés dans notre assai ont une faible compétition sur l'espace et sur les ressources.

CONCLUSION

L'incorporation d'un taux élevé de drêche de brasserie (40%) dans l'aliment granulé pour lapin en croissance a été possible, sans réduction notable des performances de croissance ni des caractéristiques d'abattage. Cela a permis également de remplacer totalement le tourteau de soja.

L'aliment D40 a permis d'améliorer l'efficacité économique de 44%, de réduire le coût total d'aliment ainsi que la compétition pour l'espace et les ressources en matière première entre les alimentations humaine et animale.

A l'instar de ces premiers résultats, il est souhaitable de poursuivre les essais en mesurant les performances de croissance et d'ingestion, ainsi que l'état sanitaire, en utilisant un plus grand nombre d'animaux.

Remerciements

Les auteurs remercient les responsables du CFPA de Mechtras (M. Zaouche, M. Brahimi et M. Louchami) pour avoir mis à leur disposition le clapier pédagogique ainsi que M. Lounis Lounes pour sa collaboration technique à la réalisation de cet essai. Cette étude est partiellement réalisée dans le cadre du projet **CMEP-TASSILI 13MDU883**.

Références bibliographiques

- Asar M A, Osman M, Yakout H M and Safoat A 2010 Utilization of corn-cob meal and faba bean straw in growing rabbits diets and their effects on performance, digestibility and economical efficiency. Egypt, Poult.Sci, Vol (30) (II): 415-442
- Berchiche M, Lounaouci G, Lebas F, Lamboley B 1999 Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 4: 51-55
- Blasco A and Ouhayoun J 1996 Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci*, 4: 93-99
<https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/278/265>
- Boudouma D 2009 Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 21, Article # 167. <http://www.lrrd.org/lrrd21/10/boud21167.htm>
- Carabaño R and Fraga M J 1992 The use of local feeds for rabbits. *Options Méditerranéennes, Série Séminaires*, 17: 141-158.
- EGRAN 2001 Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.
http://www.wrs.upv.es/files/guides/egran_chemical.pdf
- Etchu K A, Humbu M E, Ndamukong K J N and Agbor E B 2012 Effect of varying levels of brewers' dried grain on the growth performance of weaner rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *Greener J. Agric. Sci.*, 2: 237-245.

- Fernandez-Carmona J, Blas E, Pascual J J, Maertens L, Gidenne T, Xiccato G and Garcia J 2005 Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228. <http://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/516/503>
- Gidenne T et Lebas F 2005 Le comportement alimentaire du lapin. *Proc.: 11èmes Journées de la Recherche cunicole*, 29-30. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2000-2009/2005-Gidenne-Lebas-JRC-Comportement%20alimentaire-Dias-Presentation.pdf>
- Gidenne T 2015 Le lapin. De la biologie à l'élevage. Quae Éditions, Versailles, France, 270 p.
- Gidenne T, Garreau H, Drouilhet L, Aubert C and Maertens L 2017 Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 109 – 122.
- Guermah H, Maertens L and Berchiche M 2016 Nutritive value of brewers' grain and maize silage for fattening rabbits. *World Rabbit Sci*, 2016, 24: 183-189. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2016.4353>
- Guemour D, Bannelier C, Delle A and Gidenne T 2010 Nutritive value of sun-dried grape pomace, incorporated at a low level in complete feed for the rabbit bred under magrebian conditions. *World Rabbit Sci.*, 18: 17-25. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.2010.18.03>
- Hannachi-Rabia R, Kadi S A, Bannelier C, Berchiche M et 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>
- Harouz-Cherifi Z, Kadi S A, Mouhous A, Bannelier C, Berchiche M and Gidenne T 2018 Effect of simplified feeding based only on wheat bran and brewer's grain on rabbit performance and economic efficiency. *World Rabbit Sci.* 26: 27-34. <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.7765>
- Heuzé V, Tran G, Sauvant D and Lebas F 2017 *Brewers grains*. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO, <http://www.feedipedia.org/node/74>
- Kadi S A, Djellal F and Berchiche M 2008 Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. *9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, June 10-13, 2008*. 1559-1564. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/M-Kadi.pdf>
- 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>

- 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. <http://www.jfas.info/index.php/jfas/article/download/819/897>
- Kadi S A, Mouhous A, Djellal F, Senhadji Y, Tiguemit N and Gidenne T 2017b Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 29, Article #086. <http://www.lrrd.org/lrrd29/5/kadi29086.html>
- Lima P J D O, Watanabe P H, Cândido R C, Ferreira A C S, Vieira A V, Rodrigues B B V, Nascimento G A J and Freitas E R 2017 Dried brewers grains in growing rabbits: nutritional value and effects on performance. *World Rabbit Sci.* 2017, 25: 251-260. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.6813>.
- Lounaouci-Ouyed 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. In *9th World Rabbit Congress, Verona, Italy*. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/N-Lounaouci-Ouyed.pdf>
- Lui Y, Lyon B G, Windham W R, Lyon C E and Savage E M 2004 Prediction of physical, color and sensory characteristics of broiler breasts by visible/near infrared reflectance spectroscopy. *Poultry Sci.*, 83: 1467-1474. <https://doi.org/10.1093/ps/83.8.1467>.
- Maertens L and Salifou E 1997 Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, 5, 161-165. <http://dx.doi.org/10.4995/wrs.1997.337>.
- Maertens L, Perez J M, Villamide M, Cervera C, Gidenne T and Xiccato G 2002 Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Sci.*, 10: 157-166. http://wrs.webs.upv.es/files/journals/vol10_4_maertens.pdf
- Maertens L and Gidenne T 2016 Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technico-economical and environmental aspects. In *Proc.: 11th World Rabbit Congress, 2016 June, Qingdao, China, 337-351*. <https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2016-Qingdao/Papers/F-Feeds&Feeding/F00-Maertens%20Invited.pdf> désengagé
- Montessuy S, Reys S, Rebours G and Mascot N 2009 Effet de niveau énergétique de l'aliment sur les performances zootechniques des lapins en engraissement et conséquences sur le coût alimentaire de kilogramme de croît. 13^{ème} journées de la recherche cunicole, 17-18

