

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2017

## THÈSE

Présentée par

**DJELLAL Farid**

Pour l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Filière : AGRONOMIE**

**Spécialité : PRODUCTION ANIMALE**

## THÈME

**Valeur nutritive pour le lapin en croissance des feuilles de deux  
espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*).**

Soutenue publiquement le 05 Mai 2018

### DEVANT LE JURY

Président	Mebarkia Amar	MCA. UFA Sétif 1
Directeur	Madani Toufik	Pr. UFA Sétif 1
Co-directeur	Abbas Khaled	Pr. INRAA de Sétif
Examineurs	Berchiche Mokrane Mefti-Kortbi hakima	Pr. Université de Tizi-Ouzou MCA. Université de Blida
Invité	Gidenne Theirry	Pr. INRA de Toulouse (France)

## Remerciements

---

Je ne vais pas renoncer à la tradition des remerciements de thèse. Il me faut donc d'abord exprimer ma profonde reconnaissance à mon directeur de thèse, Professeur MADANI Toufik, qui a bien voulu me faire confiance lorsque je l'ai sollicité pour venir m'initier au monde sans pitié des systèmes fourragers. Merci pour la liberté que vous m'avez laissée et la confiance sans faille que vous m'avez accordée.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers mon codirecteur de thèse Professeur ABBAS Khaled, je lui suis reconnaissant pour le champ de liberté qu'il m'a accordé quant à l'orientation et la conduite de cette thèse et de m'avoir laissé me débrouiller.

Je ne pourrai certainement jamais exprimer suffisamment ma reconnaissance pour ce que je dois à Docteur KADI SI Ammar, sans qui cette thèse n'aurait certainement pas la même tournure. Merci pour tout ce que tu m'as appris, merci pour les longues discussions scientifiques et autres, merci pour ta chaleur humaine, ta bonne humeur, ton omniprésence et ton optimisme quasiment indestructibles. Merci de m'avoir fait sortir d'une période pas très agréable (écoute bien Farid : un arbre, quatre essais et une thèse !) en me permettant de venir travailler avec toi, et ce, malgré les réticences et les oppositions de certains membres de ton équipe de recherche (Athnid yehdu Rebbi).

Docteur Thierry GIDENNE, directeur de recherche à L'INRA de Toulouse et président de la "world rabbit science association" m'a reçu en stage dans son laboratoire, a permis l'analyse chimique des échantillons et a surtout donné son avis d'expert et corrigé mes protocoles expérimentaux et a donné des orientations quant à l'interprétation des résultats obtenus. Je te prie de croire Thierry en ma profonde reconnaissance et reçoit mes plus vifs remerciements.

J'exprime mes sincères remerciements aux membres du jury de cette thèse :

Docteur Amar MEBARKIA (université Ferhat ABBAS de Sétif-1-) de m'avoir accordé l'honneur de présider ce jury.

Professeur Mokrane BERCHICHE (université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou) de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Professeur MEFTI Hakima (université S. DAHLAB de Blida) d'avoir accepté de faire partie du jury et d'examiner ce travail malgré ces nombreuses préoccupations.

Au sein du laboratoire de l'UMR TANDEM à l'INRA de Toulouse où j'ai réalisé les analyses chimiques des échantillons, j'ai eu l'aubaine de travailler avec Carole BANNELIER qui par sa patience et sa gentillesse m'a amplement secouru. Je la remercie vivement et lui suis très reconnaissant. Je remercie aussi Muriel SEGURA pour sa disponibilité et son aide durant les analyses chimiques, ainsi que Viviane BATAILLER pour sa bienveillance.

Je remercie vivement M. Yazid LOUCHAMI d'avoir mis à ma disposition le matériel de clapier (cheptel mort) pour la réalisation de mes essais.

Mohand Ouamar DJEBALI, un homme de caractère et dévoué, qui a participé à la réalisation des essais, s'est éteint avant la rédaction de cette thèse ; je prie Dieu le tout puissant pour qu'il l'accueille en son vaste paradis.

Un profond et chaleureux merci à tous mes amis pour leur amitié, aide, disponibilité et encouragements : Azzedine MOUHOUS, El Hanachi ZEMIHI, Hocine GUERMAH Yacine LOUADJ, Salah BELGHEMAZ, Sofiane DAHMANI et Ali FERNANE.

Enfin, je voudrais exprimer ma profonde reconnaissance, encore une fois, à ceux qui m'ont toujours soutenu, qui ont été présents plus que de raison, qui m'ont accordé toute leur confiance et leur amour pendant les périodes difficiles de mon cursus. Je suis heureux d'avoir pu offrir cette modeste thèse à mes enfants (Melissa, Ania et Anis) et à ma mère après ces longues années de stress et de mauvaises humeurs et d'éloignement. Je vous promets que je ferais des mains et des pieds pour me rattraper dans les années à venir. Merci aussi à mes sœurs et frères pour avoir toujours été présents et être ce qu'ils sont.

Enfin, cette thèse doit autant à moi qu'à celle qui partage ma vie au jour le jour, qui me supporte, me seconde, m'épaulé et sait construire toujours des phrases simples et parfaites au moment où il faut, qui rend ma vie heureuse presque tous les jours. Merci pour ce que tu m'apportes et j'aime tant la vie avec toi.

Certainement que j'oublie beaucoup de noms, j'espère que les personnes qui ne trouveront pas le leur dans cette thèse ne m'en tiendront pas rigueur.

*A la mémoire de mon Père*

*A ma mère*

*A tous mes enseignants*

### Publications dans des revues à comité de lecture

- Djellal F., Kadi S.A., Madani T., Abbas K., Bannelier C., Gidenne T. 2017. Nutritive value of ash leaves (*Fraxinus angustifolia*) for growing rabbits. *Online J. Anim. Feed Res.*, 7 (4): 72-78. <http://www.ojafir.ir/main/>
- Djellal *et al.* Digestibilité et valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) fraîches récoltées en automne pour les lapins en croissance. **En préparation.**
- Djellal *et al.* Détermination de la valeur nutritive de feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*) récoltées en automnes via la méthode de régression pour les lapins en croissance. **En préparation.**

### Communications internationales

- 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. *11<sup>th</sup> World Rabbit Congress – June 15-18, 2016 - Qingdao, China*, 377-380.
- Djellal F., Kadi S.A., mouhous A., Madani T., Abbas K., Berchiche M. 2017. FRENE OXYPHYLLLE (*Fraxinus angustifolia*) : un arbre fourrager d'intérêt économique à valoriser. *Séminaire international : université Mohammed BOUDIAF : M'sila, 29 et 30 Octobre 2017.*
- Djellal F., Kadi S.A., mouhous A., Madani T., Abbas K., M. 2017. Valorisation des feuilles de *Fraxinus angustifolia* en alimentation des lapins en croissance. *Séminaire international "Environnement, Agriculture & Biotechnologie", Université Mohand OULHADJ de Bouira, 27 et 28 Novembre 2017.*

### Communication nationale:

- Djellal F., Kadi S.A., mouhous A., Madani T., Abbas K. M. 2017. Exploitation de sources fourragères spontanées en alimentation rationnelle du lapin de chair: cas des feuilles du frêne commun (*Fraxinus excelsior*). *Séminaire national sur les plantes spontanées (SNPS2017), université de Ghardaia, 15 Novembre 2017.*

## Table des matières

Remerciements.....	2
ملخص.....	7
Résumé .....	8
Abstract.....	9
<b>1. INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>10</b>
<b>2. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 CUNICULTURE.....</b>	<b>13</b>
2.1.1 Historique : Taxonomie, Origine-Domestication et Evolution.....	13
2.1.2 Atouts de l'élevage du lapin.....	16
2.1.3 Elevage du lapin dans le Monde.....	20
<b>2.2 ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DIGESTIVE CHEZ LE LAPIN .....</b>	<b>23</b>
2.2.1 Anatomie et physiologie .....	23
2.2.2 Fonctionnement dualiste du côlon proximal et caecotrophie .....	25
2.2.3 Le comportement alimentaire du lapin en croissance.....	28
2.2.4 Le comportement alimentaire du lapin sauvage dit « brouteur ».....	32
2.2.5 Le comportement alimentaire du lapin en captivité en libre choix .....	32
<b>2.3 ALIMENTATION ET NUTRITION DES LAPINS EN CROISSANCE.....</b>	<b>34</b>
2.3.1 Nutriments pour la croissance et la santé digestive.....	34
2.3.2 Sources alimentaires alternatives en alimentation du lapin en croissance.....	42
2.3.3 Méthodes de détermination et d'estimation de la valeur nutritive des matières premières chez le lapin en croissance .....	47
<b>3. ETUDE EXPERIMENTALE.....</b>	<b>51</b>
<b>3.1 CONSIDERATIONS GENERALES .....</b>	<b>51</b>
3.1.1 Collecte des échantillons .....	51
3.1.2 Mesures effectuées sur les échantillons .....	53
3.1.3 Essais in-vivo.....	53
<b>3.2 Publication 01: Nutritive value of ash leaves (<i>Fraxinus angustifolia</i>) for growing rabbits. <i>Online J. Anim. Feed Res.</i>, 7 (4): 72-78. ....</b>	<b>55</b>
<b>Valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites (<i>Fraxinus angustifolia</i>) pour les lapins en croissance .....</b>	<b>56</b>
3.2.1 Introduction .....	58
3.2.2 Materials and methods .....	59
3.2.3 Results and discussion.....	60
3.2.4 Conclusion .....	64
3.2.5 References .....	64