- novembre 2009, Le Mans, France. www.journees-de-la-recherche.org/Download.php?telecharger=R68-MONTESSUY.pdf
- Mouhous A, Kadi S A, Belaid L and Djellal F 2017 Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. [Livestock Research for Rural Development, 29\(6\)](http://Livestock Research for Rural Development, 29(6), article 116), article 116.
- Mussato S I and Roberto I C 2006 Chemical characterization and liberation of pentose sugars from brewers' spent grain. *J. Chem. Technol. Biot.*, 81: 268-274. <https://doi.org/10.1002/jctb.1374>
- Ouhayoun J 1989 La composition corporelle du Lapin. Facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.*, 2, 215-226. https://www6.inra.fr/productions-animales/content/download/4366/43981/version/1/file/Prod_Anim_1989_2_3_06.pdf
- Pothin A, Méda B et Fortun-Lamothe L 2017 Alimentations humaine et animale : évaluer la compétition sur les ressources et l'espace. Journées de la recherche Avicoles et des Palmipèdes à foie gras, 5 et 6 avril 2017 à Tours, France.
- Reinold M R 1997 Manual practico de cerveceria. Aden ED. Sao Pablo Brasil, 123 p.
- Santos M, Jiménez J J, Bartolomé B, Gomez-Cordovés C and Del Nozal M J 2003 Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chemistry* 80 (2003) 17-21,
- Simas M M, Botura S, Correa B, Sabino M, Mallmann C A, Bitencourt T C B S C and Batatinha M J M 2007 Determination of fungal microbiota and mycotoxins research in brewers grain used in cattle feeding in the state of Bahia, Brazil. *Food Control* ,18: 404-408. http://www.lamic.ufsm.br/papers/20070209_food_control.pdf
- Westendorf M L, Wohlt P A S J E, Sniffen C J and Ward RT 2014 Nutrient content of brewer's grains produced at a commercial brewery: Variation in protein/nitrogen, fiber, carbohydrate, fat, and minerals. *The professional Animal Scientist* 30: 400-406, <http://dx.doi.org/10.15232/pas.2013-01272>
- Wyss U 1997 Ensiling of brewers' grains: high effluent production and good fermentation quality. *Agrarforsch*, 4 (3): 105-108. https://www.agrarforschungschweiz.ch/artikel/download.php?filename=1997_03_416.pdf

CHAPITRE III

Expérimentation III

EFFET D'UN ALIMENT SIMPLIFIÉ COMPOSÉ SEULEMENT DE SON DE BLE ET DE DRECHES DE BRASSERIES SUR LES PERFORMANCES DE LAPIN ET L'EFFICACITÉ ÉCONOMIQUE

World Rabbit Sci. 2018, 26: 27-34

HAROUZ-CHERIFI Z., KADI S.A., MOUHOUS A., BANNELIER C., BERCHICHE M., GIDENNE T.

Résumé.

Les aliments simplifiés sont basés sur une incorporation maximale de fourrage et/ ou de sous-produits dans l'alimentation des animaux, ils permettent ainsi de minimiser les dépenses inhérentes à l'alimentation. Cet essai a été réalisé dont l'objectif d'évaluer la possibilité d'alimenter des lapins en engraissement avec un aliment simplifié composé seulement de deux sous-produits agroindustriels peu coûteux et disponibles localement : les drèches de brasserie et le son de blé. Au sevrage (35 jours d'âge), 68 lapins ont été répartis en deux lots identiques (PV moyen = 833 g \pm 126g) et logés en cages individuelles jusqu'à l'âge d'abattage (77 jours). Chacun des deux lots (D0 et AS) a reçu à volonté soit l'aliment commercial (témoin) soit l'aliment expérimental à formulation simplifié "AS" contenant 72% de son de blé et 27% de drêche de brasserie. L'état sanitaire des lapins ne diffère pas entre les 2 groupes, l'indice de consommation a été dans les normes et similaire dans les deux lots (3,55 en moyenne). La vitesse de croissance et l'ingestion du lot D0 sont 12% supérieurs ($P < 0.001$) à celui du lot AS (35,2 vs 31,2 et 128,3 vs 113 g/j). Le rendement à froid (+ 4 points) et le poids de carcasse (+9%) plus élevé ($P < 0.001$) dans le lot B0 que dans le lot AS. Les lapins du lot AS ont présenté des carcasses moins grasses que le lot groupe D0 (graisse périréale: -23%, graisse inguinale: -41% et graisse scapulaire: -14%). L'efficacité économique était meilleure de 40% lorsque les lapins recevaient un régime AS (+0,37 € / kg de viande). Ce type de formulation permettrait de mieux valoriser des sources alimentaires alternatives et de minimiser ainsi les coûts de production.

Mots clés : Lapin, performances zootechnique, Croissance, Efficacité Economique, Drèches de brasserie, Son de blé

EFFECT OF SIMPLIFIED FEEDING BASED ONLY ON WHEAT BRAN AND BREWER'S GRAIN ON RABBIT PERFORMANCE AND ECONOMIC EFFICIENCY

HAROUZ-CHERIFI Z. *, KADI S.A.†, MOUHOUS A.†, BANNELIER C.‡, BERCHICHE M.†, GIDENNE T.‡

*Département des sciences Agronomiques, Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre, Université A.M. Oulhadj, BOUIRA. 10000. Algérie.

†Département des sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université M. Mammeri UN1501, TIZI-OUZOU, Algérie.

‡GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, ENVT, CASTANET TOLOSAN, France.

ABSTRACT.

Simplified diets aim to maximize the incorporation rate of fodder and/or by-products into animal feed to minimize costs and importation dependency. This study aimed to evaluate the possibility of feeding fattening rabbits with a simplified diet composed of only two inexpensive and locally available agro-industrial by-products: brewer's grain and wheat bran. At weaning (35 days of age), 68 rabbits were divided into two groups (mean body weight: 833 ± 126 g) and housed in individual cages until slaughter (77 days). Rabbits were fed *ad libitum* either a commercial pelleted feed (control: B0 group), or a simplified pelleted experimental diet (SF group) containing 72% wheat bran and 27% brewer's grain. The feed conversion ratio was similar in the two groups (3.55 on average). The daily weight gain and daily feed intake were 12% higher ($P < 0.001$) in the B0 group than in the SF group (35.2 vs 31.2 g and 128.3 vs 113 g/d). The cold carcass yield (+ 4points) and the carcass weight (+9%) were higher ($P < 0.001$) in B0 than in SF group. The carcass was less fatty in SF than in B0 group (perirenal fat: -23%, inguinal fat: -41% and scapular fat:-14%). The economic efficiency was 40% better when rabbits were fed SF diet (+0.37 €/kg of meat).

Keywords: Rabbit, growth, slaughter traits, Economical efficiency, Brewer's grain, Wheat bran.

INTRODUCTION

In rabbit production, feed represents about 60% of the production costs (Gidenne *et al.*, 2017). In Algeria, feed formulation is based largely on imported raw materials (maize, soybean meal and alfalfa), which prices tend to increase in the world market. The use of locally produced by-product in the feeding of rabbit would reduce the production costs and could also reduce the competition with human food. Rabbit is a hindgut-fermenter, thus it can valorise high fibre diets more efficiently than other monogastric. Therefore, it can be fed with numerous agricultural or agro-industrial by-products to produce meat of high nutritional value (Gidenne, 2015a), while reducing the competition with human food.

Several works (Berchiche *et al.*, 1999 [field beans and brewer's grains]; Kadi *et al.*, 2004 [crude olive cake]; Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008 [Field beans and brewer's grains]; Kadi *et al.*, 2011 [sun dried Sulla]; Lounaouci *et al.*, 2014 [field bean and pea]; Djellal *et al.*, 2016 [fresh ash]; Dorbane *et al.*, 2016 [crude olive cake]; Kadi *et al.*, 2016 [*Quercus ilex*]; Kadi *et al.*, 2017a [Sulla hay] and b [Fig-tree leaves] have already studied the possibility of substituting imported raw materials with those available locally.

Brewer's grain, an agro-industrial by-product of beer production, are locally available and can be considered as a good source of protein (24%) and fibre (NDF: 62.4%, ADF: 19.7%). Their usefulness in the feed of fattening rabbits has been proven (Maertens and Salifou, 1997; Berchiche *et al.*, 1999; Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008; Guermah *et al.*, 2016).

Wheat bran is also one of the most widely available and widely used by-products in animal nutrition in Algeria. Furthermore, its chemical composition and nutritional value makes it widely used in rabbit feed (Blas *et al.*, 2000) even for high incorporation rates (Robinson *et al.*, 1986 [98.75%], Berchiche *et al.*, 2000 [56%] and Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2014 [60%]). Simplified diets (Faria *et al.*, 2008; Molette *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2011) containing high levels of forage and/or by-products in rabbit feed could lead to consistent reduction of feed costs (-24%; Oliveira, 2011). In the other hand, agricultural surfaces and resources can be used to produce human food or, first, animal feed. Thus, it is interesting to evaluate if simplified diets for livestock reduce the competition between human food and animal feed. This calculation is indeed very original in rabbit feeding.

The aim of our study was to evaluate the interest of feeding fattening rabbits with a very simplified diet, composed only of two by-products (brewers' grain + wheat bran), measuring

consequences on performance of rabbits, economic efficiency and competition between rabbits feed and human food.

MATERIALS AND METHODS

Experimental diets

Fresh brewer's grains were obtained from a local brewery (Rouiba, Algiers), and sun-dried at CFPA of Mechtras (Tizi-Ouzou). Due to its high moisture content (80%), it was spread out in thin layer on a plastic sheet and turned twice a day to improve the drying process and avoid bacterial and fungal contamination (Simas *et al.*, 2007). After 5 days, the dried grains are bagged, weighed and transported to the feed mill SARL "Production locale" located in Bouzareah (Algiers) for their incorporation in the experimental diet. Wheat bran was provided by the feed mill from surrounding wheat mills.

A simplified experimental feed (SF) consisting of these two locally available industrial by-products (brewer's grain and wheat bran) was formulated using the WUFFDA software (<http://world-rabbit-science.com/Documents/Formulation/Formulation-general.htm>), to fit the nutritional requirement of the growing rabbits (De Blas and Mateos, 2010). It was compared to a control diet (B0) containing barley, soybean meal and alfalfa. Both feeds are pelleted (4 mm diameter, 10 mm length). Ingredients and nutrient content of the two experimental diets are given in Table 1.

Animals and measurements

The trial was carried out in the rabbitry of the centre of vocational training (CFPA) of Mechtras located near Tizi-Ouzou (Algeria). A total of 68 rabbits of a local white population weaned at 35 days (body weight 833 ± 126 g) were divided in two groups (n=34 in each), according to weaning weight and litter origin. The rabbits come from a commercial farm located in Tizi-Ouzou (35 km away from the experimental site).

The rabbits were identified and placed in wire mesh individual cages ($56 \times 38 \times 28$ cm) in flat deck disposition till 77d old of age. During the 6 weeks of the experiment, rabbits were fed *ad libitum* one of the experimental diets, with a weekly control of live weight, feed intake and a daily control of mortality and morbidity, as recommended by Fernandez-Carmona *et al.* (2005). Fresh drinking water was freely available.

For organizational reasons, the slaughter was realized on day after the end of the experiment (77 days of age + 1 day). Twenty rabbits per diets, selected from the average weight of each group, were slaughtered at 10:00 am, without prior feeding, under controlled conditions.

According to the recommendations of Blasco and Ouhayoun (1996), the weight of full digestive tract, skin and hot carcass were recorded immediately after slaughter. The carcasses were placed in ventilated cold room (4 °C) for chilling during 24 hours. Then, the weight of cold carcass, liver, perirenal fat, inguinal fat, scapular fat, dorsal and thigh length and lumbar circumference were recorded.

Chemical analyses

Chemical analyses of diets were performed at INRA (Occitanie Toulouse centre, UMR 1388 GenPhySE) according to European harmonized procedures (EGRAN, 2001): dry matter, crude ash, crude protein (N x 6.25, Dumas method, Leco), gross energy (Parr adiabatic calorimeter) and fibres fractions (NDF, ADF, ADL) according to the Van Soest sequential method. The pellet hardness (Kahl index) corresponds to the pressure (kg) for breaking a pellet, using a Kahl apparatus (Noyon, France) on a set of 20 pellets.

Table 1. Ingredients, measured nutrient content and hardness of the control (B0) and simplified diets (SF).

	B0	SF	Brewer's grain	wheat bran
Ingredient, %				
Brewer's grain	-	27		
Wheat bran	31	72		
Barley	20	-		
Soybean meal	12	-		
Local dried alfalfa	35	-		
Minerals	1	0,5		
Premix	1	0,5		
Nutrient content, g/kg DM				
Dry matter, g/kg	890	884	901	874
Crude ash	76	48	54	39
Crude protein	161	157	204	145
NDF	280	377	602	276
ADF	150	124	213	85
ADL	38	34	43	32
Gross energy, MJ/kg	16.00	16.90	19.90	16.30
DE, MJ/kg ¹	10.11	11.44		
DP, g/kg ²	106	103		
DP/DE	10.50	9.35		
Hardness (Kahl index) ³	12.2± 1.6	13.2±0.9*		

¹ Estimated by the equation of Maertens *et al.* (1988): ED (MJ/kg MS) =0.8-0.230 ADF (%MS) + 0.80 EB (MJ/kg MS)

² Estimated by the equation of Villamide and Fraga (1998) : PD (g/kg)=-34.67+0.876 x PB (g/kg)

³Index Kahl= Force (kg)

* p=0,0351

Economic efficiency

Economic efficiency was calculated from the equation of Asar *et al.* (2010) modified by Mouhous *et al.* (2017):

Economic efficiency (%) = [Weight gain revenue (€/kg) - Total feed cost (€/kg)] / [Total feed cost (€/kg)] x 100

Where

Weight gain revenue (€/kg) = Total weight gain (kg) × Price of kg live body weight (€)

Total feed cost (€) = Total feed intake (kg/rabbit) × Price of kg feed (€).

Initial price in Algerian Dinar (AD) were converted in euro (€) assuming that 1€ = 134.5 AD.

The price of a kg of feed was calculated based on the raw materials prices on the local market at the time of the experiment (April 2016): brewer's grain (0.07 €), wheat bran (0.20 €), barley (0.26 €), soybean meal (0.40 €), local dried alfalfa (0.31 €) and minerals (0.02 €)

Competition between animal feed and human food

The competition between animal feed and human food was evaluated by the method of Pothin *et al.* (2017) based on the calculation of two indicators: (i) SAPAA (m².year /kg of food): agricultural area needed to produce animal feed, allows the evaluation of competition in space, and (ii) PAACoH (%): Portion in the Animal Feed of the resources that enter in Competition with the Human Food, allows the evaluation of the competition on the resources.

These two indicators were calculated by COMPETALIM calculator (Pothin *et al.*, 2017) from the composition of the feeds used in our study (Table 1).

Statistical analyses

Data were subjected to analysis of variance, using R software, version 2.15.02 for Windows® (www.r-project.org). The analysis of variance was performed to evaluate the effects of the diet on growth performance and slaughter parameters. Significant differences between treatments were determined using Duncan's test. The chi-square test was used to compare mortality and morbidity between the two groups.