<b>3.3 Publication 02 : Digestibilité et valeur nutritive des feuilles de frêne commun (<i>Fraxinus excelsior</i>) fraîches récoltées en automne pour les lapins en croissance. <i>Article en préparation.</i></b> .....	70
<b>3.3.1 Introduction</b> .....	72
<b>3.3.2 Matériels et méthodes</b> .....	74
<b>3.3.3 Résultats Et Discussion</b> .....	75
<b>3.3.4 Conclusion</b> .....	79
<b>3.3.5 Références Bibliographiques</b> .....	79
<b>3.4 Publication 03 : Détermination de la valeur nutritive des feuilles de frêne (<i>fraxinus angustifolia</i>) récoltées en automnes via la méthode de régression pour les lapins en croissance. <i>Article en préparation.</i></b> .....	83
<b>3.4.1 Introduction</b> .....	85
<b>3.4.2 Matériels et méthodes</b> .....	87
<b>3.4.3 Résultats et discussion</b> .....	90
<b>3.4.4 Conclusion</b> .....	93
<b>3.4.5 Références Bibliographiques</b> .....	93
<b>4. DISCUSSION GENERALE</b> .....	98
<b>5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	101
<b>6- REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	102
<b>7. LISTE DES ILLUSTRATIONS</b> .....	115
<b>8. LITE DES ABREVIATIONS</b> .....	117
<b>9. ANNEXES</b> .....	118
<b>Résumé</b> .....	120
<b>Résumé en arabe</b> .....	120

تحديد القيمة الغذائية لنوعي أوراق شجرة الدردار (*Fraxinus angustifolia et Fraxinus excelsior*) لتغذية الأرناب في

### مرحلة النمو.

إن الارتفاع المتزايد لسعر العلف هي واحدة من العقبات الرئيسية لتطوير تربية الأرناب في الجزائر. حيث أنه يتم استيراد أغلبية المواد الخام التي تدخل في تركيبه بأثمان باهظة. هدف الدراسات المنجزة في نطاق هذه المذكرة هو تحديد وتقييم القيمة الغذائية لنوعين من أوراق شجرة الدردار (*Fraxinus angustifolia et Fraxinus excelsior*) والمتوفران محليا والمجنيان خلال فصل الخريف والمجففان باستعمال طريقتين مختلفتين (مباشرة وغير مباشرة). وهذا بغية تعويض الفصة وبقايا السويا في أغذية الأرناب.

قدرت القيمة الغذائية لأوراق الدردار ذات النوع الضيق (*Fraxinus angustifolia*)، المجنية خلال فصل الخريف والمقدمة كمصدر غذائي وحيد الأرناب في مرحلة النمو بـ: ( $13,06 \pm 0,9$  MJ/kg MS) من الطاقة القابلة للهضم و  $g/kg$  MS  $98 \pm 10,43$  من البروتينات القابلة للهضم. وبهذا ظهرت هذه الأوراق مصدرا للطاقة؛ البروتينات والألياف (NDF:  $394g/kg$  MS). أما بالنسبة لأوراق النوع الثاني (*Fraxinus excelsior*) المجنية كذلك خلال فصل الخريف وباستعمال كذلك الطريقة المباشرة فقدرت الطاقة القابلة للهضم بـ  $11,86 \pm 0,50$  MJ/kg MS والبروتينات القابلة للهضم بـ  $79,72 \pm 3,96$  g/kg MS. فبدت هذه الأوراق هي الأخرى مصدرا للطاقة؛ البروتينات والألياف (NDF:  $420g/kg$  MS) نستنتج من هذه النتائج أن القيمة الغذائية لأوراق الدردار تختلف وفقا للأنواع، ولكن ضمن نطاق محدود جدا.

كما تم تقدير القيمة الغذائية لأوراق شجرة الدردار ذات الأوراق الضيقة باستخدام الطريقة غير المباشرة (الانحدار الخطي) لتكون  $8,67 \pm 0,47$  MJ/kg MS من الطاقة القابلة للهضم و  $71,55 \pm 7,3$  g/kg MS من البروتينات القابلة للهضم. على نحو ملموس، الطريقتان المستخدمتان تظهران تقريبا نفس كميات البروتينات القابلة للهضم لشجرة الدردار ذات الأوراق الضيقة وكميات مختلفة الطاقة. ويبدو أن هذا الاختلاف في الطاقة القابلة للهضم مرتبط بطبيعة الأوراق المستخدمة؛ طازجة أو مجففة وتركيبها الكيميائي.

ويمكن اعتبار أوراق الدردار الطازجة أو المجففة مصدرا متوازنا ممتازا للطاقة والبروتين والألياف للأرناب في مرحلة النمو. وهي تظل مماثلة للنباتات العلفية الأخرى مثل الفصة والسولا. ولذلك، فإنها تستحق أن تستعمل على صعيد كبير وبطريقة صناعية في تغذية الأرناب.

### الكلمات الدالة:

التركيبية الكيميائية، قابلية الهضم، القيمة الغذائية، الأرناب في مرحلة النمو، الخريف، الطريقة المباشرة والغير المباشرة، أوراق الدردار.

## Résumé

---

### Valeur nutritive pour le lapin en croissance des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*).

Le prix élevé des aliments granulés de commerce est parmi les facteurs limitant le développement de l'élevage rationnel de lapins en Algérie. Les matières premières composant les aliments actuellement disponibles sur le marché sont en grande partie importées et coûteuses. Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif de déterminer via deux méthodes distinctes (directe et indirecte) *in-vivo*, la valeur nutritive des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* ; *Fraxinus excelsior*), disponibles localement, récoltées en automne et séchées à l'ombre pour la méthode indirecte. L'objectif de cette étude est de remplacer la luzerne déshydratée et les tourteaux de soja en alimentation du lapin. La valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites, récoltées en automne et distribuées comme seul aliment aux lapins en croissance, a été estimée à  $13,06 \pm 0,9$  MJ/kg MS d'énergie digestible et à  $98 \pm 10,43$  g/kg MS de protéines digestibles. Les feuilles de frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) s'avèrent donc une source d'énergie, de protéines et de fibres (NDF : 394 g/kg MS). Aussi, la valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*), récoltées en automne a été estimée en parallèle—via aussi la méthode directe, à  $11,86 \pm 0,50$  MJ/kg MS d'énergie digestible et à  $79,72 \pm 3,96$  g/kg MS de protéines digestibles. Les feuilles de frêne commun s'avèrent également une source d'énergie, de protéines et de fibres (NDF : 420 g/kg MS). D'après ces résultats, la valeur nutritive des feuilles de frêne varie en fonction des espèces, mais dans un intervalle très restreint. Par ailleurs, pour raffermir ces résultats, la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites a été estimée également via la méthode indirecte (régression linéaire) à  $8,67 \pm 0,47$  MJ/Kg MS d'énergie digestible et à  $71,55$  g/kg MS  $\pm 7,3$  de protéines digestibles. Concrètement, les deux méthodes utilisées donnent une teneur comparable en protéines digestibles pour les feuilles de frêne à feuilles étroites et une teneur énergétique très différente. Cette différence en énergie digestible semble être liée à la nature et à la composition chimique des feuilles utilisées, fraîches ou bien séchées. Les feuilles de frêne fraîches ou séchées pourraient être considérées comme une excellente source équilibrée d'énergie, de protéines et de fibres pour les lapins en croissance. Elles demeurent comparables aux autres plantes herbacées telles que la luzerne et le Sulla. Par conséquent, elles méritent de constituer une source à explorer pour une éventuelle utilisation commerciale.