RESULTS AND DISCUSSION

Composition of Brewer's Grains, Wheat Bran and Experimental Feeds

Brewer's grains are a good source of protein, fibre and energy (Maertens and Salifou, 1997). Their composition varies according to the variety of barley seeds, the fermentation and brewing process (Santos *et al.*, 2003). Brewer's grain used in our study contained 204 g/kg of CP (Table 1). This value was similar to that found by Guermah *et al.* (2016) which was 207 g/kg, but 15 to 20% lower than those reported by Maertens and Salifou (1997) and the EGRAN tables (Martens *et al.*, 2002). The brewer's grain used (Table 1) had appreciable NDF fibre contents (602 g/kg) close to the value (624 g/kg) obtained by Maertens and Salifou (1997) and much higher (528 g/kg) than those reported by the EGRAN (Maertens *et al.*, 2002) and Guermah *et al.* (2016; 490 g/kg). The ADF content was 213 g/kg, slightly higher (4 to 10%) than the values found by the same authors mentioned above.

The wheat bran we used in our study (Table 1) contains 145 g/kg of CP which is close to the values reported by the EGRAN tables (150 g/kg) and by Lounaouci *et al.* (2011; 158 g/kg). Fibre content was low (276 g/kg NDF and 84 g/kg ADF) and it was below the values reported in the EGRAN reference tables (405 and 118 g/kg for NDF and ADF, respectively; Maertens *et al.*, 2002) and Lounaouci *et al.* (2011; 397 and 119 g/kg). These variations in the chemical composition of wheat bran is normal and already reported (Blas *et al.*, 2000; Boudouma, 2009).

The measured nutrient content of the experimental diets (Table 1) were lower than the calculated composition, particularly for ADF. Accordingly, the ADF level of the SF diet was lower than expected and relatively lower than the classical fibre recommendations (Gidenne, 2015b)

Pellet size and hardness may affect the feeding behaviour of rabbits (Maertens and Villamide, 1998). The hardness of the pellets was 8% higher in SF diet than that in control diet ($p = 0.035$), which may partly explain the scratching behaviour (and feed waste) observed during two weeks in 8 rabbits fed the SF feed (against 3 rabbits in the group B0).

Health status, feed intake and growth of animals

The health status was similar in both groups ($P > 0.05$; Table 2). The number of dead rabbits was 3/34 in B0 group and 5/34 in SF group. The autopsy of the dead animals revealed lesions

attributable to coccidiosis, enterocolitis and respiratory disorders with 3, 2 and 3 cases respectively. Symptoms of diarrhoea were observed in 3 animals (1 in B0 and 2 in SF group). All mortality occurred during the first and second week of fattening, which could be related to weaning stress (transport, building change, cages and feed). The health risk index (HRi: corresponding to the sum of morbid and dead animals according to Gidenne *et al.*, (2010) does not differ between the two groups and was given only as an indication according to the limited number of rabbits.

Table 2. Rabbit health in control (B0) and SF groups

Group	B0	SF	P
Rabbits, (n) ¹	34	34	
Morbidity ² (n)			
from 35 at 56 d	2/34	4/34	NS
from 56 at 77 d	2/31	3/29	NS
from 35 at 77 d	4/34	6/34	NS
Mortality (n)			
from 35 at 56 d	3/34	5/34	NS
from 56 at 77 d	0	0	
from 35 at 77 d	3/34	5/34	NS
Health risk index (HRi) ³ (n)			
from 35 at 56 d	5/34	9/34	NS
from 56 at 77 d	2/31	3/29	NS
from 35 at 77 d	7/34	11/34	NS

¹ Number of rabbits at start of test. NS: not significant.

² Morbidity: It corresponds to ill rabbits (but still alive within a period), showing digestive troubles (diarrhoea), or severe loss of weight during a week, or an abnormally low growth

³Health risk index (HRi) was the sum of morbid and dead animals

As expected, the whole experimental period (35 à 77d of age), the growth (-11%) and feed intake (-12%) was lower (Table 3) in SF group than in B0 group (p <0.001). But, the feed conversion ratio was similar in both groups (3.55).

The growth rate was lower in the SF group than in the control group for the periods 35-56 (-15%), 56-77 (-11%) and 35-77 days of age (-11%) respectively. Such results could be explained by the lower amount of feed intake (-12%) in the SF group than that of the control, for the whole period. The lower feed intake in the SF group probably due to its lower

lignocellulose content, which was propose to be a limiting factor of feed intake in the SF diet (Gidenne *et al.*, 2017).

Table 3. Growth of rabbits, feed intake and feed conversion ratio according in the control (B0) and SF group.

Group	B0	SF	SEM	P
Rabbits, no. ¹	31	29		
Period 35-56 d				
Live weight at 35 d, g	833	834	22	0.98
Live weight at 56 d, g	1677	1442	36	<0.001
Weight gain, g/d	40.0	34.0	1.1	<0.001
Feed intake, g/d	105.7	101.4	3.1	0.001
Feed conversion ratio	2.9	3.0	0.1	0.32
Period 56-77 d				
Live weight at 77j, g	2271	2047	40	<0.001
Weight gain, g/d	33.6	29.8	0.9	0.003
Feed intake, g/d	135.9	117.4	3.0	<0.001
Feed conversion ratio	3.93	4.03	0.12	0.50
Period 35-77 d				
Weight gain, g/d	35.2	31.2	0.7	0.001
Feed intake, g/d	128.3	113.0	2.4	<0.001
Feed conversion ratio	3.52	3.59	0.10	0.51

¹: number of rabbits at the end of experimental period

During the overall period (35-77 days), rabbit in the SF group showed acceptable growth rate (mean: 31 g/day), which was slightly higher than that recorded in previous studies (25-31 g/day) with feeds based on imported raw materials (Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008; Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2014; Hannachi-Rabia *et al.*, 2017).

In addition, the feed conversion ratio was similar to previous results (Gidenne *et al.*, 2017) and it was similar in the two groups (3.55). The performance traits of the rabbits fed the SF diet were therefore very encouraging.

Slaughter performances

Both feeds allowed the rabbits to exceed 2 kg live weight in six weeks of fattening (Table 4), which is the optimal weight for the local market (Kadi *et al.*, 2008).

Intake of the simplified feed had depressive effect on slaughter performance. Cold yield was higher in the control group than in the SF group (60.5 vs 56.6%, p <0.001). This result could

be explained by a heavier full digestive tract (+10%) in the control SF group compared to the control group (407 vs 365 g; Lebas and Laplace, 1982). However, intake of the SF feed (less energetic) was lower than that of the control feed, and leads to less fatty carcasses considering perirenal fat (-27%), inguinal fat (-41%) or scapular fat (-14%).

Table 4. Slaughter performance of rabbits according in the control (B0) and SF group.

Group	B0	SF	SEM	P
Body weight (BW), g (78d)	2249	2211	35	0.461
Weight of skin, g	283	248	5	<0.001
Weight of full digestive tract, g	365	407	8	<0.001
Hot carcass weight, g	1413	1309	24	0.005
Cold carcass weight, g	1350	1238	24	0.002
Liver weight, g	94	68	3	<0.001
Perirenal fat, g	26	19	2	0.030
Inguinal fat, g	17	10	0.9	<0.001
Scapular fat, g	7.8	5.9	0.6	0.029
Kidneys weight, g	15	15	0.5	0.003
Dorsal length, cm	25	24	3.0	<0.001
Thigh length, cm	7.7	7.9	0.1	0.034
Lumbar Circumference, cm	17	16	0.1	0.231
Dressing out percentage of hot carcass, %	63.0	59.7	0.7	0.003
Dressing out percentage of cold carcass, %	60.2	56.6	0.7	<0.001

Economic efficiency

The results of the economic evaluation are summarized in Table 5. The animals in the control group recorded relatively higher weight gain than those of the SF feed (1.44 vs 1.21 kg) during the whole period of fattening. However, the feeding cost 36% lower of SF than for control diet (0.61 vs 0.95 €/kg). This reduction in feed cost was explained by the difference in price of both feed (0.17 vs 0.27 €/kg).

Indeed, a simplified feed, made up with only two locally by-products (brewer's grain and wheat bran), made it possible to achieve a competitive price compared to a control feed, mainly composed of imported ingredients. Thus, the revenue was 40% higher in SF than in control group (+ 0.35 €/kg of rabbit carcass).

Table 5. Economic performance of rabbit units according to the diet offered to animals (control, B0 or simplified, SF).

Parameters	B0	SF
Live weight at 35d (g)	833	834
Live weight at 77d (g)	2271	2047
Total weight gain (kg)	1.438	1.213
Price (€/kg live weight)	3.72	3.72
Revenue in total weight gain (€)	5.34	4.51
Total feed intake/rabbit (kg)	3.52	3.59
Feed price (€/kg)	0.27	0.17
Feed cost (€/kg live rabbit)	0.95	0.61
Economic efficiency (%)	454	638
Revenue (€/kg meat produced)	2.75	3.11

Competition with human food

The production of SF feed requires less cultivation area than the control feed 0.47 vs 1.26 m².year / kg respectively. This can be explained by the raw materials (barley, soya bean and alfalfa) composing B0 and which require more surfaces.

For the competition of feeds with human food, the PAACoH indicator was 20% and 0% respectively for B0 and SF feeds. For the latter, a value of 0% means that any of the raw materials used in the SF feed are used in human food. However, the score recorded for this parameter by the control feed (20%) was also relatively low (Pothin *et al.*, 2017).

CONCLUSION

Feeding the rabbits with a simplified feed containing only brewer's grains and wheat bran allowed producing low fat rabbit weighting more than two kg at 11 weeks of age, without reducing the feed conversion ratio, while improving the economic efficiency of production and reducing the competition with human food.

Based on these first results, it seems interesting to evaluate the digestibility of simplified diets as well as the feeding behaviour of the rabbits (hardness and palatability of pellets) and the health status using larger number of rabbits while combining other local sources in a simplified formulation for feed at lower cost and not competitive with human food.

Acknowledgements

The authors thanks the heads of the CFPA of Mechtras (Belaid Zaouche , Ali Brahimi and Yazid Louchami) who placed at our disposal the pedagogic rabbitry, and Lounis Lounes for his assistance in the experimental trial. This study is partially carried out within the framework of the CMEP-TASSILI 13MDU883 project.

REFERENCES

- 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 economical efficiency. *Egypt. Poult Sci.*, 30 (II): 415-442.
- 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., Lounaouci G., Lebas F., Lamboley B. 1999. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. *Cahiers Options Méditerranéennes.*, 4: 51-55
- Blas E., Fernandez-Carmona J., Cervera C., Pascual J.J. 2000. Nutritive value of coarse and fine brans for rabbits. *Anim. Feed Sci. Techn.* , 88: 239-251.
- Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4: 93-99.
- Boudouma D. 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Livestock Research for Rural Development.*21 (10).
- 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.*
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.
- 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(10): 1797-1801.

- 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.
- 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 (2): 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., 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. Techn.*, 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. [doi:10.4995/wrs.2016.4353](https://doi.org/10.4995/wrs.2016.4353)
- 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*. 29 (50).
- 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(1): 13-22. doi : 10.4314/jfas. v9i1.2

- Kadi S.A., Mouhous A., Djellal F., Senhadji Y., Tiguemit N., et Gidenne T. 2017b. Feuilles sèches de Figuier et foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) en alimentation du lapin en engraissement. *Livestock Research for Rural Development*. 29(86).
- Lebas F., Laplace J.P. 1982. Mensurations viscérales chez le lapin, IV: Effets de divers modes de restriction alimentaires 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. 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*.doi : 10.1017/S2040470011002780
- 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. doi:10.4995/wrs.2014.1487
- 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., 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., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.*, 5: 161-165. [doi:10.4995/wrs.1997.337](https://doi.org/10.4995/wrs.1997.337).
- Maertens L., Villamide M.J. 1998. Feeding systems for intensive production, In *Nutrition of the rabbit. De Blas C., Wiseman J. (Eds.), CABI, publ., Wallingford, UK, 255-271*.
- Molette C., Nicot M., Coulmier D., Farizon Y., Gidenne T. 2009. Impact d'une incorporation élevée de drèches de distillerie de blé, dans un aliment à formulation simplifiée, sur la croissance, la qualité de la carcasse et la composition en acides gras de la viande de lapin. In *Proc., 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre, 2009, Le Mans, France, 14-17*.

- Mouhous A., Kadi S.A., Belaid L., Djellal F. 2017. Complémentation de l'aliment commercial par du fourrage vert de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour réduire les charges alimentaires d'élevages de lapins en engraissement. *Livestock Research for Rural Development*, 29(6).
- Oliveira A.F.G., Scapinello C., Leite M.C.D.P., Motta A.C. M., Figueira J.L., Catelan F., Retore M. 2011. Evaluation of the reproductive performance of rabbits does fed a half-simplified diet based on cassava by-products. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(11): 2456-2461.
- Pothin A., Méda B., Fortun- Lamonthe L. 2017. Alimentation humaine et animale : Evaluer la compétition sur les ressources et l'espace. *12^{ème} journées de la recherche Avicole et Palmipèdes à Foie gras, 05 - 06 avril, 2017, Tour, France.*
- Robinson K. L., Cheeke P.R., Kelly J.D., Patton N.M. 1986. Effect of fine grinding and supplementation with hay on the digestibility of wheat bran by rabbits, *J, Appl, Rabbit Res.*, 9 (4): 166-167.
- Santos M., Jiménez J.J., Bartolomé B., Gomez-Cordovés C., Del Nozal M.J. 2003. Variability of brewer's spent grain within a brewery. *Food Chemistry.*, 80: 17-21,
- Simas M.M., Botura S., Correa B., Sabino M., Mallmann C.A., Bitencourt T.C.B.S.C., Batatinha M.J.M. 2007. Determination of fungal microbiota and mycotoxins research in brewers grain used in cattle feeding in the state of Bahia, Brazil. *Food Control.*, 18: 404-408.
- Villamide M.J., Fraga M.J. 1998. Prediction of the digestible crude protein and protein digestibility of feed ingredients for rabbits from chemical analysis. *Anim. Feed Sci. Technolo.*, 70: 211-224,

CHAPITRE IV

DISCUSSION GÉNÉRALE

Les travaux conduits au cours de notre thèse sont conçus pour être une continuité du programme de recherche de notre laboratoire d'accueil. Celui-ci a mis en œuvre depuis plusieurs années, une série d'essais orientés vers la valorisation des fourrages et coproduits agro industriels disponibles en Algérie. Ces sources sont alternatives à celles importées pour la fabrication des aliments granulés du lapin en croissance. Cette orientation est justifiée par le contexte du marché national de l'aliment industriel pour l'élevage rationnel du lapin. En outre, nos travaux ont été motivés par la nécessité de maîtriser l'alimentation au niveau de l'élevage, poste de dépenses le plus élevé, environ : 60 à 70 %, ce qui constitue le facteur de production indicateur de la rentabilité de cette production animale.