**Mots clés :** Composition chimique, digestibilité, valeur nutritive, lapin en croissance, feuilles de Frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*), automne, méthode directe et indirecte

### **Nutritive value for growing rabbit of two Ash species leaves (*Fraxinus angustifolia* and *Fraxinus excelsior*).**

The high price of pelleted feed is among the factors limiting the development of an efficient rabbit production in Algeria. Raw materials of feed as dehydrated Alfalfa and Soya are imported, but frequently not available in local market and expensive. The nourishing elements of rabbit feeds (energy, proteins, fibers, etc.), by their physical and chemical features influence significantly feed intake, digestive health, feed efficiency and economic performance. Our thesis aim to determine via two distinct methods (direct and indirect), the nutritive value of leaves of two Ash species (*Fraxinus angustifolia*; *Fraxinus excelsior*), locally available, harvested in fall and dried under shade for the indirect method.

The nutritive value of leaves of *Fraxinus angustifolia*, harvested in fall and distributed alone to growing rabbits, has been estimated to  $13.06 \pm 0.9$  MJ/kg MS of digestible energy and  $98 \pm 10.43$  MS g/kg of digestible proteins. The leaves of *Fraxinus angustifolia* constitute a source of energy, proteins and fibers (NDF: 394 MS g/kg). In addition, the nutritive value of common Ash leaves (*Fraxinus excelsior*), harvested in fall, has been estimated in parallel via the direct method, and was  $11.86 \pm 0.50$  MJ/kg MS of digestible energy and  $79.72 \pm 3.96$  MS g/kg of digestible proteins. The common Ash leaves (*Fraxinus excelsior*) are a good source of energy, proteins and fibers (NDF: 420 MS g/kg). Our results showed that the nutritive value of Ash leaves seems to vary according to the species.

Nutritive value of Ash leaves (*Fraxinus angustifolia*) has also been estimated by the indirect method (linear regression). Nutritive value of *Fraxinus angustifolia* was  $8.67 \pm 0.47$  MJ/Kg MS of digestible energy and  $71.55$  g/kg MS  $\pm 7.3$  of digestible proteins. Direct and indirect methods showed comparable contents of digestible proteins for Ash leaves, but high difference of energy content was observed. This difference in digestible energy seems to be related to the nature and chemical composition of leaves used (fresh or dried).

Fresh and dried Ash leaves could be considered as a balanced source of energy, proteins and fibers for growing rabbits. Their nutritive value were comparable to the other herbaceous plants, as alfalfa and Sulla. Therefore, they deserve to be explored to be commercially used.

**Key words:** Chemical composition, digestibility, nutritive value, growing rabbit, Ash leaves (*Fraxinus angustifolia* and *Fraxinus excelsior*), fall, direct and indirect method

## 1. INTRODUCTION GENERALE

Les nombreux programmes de développement des productions animales en Algérie n'arrivent pas à satisfaire la demande du marché national en protéines animales. En ce sens, la forte dépendance en matière de céréales contribue à accroître le taux d'autosuffisance en viandes : 83% en Algérie, 99% au Maroc et 96% en Tunisie (Agri Med., 2006). Concrètement, bien que la croissance de la production animale (lait, viandes blanches et rouges) soit positive, la dépendance de l'étranger en facteurs de production est encore élevée, particulièrement en cheptel vif et en matières premières composant les aliments simples et composés du commerce et de la ferme. Se greffe à cette situation, les faibles performances d'une production extensive du bétail local, bovin et ovin notamment. Cet état des lieux a contraint les pouvoirs publics à trouver des alternatives et par conséquent s'intéressent à la promotion de l'élevage du lapin, depuis la décennie quatre-vingt, pour ses multiples atouts.

Le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) est une espèce spécifique : réputé pour sa prolificité et sa croissance. Etant donné qu'il est un animal herbivore monogastrique, il ne rentre pas en compétition directe avec l'alimentation de l'Homme. Connu pour consommer une grande variété d'aliments, des graines aux plantes herbacées voire ligneuses et peut donc s'adapter à des environnements alimentaires très divers, du désert aux climats tempérés ou même froids (Gidenne, 2005). Le lapin valorise aussi bien la biomasse herbacée en produisant une faible quantité de gaz à effet de serre, le méthane notamment, en comparaison aux ruminants herbivores (Gidenne *et al.*, 2015a). En outre, les propriétés diététiques et alimentaires remarquables de la viande du lapin, imposent sa forte recommandation aux enfants et adolescents, femmes enceintes, athlètes et personnes âgées (Dalle Zotte, 2014).

Indéniablement, la production du lapin exige une gestion prudente de l'environnement, des conditions d'élevage et de l'alimentation notamment. Concrètement, il existe donc une relation directe entre l'apport alimentaire et la composition de la viande du lapin (Colin *et al.*, 2005 ; Hernández et Dalle Zotte, 2010). De nos jours, le désir du consommateur de réduire ses apports lipidiques est grand pour se prémunir contre les maladies cardiovasculaires. Les conseils des diététiciens portent souvent sur des substitutions de consommation de viande d'une espèce vers une autre, des viandes réputées grasses et/ou saturées vers les viandes réputées maigres et insaturées. Geay *et al.* (2002) rapportent que si les différences liées à l'espèce existent, elles sont sans doute exagérément prises en compte, alors que les différences liées à l'alimentation des animaux sont sous estimées. Par exemple, Metzger *et al.* (2005) et Dalle Zotte (2005) ont confirmé que les lapereaux issus de mères nourries avec un supplément de

lysine pendant leur gestation et lactation n'a pas affecté la croissance et le rendement en carcasse, mais plutôt la richesse des membres postérieurs en protéines et en lysine. Neanmoins, la viande du lapin est considérée comme une viande maigre et source d'oméga 3 (Hernández and Dalle Zotte, 2010 ; Gidenne *et al.*, 2015a).

L'approvisionnement du lapin élevé en régions montagneuses en ressources alimentaires locales, constitue un enjeu important pour la recherche et le développement à l'échelle mondiale. En effet, la prise de conscience mondiale des problèmes de réchauffement climatique et de diminution des ressources fourragères a conduit différents pays en voie de développement à se rabattre sur des ressources alimentaires locales. Cette pratique ancestrale aidera sans doute les éleveurs et les fabricants d'aliments à diversifier les matières premières lors de la formulation et de fabrication des aliments.

Ayant des significations sociales et culturelles, les arbres fourragers jouent un rôle polyvalent dans les divers systèmes de production agricole (Thiébaud, 2007). Par leurs parties vertes et frêles et leurs fruits, certains ligneux possèdent une bonne qualité fourragère pendant toute l'année et une stabilité qui ne les rend pas immédiatement dépendants de la répartition des pluies de la précédente saison, comme c'est le cas pour les plantes herbacées annuelles. Les branches, les feuilles fraîches et les fruits des espèces à feuilles caduques ou pérennes sont donc, recherchés pendant toutes les saisons et non pas seulement en saison difficile. Ils constituent un fourrage qui relaie les pâturages herbacés transformés en sec au cours de la saison sèche. Par conséquent, ils demeurent des sources en matières azotées indispensables à la constitution d'une ration équilibrée en période difficile pour les herbivores ruminants et non ruminants (Rippstein et Peyre De Fabrègues, 1972 ; Pereira *et al.*, 2008).

Le frêne est l'une des principales plantes fourragères de l'Afrique du Nord, spécialement en Algérie et leur culture pratiquée par les Berbères est sans doute très ancienne (Chevalier, 1927). Actuellement plusieurs espèces de frênes sont recensées en Algérie, deux espèces semblent plus dominantes : le frêne commun ou européen (*Fraxinus excelsior* L.) et le frêne oxyphylle ou « à feuilles étroites » (*Fraxinus angustifolia* Vahl). En raison de l'équilibre entre énergie et azote, les branches et les feuilles de frêne sont largement utilisées comme un supplément de fourrage précieux aux ruminants consommant de médiocres rations de base (Pereira *et al.*, 2008). Jayanegara *et al.* (2012) rapportent que les feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) contiennent une proportion élevée en acide gras insaturés (C:18 n-3) et une faible proportion en acides gras saturés. En outre, les feuilles de frêne oxyphylle (*Fraxinus*

*angustifolia*) serait un important fourrage à pâturer ou à affourager aux animaux du fait de ses propriétés anti méthanogènes (Mebirouk-Boudechiche *et al.*, 2015).

Ces données laissent à conclure que les feuilles fraîches ou sèches de frêne présenteraient un intérêt nutritionnel certain en cuniculture. Cependant, pour être bien valorisée dans l'alimentation de lapin, et compte tenu des exigences élevées liées à cette espèce très réactive et « sensible », une matière première doit être caractérisée le plus finement possible (Gidenne *et al.*, 2015a).

Très peu de données existent sur la variabilité de la composition chimique et de la valeur nutritive (énergie digestible, métabolisable ou nette mais aussi acides aminés digestibles et leur équilibre) des feuilles de frêne pour l'alimentation de lapin. Seules quelques données sur les feuilles de frêne pour l'alimentation de petits ruminants ont fait l'objet de publication. Néanmoins, leur introduction dans l'alimentation du lapin passe obligatoirement par une caractérisation précise de leur valeur protéique et énergétique. Justement, l'objectif de la présente étude est de déterminer pour le lapin en croissance, via les méthodes directe et indirecte, la valeur nutritive des feuilles de deux espèces de frêne que sont *Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*.

Le présent document est structuré en trois parties. Une revue bibliographique sur la l'élevage de lapins en croissance : cuniculture, alimentation et nutrition du lapin et ressources alimentaires conventionnelles et non conventionnelles utilisés par cette espèce et en fin, les méthodes utilisées pour déterminer ou estimer la valeur alimentaire desdites ressources alimentaires seront exposées. La partie expérimentale sera présentée sous forme de trois projets de publication rapportant les résultats obtenus dans le cadre de cette thèse sur la valeur nutritionnelle pour l'alimentation du lapin en croissance. Enfin, une discussion générale où les résultats de ce travail seront synthétisés, et, une conclusion qui contiendra les recommandations pratiques pour l'emploi des feuilles de frêne en alimentation du lapin en croissance et les perspectives.

## 2. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

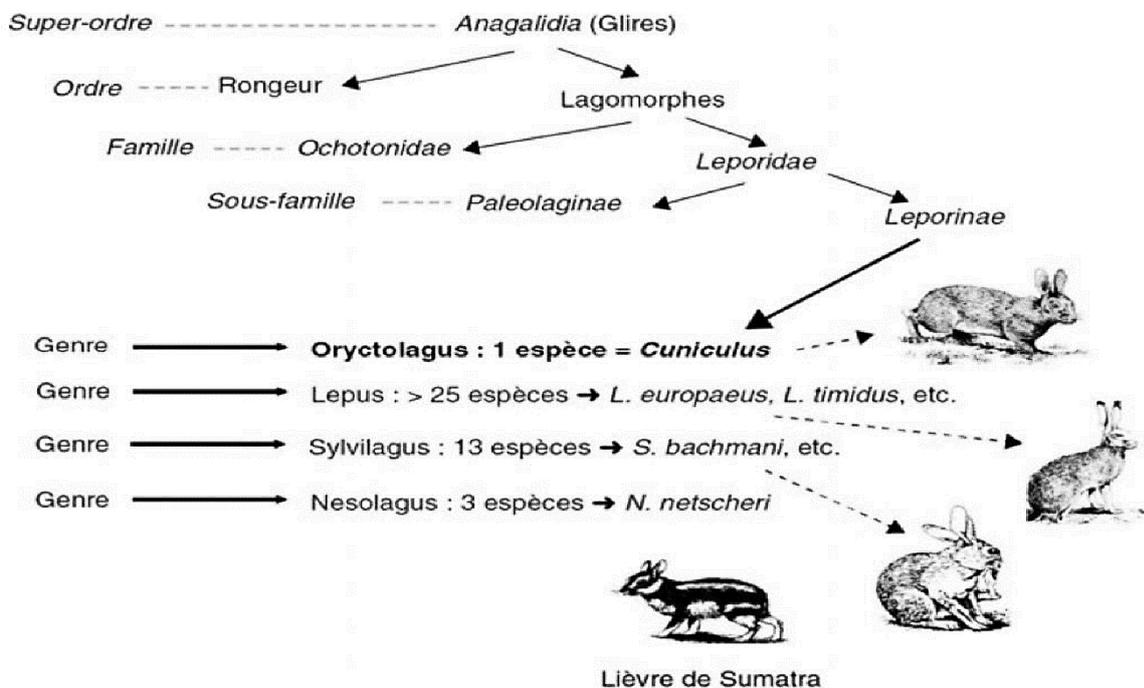
Dans cette revue bibliographique sera traité l'élevage de lapin en croissance : présentation du lapin, alimentation et nutrition du lapin et ressources alimentaires conventionnelles et non conventionnelles utilisés par cette espèce. Aussi, seront passées en revue les différentes méthodes utilisées pour déterminer la valeur nutritive des sources alimentaires en alimentation de lapins en engraissement.

### 2.1 CUNICULTURE

#### 2.1.1 Historique : Taxonomie, Origine-Domestication et Evolution

##### - Taxonomie

La classification zoologique actuelle scinde l'ordre des Lagomorphes en deux grandes familles : l'*Ochotonidae* et *Leporidae* (**Figure 1**). L'ordre des lagomorphes se distingue de celui des rongeurs par l'existence d'une deuxième paire d'incisives à la mâchoire supérieure. Les lapins et les lièvres appartiennent à la famille des *Leporidae*.



**Figure 1.** Position du lapin *Oryctolagus cuniculus* dans la taxonomie des lagomorphes (Garreau *et al.*, 2015)

La sous-famille des *Leporinae* compte une soixantaine d'espèces réparties en une douzaine de genres, dont *Lepus* (les lièvres) et *Sylvilagus* (Garreau et Theau-Clement, 2015). Alors que la classification taxonomique des *Leporidae* acceptée et proposée par Wilson et Reeder (1993) n'englobe qu'onze genres. Deux genres, *Lepus* avec ses 30 espèces de lièvres originaire du vieux continent et *Oryctolagus* aussi originaire d'Europe engendrant seulement une espèce ; *Cuniculus Oryctolagus* ou le lapin européen (**Figure 1**). Selon Dalle Zotte (2014), le genre *Sylvilagus* avec ses 13 espèces (*Sylvilagus floridanus* ou le "lièvre mini"), mérite une mention particulière grâce à sa répartition partout en Amérique du Nord. Les trois genres diffèrent dans leur silhouette (**Figure 2**) et en nombre de chromosomes (*Sylvilagus*  $2n = 42$  ; *Lepus*  $2n = 48$  ; *Oryctolagus*  $2n = 44$ ), donc les croisement sont stériles et ne produisent pas de race hybride (Robinson *et al.*, 2002 ; Garreau et Theau-Clement, 2015).



**Figure 2.** Aperçu de la forme des genres : *Sylvilagus*, *Lepus* et *Oryctolagus* (Catalano, 1974)

Membres de l'ordre des Lagomorphes, ils sont indigènes à chaque coin du globe à l'exception de l'Antarctique, Madagascar, quelques régions indonésiennes, et la région sud de l'Amérique du Sud et récemment introduits en Nouvelle Zélande et en Australie (Dalle Zotte, 2014).

#### - **Origine et Domestication**

Les origines du lapin sont difficiles à préciser suite à la fragilité de ses os (Dawson, 1967). D'après Gibb (1990), les restes des Leporidae ont été déterrés dans les strates de l'époque Eocène (37 à 53 million d'années) en Espagne du Nord, alors que les lapins avec les structures semblables à l'espèce d'aujourd'hui vivent partout en Europe durant la période pré-pléistocène (1 à 2 million d'années) mais furent disparus pendant la période glaciaire : le Würm (20.000 à 75.000 ans). Il ajoute que seuls les lapins qui gîtèrent dans la Péninsule ibérique et le Sud de la

France eurent échappé à cette catastrophe naturelle. Les plus vieux fossiles de l'*Oryctolagus cuniculus* (300.000 à 600.000 années) indiquent que le berceau du lapin a été restreint à la Péninsule ibérique (Rougeot, 1981). Cependant, Yammani (1990) affirme que sa domestication a commencé en Egypte au sixième siècle avant JC. Plus tard sous la domination romaine, elle fut répandue dans le reste de l'Afrique du Nord et en Espagne (Bergaoui, 1990 ; Barkok, 1991 ; Lebas *et al.*, 1996). En effet, Monnerot *et al.* (1994) appuient l'évidence de cette thèse en précisant via des résultats archéozoologiques (oesteométrie) que les lapins vivant sur l'île de Zembra (Tunisie) sont les descendants de ceux qui y vivaient il y a presque 2000 ans, tandis qu'Ouhayoun et Lebas (1973) et Lebas *et al.* (1996) rapportent que la domestication du lapin sauvage, *Oryctolagus cuniculus*, a débuté réellement au moyen âge ; semble-t-il dans les monastères. Les lapins sont alors cloîtrés afin de récupérer les nouveaux nés ou fœtus ou "laurices" avec facilité. Selon les mêmes auteurs, la tradition romaine de la consommation de "laurices" persistait encore dans les couverts, car les nouveaux nés considérés comme "mets aquatiques", pouvaient être mangés en période de carême (Rougeot, 1981). A la même époque, en dehors des couverts, les lapins sont aussi élevés dans de grands enclos appelés Garenne ou Varennes, nom dérivé du german "Wardon". En effet, la détention de lapins dans une garenne devint en France un droit seigneurial. Ils étaient peu chassés, mais surtout capturés avec des collets, filets ou lacets (Rougeot, 1981 ; Garreau *et al.*, 2015).