Actuellement, en condition de production Algérienne, la recherche d'un aliment équilibré et à moindre coût demeure l'un des soucis majeurs des chercheurs et des éleveurs de lapins.

L'utilisation d'un aliment équilibré permet d'atteindre un bon niveau de performances de croissance et d'abattage avec une meilleure efficacité alimentaire, de même d'éviter des pathologies en particulier pendant la période post-sevrage. Toutefois, la formulation à moindre coût est directement liée aux matières premières utilisées qui sont dans la plupart des cas importées (maïs, orge, tourteaux de soja et la luzerne) rendant ainsi le prix de l'aliment élevé, d'où la nécessité de chercher d'autres sources alimentaires alternatives.

Compte tenu de ces sources alimentaires alternatives, nous avons retenu les drêches de brasserie (DB), coproduit principal de l'industrie de la bière, disponibles localement, mais utilisées surtout en alimentation des ruminants (Heuzé *et al.*, 2017). Leur utilisation en alimentation du lapin a été déjà expérimentée par Berchiche *et al.* (1998) et Lounaouci-Ouyed *et al.* (2008). Ce coproduit, se distingue des autres coproduits agro industriels en fournissant des protéines mais également des fibres et de l'énergie d'où l'intérêt de son utilisation en alimentation cunicole (Maertens et Salifou, 1997).

Après une introduction croissante de la DB (20 et 30%) dans un aliment granulé (essai 1), en substitution partielle du tourteau de soja, de l'orge et de la luzerne, le taux de DB a été relevé dans l'aliment (jusqu'à 40%), soit une augmentation de 10 points par rapport aux essais 1. Notre troisième essai a porté sur l'association de la DB avec les issues de meunerie (son de blé), sous forme d'une formulation simplifiée. Il y a à préciser que la valeur nutritive de la DB n'a pas été déterminée dans nos travaux car elle faisait l'objet de travaux d'une autre thèse (Guermah, 2016).

Les essais ont tous été conduits dans le même site expérimental, Centre de Formation Professionnelle et de l'Apprentissage (CFPA) de Mechtras, avec des lapins de même origine

génétique soit la population de lapins de phénotype blanc (Zerrouki *et al.*, 2008) provenant de deux élevages privés localisés à Tizirt et à Tizi-Ouzou. Notons que ces lapins sont issus de reproducteurs non améliorés, réputés pour leur croissance modeste comparativement aux animaux hybrides. Après une mise en lot rigoureuse à l'âge du sevrage, les lapins en nombre satisfaisant (Tableau 1) sont affectés dans les lots expérimentaux pour être engraisés durant 6 semaines. Une des satisfactions des essais a été le poids vif à l'abattage atteint : 2kg à 77j d'âge dans l'ensemble des essais.

Tableau 1. Evolution des effectifs de lapins et de l'état de santé pour l'ensemble des essais

Paramètres	Essai 1			Essai 2		Essai 3	
	D0	D20	D30	D0	D40	D0	AS
N	60	60	60	34	34	34	34
Effectif à la fin de l'essai	52	51	52	31	31	31	29
Mortalité	8/60	9/60	8/60	3/34	3/34	3/34	5/34
Morbidité	6/60	8/60	7/60	4/34	5/34	4/34	6/34
Indice de risque sanitaire	14/60	15/60	15/60	7/34	8/34	7/34	11/34

N : nombre de lapins au début de l'essai

Les drêches utilisées dans les trois essais proviennent de la même brasserie (usine de Rouiba), et sont séchées dans les mêmes conditions, étalage au soleil sur le site expérimental. Les analyses chimiques des crottes et des échantillons des aliments expérimentaux ont été effectués à l'INRA de Toulouse (UMR GenPhySE) en France. Pour compléter l'appréciation de l'utilisation de ce produit, nous avons ajouté une analyse économique pour évaluer l'efficacité économique et la rentabilité par kg de viande produite. Cette analyse est complétée pour, les essais 2 et 3 par une étude de la compétition des aliments utilisés avec l'alimentation humaine. Cette étude, originale en élevage de lapin, a été réalisée à l'aide du logiciel COMPTALIM (Pothin *et al.*, 2016) en utilisant deux types d'indicateurs SAPAA (Surface Agricole nécessaire pour produire l'Alimentation des Animaux en m².an/kg d'aliment) et PAACoH (Part dans l'Alimentation Animale des ressources qui entrent en Compétition avec l'Alimentation Humaine en %).

L'état sanitaire général des animaux expérimentaux (Tableau 1) est d'un bon niveau, sans aucun traitement administré. Des difficultés d'adaptation des lapins ont été observées lors du premier essai. Le nombre total de lapins morts a été de 25/180 dans l'essai 1, de 6/68 dans le 2^{ème} essai et 8/68 dans l'essai 3. Les plus fort taux de mortalité et de morbidité ont été observées dans les 2 à 3 semaines qui ont suivies le sevrage ce qui corroborent les observations de Peters *et al.* (1984) ; Licois et Marlier (2008) et Bennegadi *et al.*(2011). Les pertes de lapins enregistrées sont généralement dues à des troubles digestifs avec comme signe extérieur la diarrhée, ballonnement et pertes de poids. L'autopsie a révélé des symptômes, en confrontation avec la bibliographie, liés à des coccidioses, colibacillose et entérocolites et dans certains cas liés aux problèmes respiratoires. Ces pathologies ne peuvent pas être reliées directement aux régimes qui n'ont montré aucune différence significative avec le témoin. En effet, Sraka et Boucher (2013) ont rapporté que la pathologie du lapin est avant tout la résultante d'un ensemble complexe de facteurs techniques, sanitaires, nutritionnels et ne peut être que partiellement résumée par des lésions observées et les bactéries isolées.

Après analyse de la composition chimique des aliments expérimentaux, une différence a été observée par rapport à celle estimée lors de la formulation en particulier pour les protéines et les fibres. Ce constat sur l'instabilité de la composition des matières premières importées, a déjà été rapporté dans les travaux de Kadi (2012).

Globalement, la composition chimique des aliments expérimentaux de nos trois essais (Tableau 2) corrobore les recommandations de Gidenne (2015b) hormis l'aliment AS de l'essai 3, qui présente un déficit en fibres ADF (12%). Rappelons que ce dernier a été formulé exclusivement par deux coproduits agro industriels (27% de drêches de brasserie et 72% de son de blé). En dépit de cette situation les lapins ayant consommés l'aliment AS, n'ont pas été affectés par ce taux de fibres puisqu'il demeure dans la gamme de la régulation de l'ingestion tel qu'il a été signalé par Maertens et Gidenne (2016).

Tableau 2. Composition chimique et caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux dans l'ensemble des essais.