Les premiers auteurs à avoir témoigné et écrit sur la présence du lapin dans la Péninsule ibérique étaient les Phéniciens (1100 avant Jésus-Christ), qui ont nommé la région "Sephan-Im" (Terre de Lapins), par la suite il a été latinisé comme "Hispania" D'Espagne. Les Phéniciens ont commencé à échanger des lapins le long du littoral méditerranéen entier (Zoccarato, 2008). Selon ce dernier auteur, les Grecs, Aristote en particulier, ont louangé la délicatesse de leur viande. L'ample témoignage écrit au lapin est aussi fourni par les Romains en 1309, en Angleterre, un lapin avait une même valeur marchande qu'un porc (Licciardelli et Cortese, 1962). L'occupation coloniale britannique était responsable pour une nouvelle vague de diffusion du lapin sur beaucoup d'îles et continents, parce que les lapins ont été élevés à bord des bateaux comme nourriture pour les équipages (Dalle Zotte, 2014).

#### - Evolution

Grâce à l'intervention humaine, la diffusion du lapin en Europe a connu d'abord un certain stalisme pendant plusieurs millénaires, puis vers le moyen âge elle reprend lentement et s'accélère (Garreau et Theau-clement, 2015). Dès le début du 20<sup>e</sup> siècle, les techniques d'élevage se rationalisent et l'alimentation reste la même qu'au siècle précédent : fourrages et

céréales, mais les premiers essais alimentaires donnent quelques règles d'emploi. La Seconde guerre mondiale voit un grand développement des élevages de lapins dans toute l'Europe, ainsi qu'au Japon, pour permettre aux populations de faire face à la pénurie de viande provenant des grandes espèces (Lebas *et al.*, 1996 ; Garreau *et al.*, 2015). Dans ces conditions difficiles, le lapin a su démontrer ses fortes capacités de transformation alimentaire (Lebas *et al.*, 1996). Par contre, au cours des années cinquante du siècle précédent, l'élevage régresse fortement au Japon et dans les pays de l'Europe du Nord, sauf dans les pays latins de cette Europe qui savent cuisiner le lapin, la France en tête, où l'élevage se maintient (Lebas *et al.*, 1996). A la renaissance, l'élevage du lapin quitte les couverts et observe un important essor en France, Italie et Espagne (Colin, 1994). Néanmoins, l'élevage du lapin de garenne continue à être préféré aux autres modes d'élevage modernes et rationnels de lapins. Suite à son importance dans l'alimentation carnée de l'homme, comme étant une variété de viande saine et diététique, sa production a connu des mutations spectaculaires. Depuis les années soixante du siècle précédent, sont introduits, selon Lebas *et al.* (1996), en France et en Italie, en provenance des Etats-Unis, à la fois la race Néo-Zélandaise, la cage grillagée et l'emploi des aliments complets granulés, une cuniculture dite rationnelle s'est mise en place progressivement faisant ainsi accéder le lapin au rang des espèces dites "nobles". Toutefois, il faut signaler que, dans un grand nombre de pays d'Europe orientale (Pologne, Hongrie, etc.) ou occidentale (France, Italie, Belgique, etc.), un élevage plus traditionnel, très proche de celui qui était pratiqué durant les 40 ou 50 premières années du siècle dernier, permet encore de fournir une part importante de la viande produite (Lebas *et al.*, 1996).

### **2.1.2 Atouts de l'élevage du lapin**

L'élevage cunicole présente divers atouts qui lui permettent d'être présent tout autant en agriculture familiale que professionnelle. Le lapin est un herbivore monogastrique capable de bien valoriser des produits ou coproduits végétaux, riches en fibres et impropres à la consommation alimentaire humaine (luzerne, tourteaux divers, etc.), aussi bien qu'avec des fourrages, ou même en étant placé au pâturage (Gidenne, 2015). Par conséquent, au moment où la compétition avec l'alimentation humaine s'accroît, il n'est pas un concurrent direct de l'Homme. En outre, la production de viande de lapin offre une possibilité intéressante pour les pays où les céréales sont totalement importées (Lebas *et al.*, 1996, Dalle Zotte, 2014). Le lapin peut valoriser les protéines contenues dans les fourrages, alors que les poulets et les dindons, seuls animaux plus performants au niveau des rendements, ne peuvent pas être rentablement alimentés avec des aliments riches en fibres (Lebas *et al.*, 1996). De plus, le coût énergétique,

exprimé par la quantité d'énergie en kcal nécessaire pour produire 1g de viande, est en faveur du lapin avec une plus grande productivité comparée à l'ovin et au bovin (lapin : 105 kcal/g ; ovin : 427 kcal/g ; bovin : 442 kcal/g ; Bernardini Battaglini et Castellini, 2014).

La lapine est réputée pour sa haute prolificité d'autant qu'elle n'a pas de cycle sexuel et peut rester en œstrus plusieurs jours consécutifs. Elle a un cycle de reproduction très court (30 à 32 jours de gestation avec une production annuelle allant jusqu'à 40 à 60 lapereaux. L'accouplement peut se faire juste après la mise bas (rythme de production intensif) ou quelques jours plus tard (rythme de production semi-intensif et intermédiaire) dû à une grande réceptivité sexuelle de la lapine durant cette période. Dans le système d'élevage traditionnel, l'accouplement s'exécute habituellement après avoir sevré tous les lapereaux (35 à 42 jours d'âge). Par contre, dans les élevages rationnels, l'accouplement naturel est favorisé dans les petites fermes, alors que, l'insémination artificielle est employée communément dans les grandes fermes (Szendro *et al.*, 2012).

Le lapin est facilement manipulable et sans risques ni efforts physiques trop importants, pouvant donc être élevé autant par des femmes que par des hommes et mêmes des enfants. De plus, l'émission de gaz à effets de serre (tel que le méthane) est très réduite en élevage de lapins (Gidenne *et al.*, 2015a).

Aussi, la viande du lapin possède d'excellentes propriétés alimentaires diététiques (Dalle Zotte, 2002; Hernández et Dalle Zotte, 2010 ; Gidenne *et al.*, 2015a) avec une teneur protéique de 22,4 % et 1,8 g/100g de lipides dans le filet (**Tableau 1**). Néanmoins, sa teneur en lipides dépend du morceau de viande considéré (l'avant train, le râble, etc.) et des facteurs de production ; la ration alimentaire notamment (Dalle Zotte, 2002).

La chair du lapin a une valeur énergétique modérée, allant de 603 kJ/100 g au niveau du filet à 899 kJ/100 g dans l'avant train. Cette valeur dépend essentiellement de la teneur élevée en protéines de la viande, et qui à son tour, explique 80% de ladite valeur énergétique (Dalle Zotte, 2014).

Avec une teneur en protéines élevée, la viande du lapin contient un taux élevé en acides aminés essentiels (EAA). D'après Dalle Zotte (2004), en comparaison avec les autres viandes, la viande du lapin est la plus riche en lysine (2,12 g/100 g), acides aminés soufrés (1,10 g/100 g), thréonine (2,01 g/100 g), valine (1,19 g/100 g), isoleucine (1,15 g/100 g), leucine (1,73 g/100 g) et phénylalanine (1,04 g/100 g). En outre, l'excellente digestibilité de ses protéines lui

confère une bonne valeur biologique. Par conséquent, elle ne contient pas d'acide urique et donc génère peu de purine (Hernández and Dalle Zotte, 2010).

**Tableau 1.** Composition approximative (g/100 g) et valeur énergétique (kJ/100 g) de quelques morceaux de viande lapin (Hernández et Dalle Zotte, 2010).

	Cuisse antérieure		Filet ( <i>M.L. thoracis et lumborum</i> )			Cuisse post.	Carcasse entière	
	Moy ± E.T	n	Moy ± E.T	n	Moy ± E.T	n	Moy± E.S	Nbr
<b>Humidité</b>	69.5 ± 1.3	04	74.6 ± 1.4	24	73.8 ± 0.8	33	69.7 ± 2.6	6
<b>Protéines</b>	18.6 ± 0.4	03	22.4 ± 1.3	21	21.7 ± 0.7	31	20.3 ± 1.6	6
<b>lipides</b>	08.8 ± 2.5	04	01.8 ± 1.5	24	03.4 ± 1.1	36	8.4 ± 2.3	6
<b>Minéraux</b>	-	-	01.2 ± 0.1	14	01.2 ± 0.05	20	1.8 ± 1.3	4
<b>Energie</b>	899 ± 47	02	603	01	658 ± 17	07	789 ± 106	3

En général, la variation de vitamines dans les viandes est plus significative qu'avec les autres éléments nutritifs à cause de l'effet positif de la composition de la ration alimentaire et du niveau de la supplémentation en vitamines. Par exemple, la teneur en vitamine E dans la viande du lapin, impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques et un élément nutritif essentiel pour la fonction de reproduction, peut être élevée à plus de 50% grâce à l'incorporation de suppléments (Castellini *et al.*, 1998). La vitamine E est aussi réputée pour son puissant pouvoir antioxydant et en conséquence améliore la qualité de la viande telle que la couleur. Enfin, les viandes de ruminants et lapins constituent les sources les plus riches en vitamine B<sub>12</sub> (Lombardi-Boccia *et al.*, 2005) et la consommation de 100 g de la chair du lapin fournit trois fois la quantité de la consommation journalière recommandée (CJR) en vitamine B<sub>12</sub> (Dalle Zotte et Szendro, 2011).

La viande du lapin, comme les autres viandes blanches à une modeste teneur en Fer (1.3 et 1.1 mg/100 g dans le râble et le filet, respectivement ; Parigi Bini *et al.*, 1992). Cependant, le Fer contenu dans la viande du lapin est facilement absorbable, ce qui implique une bonne compensation de la consommation journalière recommandée (Dalle Zotte, 2014). En outre, elle est caractérisée par un faible taux de Sodium : 37 mg/100g dans le filet et 49.5 mg/100 g dans le train avant (Parigi Bini *et al.*, 1992). Cette caractéristique fait en particulier de la viande du lapin une denrée à inclure dans le régime alimentaire de personnes souffrant de l'hypertension.

Quantitativement, le Phosphore est le second principal minéral dans la viande et il est particulièrement abondant dans la viande du lapin (234 et 222 mg/100 g dans le train avant et le filet, respectivement, Parigi Bini *et al.*, 1992). En fin, Rayman (2004) rapporte que la consommation de 140 g de viande de lapins est largement suffisante pour satisfaire la CJR chez les adultes.

La viande du lapin sied à la consommation humaine, car elle contient 60% d'acides gras insaturés et seulement 27 à 33% d'acides gras polyinsaturés (AGPI) du total des acides gras, alors que la teneur en AGPI est plus élevée dans d'autres viandes, y compris celle de la volaille (Wood *et al.*, 2008). Elle contient aussi des proportions considérables d'AGPI (C20-22 formés à partir de l'acide linoléique et  $\alpha$ -linoléique. Les autres produits importants incluent de l'acide arachidonique (20 :4n-6) et l'acide eicosapentaénoïque (20 :5n-3), dont chacun joue un rôle métabolique différent (Hernández and Dalle Zotte, 2010). Le contenu d'EPA dans la viande du lapin dépend des morceaux de viande considérés (**Tableau 2**). Un autre AGPI d'une grande valeur nutritionnelle dans la série des n-3 est l'acide eicosapentaénoïque (DHA, 22 : 6n-3). Enfin, dans la viande du lapin le DHA représente  $0.37 \pm 0.34\%$  et  $0.17 \pm 0.27\%$  des acides gras totaux dans le filet et le râble respectivement (Dalle Zotte, 2014). En fin, la viande du lapin est considérée comme une source d'oméga 3, et présente un faible ratio oméga 3/oméga 6 allant de 4 à 6 (Larzul et Gondrec, 2005. Hernández and Dalle Zotte, 2010 ; Gidenne *et al.*, 2015a).

**Tableau 2.** Proportions des différents acides gras (% esters de méthyle des acides gras totaux et teneur en cholestérol (mg/100 g) dans divers morceaux de la viande du lapin selon Hernández et Dalle Zotte (2010).

Acides Gras	Filet ( <i>M.L. thoracis et lumborum</i> )		Cuisse postérieure		Carcasse entière	
	Moy $\pm$ E.T	Nbr	Moy $\pm$ E.T	Nbr	Moy $\pm$ E.T	Nbr
AGS	38.5 $\pm$ 4.8	17	39.3 $\pm$ 5.5	18	40.5 $\pm$ 1.6	4
AGMI	28.3 $\pm$ 4.4	17	28.3 $\pm$ 3.6	17	32.3 $\pm$ 2.4	4
AGPI	32.9 $\pm$ 6.7	17	31.9 $\pm$ 8.4	17	26.5 $\pm$ 2.0	5
EPA	0.17 $\pm$ 0.13	10	0.06 $\pm$ 0.02	11	0.012 $\pm$ 0.003	2
DHA	0.37 $\pm$ 0.34	10	0.17 $\pm$ 0.27	10	0.007 $\pm$ 0.001	2
n-6/n-3	05.1 $\pm$ 2.2	10	10.0 $\pm$ 3.7	13	6.6 $\pm$ 1.3	4
Cholesterol	47.0 $\pm$ 7.9	5	61.2 $\pm$ 5.2	17	55.3 $\pm$ 18.5	3

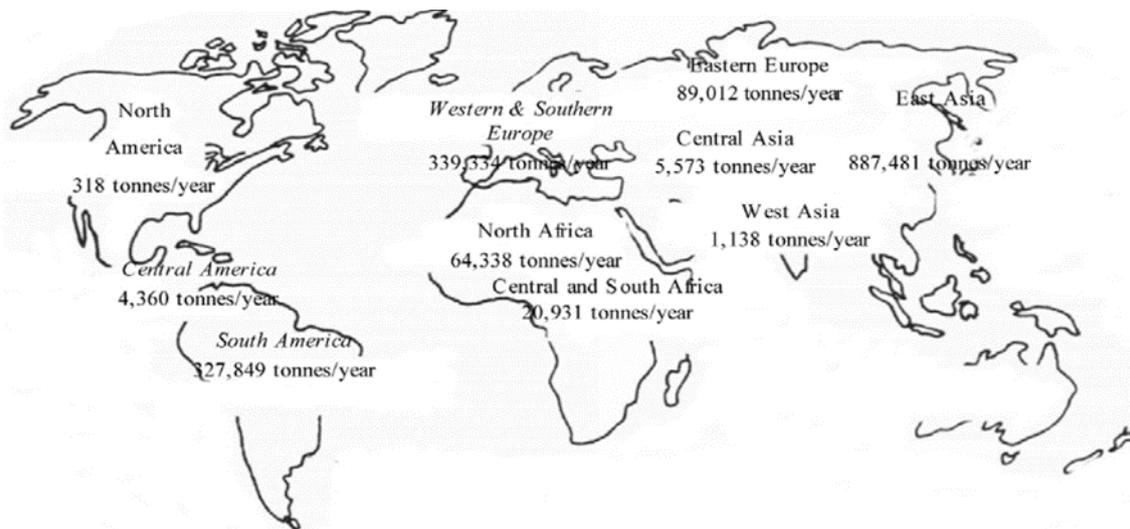
AGS : acide gras saturés ; AGMI : acide gras mono-insaturés ; AGPI : Acides gras polyinsaturés ; EPA : acide eicosapentaénoïque ; DHA : docosahexaénoïque ; Nbr : nombre d'études considérées, Moy : moyenne ; ET : écart type

La viande du lapin reste la viande la plus pauvre en cholestérol en comparaison à d'autres viandes: en considérant les morceaux de viande les plus maigres, le niveau du cholestérol moyen chez le lapin, bœuf, veau et poulet est de : 47.0, 48.7, 62.7, et 55.3 mg/100 g de viande, respectivement (Dalle Zotte et Szendro, 2011).

En définitive, la consommation de la viande du lapin est fortement recommandée, surtout pour les enfants, les adolescents, les femmes enceintes, les athlètes et les personnes âgées en raison de ses propriétés nutritionnelles remarquables (Dalle Zotte, 2014).