Composition chimique g/kg MS	Essai 1			Essai 2		Essai 3	
	D0	D20	D30	D0	D40	D0	AS
MS	867	870	869	890	888	890	884
MM	105	122	105	76	69	76	48
PB	155	142	146	161	156	161	157
NDF	280	327	344	280	371	280	377
ADF	147	149	160	150	174	150	124
ADL	34	36	40	38	42	38	34
EB (MJ/kg)	15,8	15,7	15,9	16,0	16,7	16,0	16,9

La digestion des aliments utilisés a été effectuée pour l'essai 1. La digestibilité de la MO, des PB et de l'énergie diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation des drêches de brasserie. Qu'en est-il alors pour un taux de 40% (essai 2) et pour un aliment simplifié (essai 3) ? D'autres investigations sont donc souhaitables pour répondre à ces questions.

Les valeurs du rapport entre protéines digestibles (PD)/énergie digestible (ED), est similaire pour les aliments expérimentaux et présentent des valeurs proches de celle préconisées par Gidenne *et al.*, (2013) qui se situent entre 9,5 et 11,0 g PD/MJ d'ED. Ce rapport est un indicateur de l'appréciation des caractéristiques nutritionnelles de l'aliment comme l'ont montré les travaux de Berchiche (1985) et de Gidenne *et al.*(2010).

Tableau 3. Performances moyennes de croissance et d'ingestion réalisées par les lapins de population locale blanche dans l'ensemble des essais.

	PV 35j g/j	PV 77j g/j	GMQ g/j	CMQ g/j	IC
Partie 1 : Valorisation de la drêche de brasserie					
Aliment 0% de drêche de brasserie	860	2064	30,46	378,7*	3,52 ^a
Aliment 20% de drêches de brasserie	860	2024	29,18	379,2*	3,92 ^b
Aliment 30% de drêches de brasserie	860	2107	31,44	389,7*	3,78 ^{ab}
<i>SEM</i>	19	33	0,67	2,53	0,07
<i>P</i>	1,00	0,22	0,06	0,78	<0,001
Partie 2 : incorporation de 40% de la drêche de brasserie					
Aliment 0% de drêche de brasserie	833	2271	35,2	128	3,52
Aliment 40% de drêches de brasserie	833	2250	35,7	132	3,66
<i>SEM</i>	22	37,1	0,7	2,1	0,1
<i>P</i>	0,98	0,71	0,64	0,22	0,20
Partie 3 : Association de la drêche de brasserie et du son de blé dans un aliment simplifié					
Aliment 0% de drêche de brasserie	833	2271	35,2	128	3,52
Aliment 27% de drêche de brasserie et 72% son de blé	834	2047	31,2	113	3,59
<i>SEM</i>	21,9	39,7	0,7	2,4	0,1
<i>P</i>	0,98	<0,001	0,001	<0,001	0,51

* : moyennes par cage

L'impact des drêches de brasserie sur les performances de croissance (Tableau 3) a été testé d'abord lorsque les lapins sont logés dans des cages collectives (essai 1). Le taux d'incorporation est de 20 et 30% dans l'aliment. Il a permis de maintenir la vitesse de croissance (31g/j) et l'indice de consommation au même niveau que celui du témoin soit 3,6 même si ce dernier se trouve détérioré pour un taux d'inclusion de 20%.

Lorsque le taux d'incorporation est élevée (40%) en remplacement total du tourteau de soja (essai 2), les résultats obtenus sont appréciables, soit une vitesse de croissance de 35g/j et une bonne efficacité alimentaire qui est de 3,5. Il serait donc nécessaire de confirmer ces résultats sur un grand nombre d'animaux.

Les résultats satisfaisants enregistrés au cours de ces deux essais et le triple intérêt nutritionnel des drèches de brasserie, soit leur richesse en fibres (NDF: 60% et ADF : 21%), en protéines (20%) et même en énergie brute (19MJ/kg de MS), nous ont conduit à expérimenter dans le 3^{ème} essai la possibilité de formuler la drêche de brasserie en association avec des issues de meunerie (son de blé) dans un aliment. Cette formulation simplifiée avec uniquement deux coproduits agro industriels (27% des drèches de brasserie et 72% de son de blé), disponibles localement, a permis d'atteindre des performances de croissance acceptables : GMQ de 31g/j et CMQ de 113g/j. Certes, statistiquement ces performances sont inférieures à celle permises par l'aliment témoin. Par contre, l'efficacité alimentaire est dans les normes et similaire au témoin avec production à l'abattage, de carcasses significativement moins grasses et dont le rendement à froid était de 57%. Ce dernier demeure dans l'intervalle de celui rapporté par Ouhayoun (1989, 55 à 60%), valeurs obtenues sur des lapins standards de format moyen.

Les performances enregistrées dans l'essai 3 confirment le triple intérêt nutritionnel de ce coproduit agro industriel qui pourrait constituer, en Algérie une source alternative aux matières alimentaires importées. D'autres combinaisons avec d'autres sources alimentaires locales dans une formulation simplifiée, peuvent être envisagées notamment pour évaluer la digestibilité des nutriments et l'état sanitaire sur un grand nombre de répétitions.

En outre, après l'appréciation des performances de croissance et d'abattage, nous avons ajouté une approche sur le plan économique pour apprécier davantage nos aliments expérimentaux (Tableau 4). Les résultats obtenus montrent une bonne efficacité économique des aliments formulés à base des drèches de brasserie. Les prix calculés pour les aliments expérimentaux (D20, D30 et D40) ont été respectivement de 27, 24 et 26 DA/kg meilleurs à ceux des aliments formulés pour les lots témoins. De même pour la formulation simplifiée (essai 3), qui a permis également de réduire le coût de l'aliment de 48 DA comparativement au témoin formulé à base de l'orge, luzerne, tourteaux de soja et de son de blé, avec l'obtention d'un meilleur revenu par kg de viande produite qui est de 418 DA. Ces résultats sont très intéressants et pourront constituer une référence aux travaux à venir.

Tableau 4. Analyse des performances économiques dans l'ensemble des essais

	Prix d'un kg d'aliment	Coût total d'aliment/lapin DA/kg	Efficacité économique	Revenu DA/kg de viande produite
Partie 1 : Valorisation de la drêche de brasserie				
Aliment 0% de drêche de brasserie	33,50	118	282	332
Aliment 20% de drêches de brasserie	27,00	106	324	344
Aliment 30% de drêches de brasserie	23,80	90	399	360
Partie 2 : incorporation de 40% de la drêche de brasserie				
Aliment 0% de drêche de brasserie	36,82	130	454	370
Aliment 40% de drêches de brasserie	25,70	94	654	406
Partie 3 : Association de la drêche de brasserie et du son de blé dans un aliment simplifié				
Aliment 0% de drêche de brasserie	36,82	130	454	370
Aliment AS	22,89	82	636	418

Certes, il est souhaitable d'approfondir les connaissances à l'échelle professionnelle, en prenant en considération la disponibilité des drêches de brasserie à longueur de l'année, les frais engendrés par leur transport et leur séchage qui demeure jusque-là naturel.