### 2.1.3 Elevage du lapin dans le Monde

Apparu il y a plus de 6 millions d'années dans le pourtour méditerranéen, le lapin est présent à l'état sauvage sur les cinq continents (Garreau *et al.*, 2015). Sans omettre la production de poils angora, de fourrures ou de lapins de compagnie et de laboratoire, la cuniculture a principalement pour objectif la production de viande. La production mondiale est au environ de 1,8 million de tonnes métriques/an (**Figure 3**). La production mondiale est concentrée en Asie avec 48,8%, vient ensuite l'Europe, les Amériques et l'Afrique avec 28,4 ; 18,1 et 4,7 % respectivement (FAOSTAT, 2012). La Chine reste le premier producteur de la viande du lapin (735 021 tonnes/an), suivi par l'Italie, l'Espagne, l'Egypte et la France (262 436 ; 67 775 ; 56 338 et 52 955 tonnes/an, respectivement, FAOSTAT, 2012).



**Figure 3.** Production et consommation de la viande du lapin dans le monde (FAOSTAT, 2012)

Comme dans tout le pourtour méditerranéen, l'élevage de lapin en Algérie est une évidence. Jusqu'à la fin des années 1990, juste avant le lancement du plan national de développement agricole (P.N.D.A), la production de lapin était faible et orientée principalement à l'autoconsommation (Berchiche et Labas, 1994 ; Berchiche *et al.*, 1996 ; Djellal *et al.*, 2006). Et ce, malgré les quelques tentatives de développement et d'intensification soldées par des échecs durant la seconde et la troisième décennie après l'indépendance du pays. A travers plusieurs études, il émerge que l'amélioration et la modernisation de l'élevage fermier traditionnel est une réalité (Djellal *et al.*, 2006 ; Lebas, 2010). L'évolution du secteur des productions animales en Algérie en général et de l'élevage de lapin en particulier à partir des années deux mille (Lancement du P.N.D.A) a donné naissance à une cuniculture relativement moderne et plus rationnelle. Du moment où les carcasses de lapin sont présentes dans plusieurs marchés, cette viande est consommée dans toutes les régions d'Algérie. Dans une étude sur la commercialisation de la viande de Lapin en Kabylie, Kadi *et al.* (2008) rapportent que le lapin semble être une viande de restaurant comme c'est le cas dans plusieurs régions méditerranéennes (Sud de l'Italie et de l'Espagne, Malte...etc.). Toutefois, il est toujours très difficile d'évaluer la production et surtout la consommation de viande du lapin du pays (Colin, 1995).

L'estimation des quantités de viande de lapin produite classe l'Algérie immédiatement après le Maroc et l'Egypte et devance la Tunisie et la Libye (Colin, 1994). La production était de 1 000 tonnes selon la FAO en 1980, ensuite, elle a grimpé pour atteindre 7 000 tonnes avec un niveau de consommation annuel de 0,32 kg/habitant (Colin et Lebas, 1992). A cette période, la cuniculture Algérienne a participé à la production mondiale de la viande du lapin avec une proportion de 0,9% (Colin, 1992). Avec l'évolution et le développement de la cuniculture algérienne, la consommation annuelle a grimpée de 0,32 à 0,86 kg /habitant/an (Gacem et Lebas, 2000 ; Kadi *et al.*, 2009). Cette évolution montre vraisemblablement que l'élevage de lapin peut constituer une véritable alternative pour diversifier et réduire le déficit en protéines animales dont souffre le pays jusqu'au jour d'aujourd'hui. Mais la production Algérienne de viande de lapin et l'effectif des lapines reproductrices ont stagné durant une vingtaine d'années (**Tableau 3 et 4**). La combinaison de cette situation avec une croissance démographique élevée que connaît l'Algérie tirera inévitablement la consommation annuelle de la viande de lapin par habitant vers le bas durant les prochaines années. L'effectif de femelles reproductrices était constant pour l'Algérie (**Tableau 03**).

**Tableau 03.** Quantité de viande du lapin produite (par tonnes) dans certains pays africains sur une période de 20 années selon FAO (2011)

Country	Year			
	1990	2000	2005	2010
Algeria	7000	7000	7000	7000
Botswana	900	900	900	990
Burundi	436	184	396	516
Cameroon	76	94	96	96
Egypt	49020	54240	54840	54600
Gabon	1620	1992	1800	1860
Kenya	1284	1860	2820	3000
Madagascar	300	720	660	690
Mauritius	81	81	38	25
Rwanda	1152	1332	2034	2040
Sierra-Leone	-	1500	6750	7500

Une tendance semblable pour la quantité de la viande produite pour ces pays est consignée dans le **Tableau 04** ci-dessous.

**Tableau 04.** Effectif de lapines reproductrices (par milliers) pour certains pays africains sur une période de 20 années selon FAO (2011)

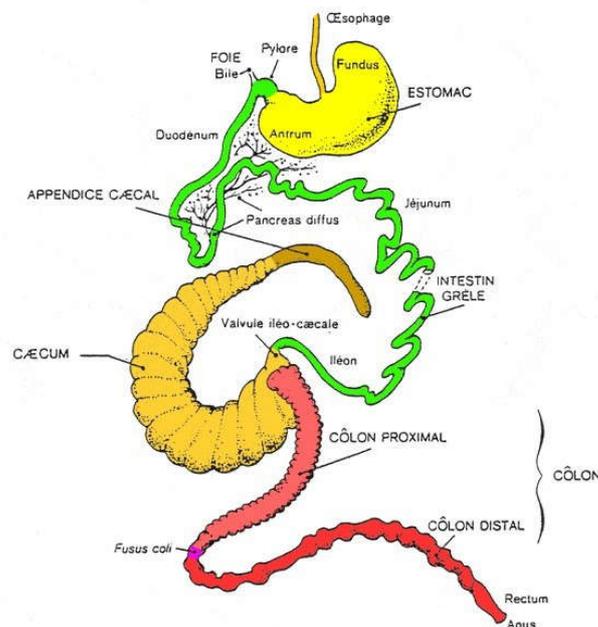
Country	Year			
	1990	2000	2005	2010
Algeria	1400	1400	1400	1400
Botswana	100	100	100	120
Burundi	110	50	100	135
Cameroon	38	47	48	48
Egypt	6591	7300	7350	7300
Gabon	270	300	300	310
Kenya	214	313	472	525
Madagascar	50	120	110	115
Mauritius	15	15	7	5
Rwanda	292	339	519	793
Sierra-Leone	-	300	1350	1520

## 2.2 ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DIGESTIVE CHEZ LE LAPIN

Le système digestif du lapin est adapté à un régime herbivore, avec des adaptations spécifiques, depuis la dentition jusqu'au développement d'un cæcum comme cuve de fermentation, et possédant un mécanisme de séparation des particules en fonction de leur taille dans le côlon proximal formant ainsi des cæcotrophes (Gidenne, 2005).

### 2.2.1 Anatomie et physiologie

Chez un lapin adulte (de 4 à 4,5 kg) ou sub-adulte (de 2,5 à 3 kg), le tube digestif a une longueur totale d'environ 4,5 à 5 mètres (Lebas *et al.*, 1996). L'anatomie générale digestive du lapin est présentée sur la **figure 4**.



**Figure 04.** Schéma des différents éléments composant le tractus digestif du lapin (Lebas , 2015)

La formule dentaire du lapin est  $2/1\ 0/0\ 3/2\ 3/3$ . Les 28 dents insérées dans les deux mâchoires et sans racines, croissent sans cesse durant toute la vie de l'animal. Cette croissance est de 2 millimètres/semaine pour la mâchoire supérieure et 2,4 mm/semaine pour la mâchoire inférieure (Gidenne, 2005 ; Lebas *et al.*, 2006 ). Toutes les dents de la mâchoire supérieure coïncident avec celles de la mâchoire inférieure et s'usent entre elles, sans véritable liaison avec la dureté de l'alimentation. Dans la pratique, l'incisive coupe les aliments et les molaires les déchiquettent grossièrement. Si le lapin reçoit des aliments granulés, la mastication demeure peu développée, alors que, s'il ingère du fourrage, les mouvements de mastication seraient très nombreux ; 120 mouvements/minute (Gidenne, 2005). En outre, cette mastication s'accompagne d'une production de salive faiblement concentrée en amylase et la durée entre la

saisie de l'aliment et de son arrivée dans l'estomac est généralement d'une à deux minutes au maximum (Lebas *et al.*, 2006). L'œsophage est court et sert exclusivement à la conduction des aliments vers l'estomac (**Figure 04**), sachant que le lapin ne peut ni régurgiter ni vomir (Lebas *et al.*, 2006 ; Garreau *et al.*, 2015).