CHAPITRE V
CONCLUSION GÉNÉRALE
ET
PERSPECTIVES

A l'issue de nos travaux de recherches, nous avons enregistré des résultats complémentaires aux travaux antérieurs, portant un intérêt direct pour l'alimentation du lapin, en conditions de production Algérienne.

En ce sens, ce coproduit de l'industrie agro-alimentaire s'avère une source à la fois de protéines, de fibres et d'énergie, ce qui a favorisé son utilisation en substitution partielle ou totale du tourteau de soja, de la céréale (orge) et de la luzerne.

La réalisation de nos trois essais en condition de production Algériennes n'a pas été aisée. En effet, il a fallu remédier à l'absence d'une station expérimentale spécifique, notamment pour l'étude de la digestibilité et nous avons eu recours aux lapins de population locale, reconnus pour leur modeste croissance au lieu de lapins issus de reproducteurs améliorés.

En outre, la conduite de nos essais s'est appuyée sur la méthodologie d'usage dans des travaux de référence en Europe et a bénéficié de la réalisation des analyses physico – chimiques au laboratoire de l'INRA de Toulouse (France).

La mise en œuvre de nos essais était progressive. Après une substitution partielle (taux croissants de drêches de brasserie (20 et 30%), nous avons réalisé une substitution totale (taux élevé drêches, 40%). Dans notre ultime essai mis en œuvre, la drêche de brasserie a été associée uniquement aux issues de meunerie (son de blé disponible et à un coût réduit). Ce type d'essai est conçu pour entamer les investigations sur la recherche de compléments de la drêche de brasserie en alimentation du lapin.

Les niveaux des performances moyennes de croissance (30-35g/j) et de consommation (95-130g/j) des lapins de l'essai 1 et 2, nourris avec des aliments contenant la drêche de brasserie, sont au même niveau que celles permises par l'aliment classique (tourteau de soja+ céréales + luzerne). L'efficacité alimentaire enregistrée dans les 3 essais est dans les normes préconisée soit un indice de consommation de 3,5.

Les performances d'abattage n'ont pas été affectées par l'incorporation des drêches de brasserie. Les lapins des 3 essais ont atteint le poids de 2 kg à 77j (60% de poids adulte). Le rendement à l'abattage obtenu par les lapins des 3 essais varie de 56 à 60%. L'introduction des drêches de brasserie dans une formulation simplifiée, associé exclusivement au son de blé, a permis d'obtenir des carcasses maigres en réduisant le gras périrénal de 17%.

Ainsi, cette substitution revêt également un intérêt économique puisqu'elle a permis de réduire le coût de l'aliment contenant les drêches de brasserie et d'améliorer le revenu par kg de viande produite comparativement à l'aliment standard.

Toutefois, l'utilisation de lapins de population locale, réputés pour leur croissance modérée, a réduit le niveau des performances de croissance à l'instar de celui des lapins de référence (souche hybride Européennes).

Nos essais ont permis donc de confirmer la possibilité de concevoir des aliments granulés pour lapin en croissance, à moindre coût et non compétitifs avec l'alimentation humaine, en intégrant des coproduits agro-industriels, disponibles localement, en remplacement partiel ou total des sources alimentaires importées. Cette stratégie de valorisation des sources locales constitue un impératif pour atteindre l'autonomie alimentaire de nos élevages.

En perspectives, nous proposons de :

- Reprendre les essais à plus grande échelle (en conditions de production)
- Reprendre au niveau de notre laboratoire l'étude de la valeur nutritive de la drêche de brasserie
- Mettre en œuvre d'autres études pour la recherche de compléments végétaux et coproduits de la drêche de brasserie disponibles en conditions de production Algérienne.
- Envisager la vulgarisation des résultats obtenus auprès des fabricants d'aliment et des éleveurs
- Envisager des essais sur l'étude de la composition anatomique de la carcasse, la qualité organoleptique ainsi que sur l'effet des drêches de brasserie sur le métabolisme hépatique des lapins.
- Evaluer le coût de transport et de séchage de la drêche de brasserie pour une meilleure analyse du coût de production (coût d'utilisation)
- Préconiser le séchage des drêches de brasserie à un niveau industriel pour vulgariser l'utilisation de ce coproduit, et éventuellement l'utilisation d'un séchoir fonctionnant à l'énergie solaire.

Références Bibliographiques

- Bechiche M. 1985. Valorisation des protéines de la féverole par le lapin en croissance. Thèse doctorat. Institut National Polytechnique, Toulouse. France. 137p.
- Berchiche M., Lounaouci G., Lebas F., Lamboley B., 1998. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by Algerian local growing rabbits. *2nd International Conference on Rabbit production in hot Climates. Adana Turquie, 7-9 septembre 1998. Cahiers Options Méditerranéennes*, vol. 41, 51-55.
- Bennegadi N., Gidenne T., Licois L. 2001. Impact of fibre deficiency and sanitary status on non-specific enteropathy of the growing rabbit. *Anim. Res.*, 50, 401-413.
- Gidenne T., Aubert C., Drouilhet L., Garreau H. 2013. L'efficacité alimentaire en cuniculture: impacts technico-économiques et environnementaux. 15^{èmes} JRC, 19-20 novembre 2013.
- Gidenne T., Lebas F., Fortun-Lamothe L. ,2010. .Chapter 13. Feeding behaviour of rabbits. In de Blas C., Wiseman J., "Nutrition of the rabbit" - *CAB International Ed.*, pages 233-252.
- 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., ed.)*, Quae publ. 137-182
- Guermah H. 2016. Nutrition du lapin : étude de sources alimentaires alternatives. Thèse doctorat. Université UMMTO. Algérie .122p.
- Heuzé V., Tran G., Sauvant D., Lebas F., 2017. *Brewers grains*. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/74>
- Kadi S.A. 2012. Alimentation du lapin de chair : valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie. Thèse de doctorat, UMMTO,143p
- Licois D., Marlier D. 2008. Pathologie infectieuses du lapin en élevage rationnel. *INRA.Prod. Anim.* 21, 257 – 268.
- 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:123-728*.Guermah, H. 2016.
- Maertens L., Gidenne T. 2016. Feed efficiency in rabbit production: nutritional,technico-economical and environmental aspects In proceeding of the *11thWorld Rabbit Congress- June 15-18,2016-Qingdao-China*

- Maertens L., Salifou E. 1997. Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Sci.* 5:161-165.
- Ouhayoun J. 1989. La composition corporelle du Lapin. Facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.*, 2, 215-226. https://www6.inra.fr/productions-animales/content/download/4366/43981/version/1/file/Prod_Anim_1989_2_3_06.pdf
- Peters J.E., Charlier G.J, Halen P.H. 1984. Pathogenicity of attaching effacing enteropathogenic *Escherichia coli* isolated from diarrheic suckling and weanling rabbits for newborn rabbits infect. *Immun.*, 46, 690-696.
- Pothin A., Méda B., et Fortun-Lamothe L. 2017. Alimentations humaine et animale : évaluer la compétition sur les ressources et l'espace. Journées de la recherche Avicoles et des Palmipèdes à foie gras, 5 et 6 avril 2017 à Tours, France. Licois et Marlier
- Zerrouki N., Hannachi R., Lebas F., Berchiche M. 2008. Productivity of rabbit does of a white population in Algeria. *In Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008. Verona, Italy.*