La capacité de l'estomac est approximativement de 34% de la capacité totale du système digestif (Portsmouth, 1977). Il stocke environ 90 à 120 g d'un mélange plutôt pâteux d'aliments (16 à 23% MS), surtout dans l'antrum, sachant que dans le fundus sont stockées les cæcotrophes et l'aliment y séjourne 2 à 4 heures (Gidenne, 2005). Les liquides y séjournent moins longtemps, alors que, ce sont les particules grossières qui séjournent le plus longtemps ; il n'est jamais vide et pèse 15 à 20 g.

L'estomac sécrète quatre types de produits qui vont plus au moins se mélanger à l'aliment et commencer à le modifier. De l'acide chlorhydrique "HCL", qui maintient le pH moyen entre 1,2 et 2,0, de la pepsine qui commence à hydrolyser les protéines, de la lipase, qui sépare les acides gras à chaînes courtes et moyennes des triglycérides (valable surtout pour le lait). La pepsine est beaucoup moins active que la lipase pancréatique et du mucus qui protège les parois stomacales des ulcérations (Lebas *et al.*, 2006). Au cours du nyctémère, le pH de l'estomac est toujours très acide dans l'antrum (1,8 à 2,2), il peut varier de 1,2 à 3,2 dans le fundus en relation avec le stockage des cæcotrophes. Le pylore possède un sphincter puissant, qui règle l'entrée des *digesta* dans le duodénum (Garreau *et al.*, 2015).

L'intestin grêle (3m de long) est classiquement divisé en 3 parties : duodénum, jéjunum et iléon. Le canal biliaire s'ouvre juste après le pylore, alors que le canal pancréatique s'abouche 40 cm plus loin dans le duodénum (Lebas *et al.*, 1996 ; Gidenne, 2005). Le contenu est liquide, particulièrement dans la partie supérieure (<10% MS) avec un pH légèrement basique dans sa partie antérieure ; pH égal à 7,2 à 7,5. Cependant, il est plus acide dans l'iléon avec un pH 6,2 à 6,5 (Carabano *et al.*, 2010). Ensuite, l'intestin grêle débouche dans le cæcum par la jonction iléo-cæcale ou *Sacculus rontondus*, partie où la paroi est particulièrement riche en tissus lymphoïde (Garcia, 2004). Avec une longueur de 40 à 45 cm, le caecum contient environ 40% du contenu digestif total, soit 100 à 120 g d'un mélange pâteux uniforme (20 à 24% MS). Le pH cæcal est d'environ 6,0 dans la journée, et baisse jusqu'à 5,6 dans la nuit. Le cæcum se termine par un organe lymphoïde : l'appendice cæcal, 10 à 12 cm de long (Gidenne, 2005). Par contre, Portsmouth (1977) affirme que la capacité du caecum est approximativement de 49% de la capacité totale du tractus digestif. Avec une longueur de 1,5 m, le côlon fait suite au cæcum, il est composé de 2 segments, d'abord le côlon proximal (50 cm) comportant 3 puis 2

haustrations et se terminant par le *fusus coli* (segment de 1-2 cm), et ensuite le côlon distal (1,0 m de long) et finissant avec le rectum et l'anus (Lebas *et al.*, 2006).

Concrètement, chez un lapin croisé de type commercial ou un Néozélandais Blanc pesant 2,6 - 2,8 kg, le tube digestif termine son développement vers 12-14 semaines d'âge alors que son poids ne représente encore que 60-70% de celui d'un adulte. Par contre, le développement du cæcum et du colon proximal est plus tardif que celui de la partie antérieure du tube digestif, estomac et intestin grêle (Gidenne, 2005 ; Garreau *et al.*, 2015a).

### **2.2.2 Fonctionnement dualiste du côlon proximal et caecotrophie**

La particularité digestive des Lagomorphes se situe dans le fonctionnement dualiste du côlon proximal, régulé à la base par le cycle lumineux nyctéméral. Si le contenu cæcal se déverse dans le côlon en fin de nuit ou en début de matinée, il subit peu de changements biochimiques : les digesta progressent vers le rectum sous l'action du péristaltisme de la paroi colique, et sont progressivement enrobés de mucus. Les digesta prennent alors la forme d'agglomérat de petits granules mous (n=5 à 8), nommés cæcotrophes (Gidenne, 2005). La caecotrophie se produit pendant deux périodes distinctes : de 02.00 à 09.00 h avec 40% de l'excrétion totale et de 13.00 à 17.00 h avec 60% d'excrétion totale et donc une absence d'excrétion de 09.00 à 13.00 h (Lorente *et al.*, 1988). Si le contenu cæcal se déverse dans le côlon dans la journée, il avance dans le côlon sous l'action d'un double péristaltisme dans des directions opposées (successivement vers le cæcum puis vers le rectum). Les contractions de la paroi du côlon proximal ont pour rôle d'essorer le contenu digestif comme on presse une éponge (Lebas *et al.*, 1996). Cette compression permet d'envoyer la partie liquide accompagnée des petites particules (<0,1 mm) et des éléments solubles en périphérie de la lumière intestinale, puis de la faire remonter vers le cæcum (contractions antipéristaltiques). Dans le même temps, les particules plus grosses (>0,3 mm) sont maintenues au centre de la lumière intestinales puis évacuées par des contractions péristaltiques vers le rectum sous forme de crottes dures (Björnhag, 1972). Ainsi, les particules les plus grossières forment l'essentiel de ces crottes dures, dont la composition chimique diffère notablement de celle de cæcotrophes, ces dernières sont plus riches en protéines et plus pauvre en fibres (**Tableau 05**). Le comportement de cæcotrophie consiste donc en la production de deux types de fèces, les crottes molles, appelées également cæcotrophes et des crottes dures. Ces dernières sont rejetées dans les litières et, à l'inverse, les cæcotrophes sont totalement ingérés. Lors de leur sécrétion, les cæcotrophes (boulette de 5mm de diamètre) sont enrobées de mucus sécrété au niveau du colon proximal suivant un rythme circadien (Carabano *et al.*, 2010). Elles sont récupérées par l'animal dès leur émission à l'anus.

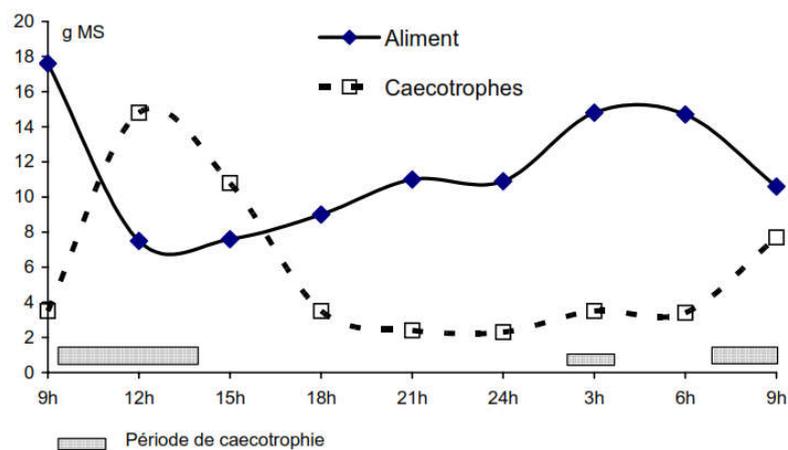
A cet effet, lors de l'émission, au cours d'une opération globale de toilettage, le lapin se retourne (il se plie sur lui-même), met la bouche à l'anus et aspire littéralement les crottes molles dès leur émission (Faure, 1963). Il les avale ensuite sans les mâcher et les stocke intactes dans le fundus de l'estomac pour 3–6 heures (Gidenne et Poncet, 1985). De ce fait, le lapin peut, sans aucun inconvénient, pratiquer la récupération des crottes molles même s'il est élevé sur un sol grillagé. C'est pourquoi, si un éleveur observe des cæcotrophes sous les cages de ses lapins, cela signifie que les animaux sont perturbés.

**Tableau 05** : Composition moyenne des crottes dures et molles (cæcotrophes) selon Proto (1980).

	Crottes dures		Crottes molles (cæcotrophes)	
	Moyenne	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes
<b>Matière sèche (%)</b>	58.3	48-66	27.1	18-37
<b>En % de la matière sèche</b>				
<b>Protéines</b>	13.1	9-25	29.5	21-37
<b>Cellulose brute</b>	37.8	22-54	22.0	14-33
<b>Lipides</b>	02.6	1.3-5.3	02.4	1.0-4.6
<b>minéraux</b>	08.9	3-14	10.8	6-18

\* Valeurs moyennes et dispersion pour 10 aliments expérimentaux incluant un aliment concentré et des fourrages verts et secs.

En situation normale, en fin de matinée, on retrouve les cæcotrophes en grand nombre dans l'estomac où ils peuvent représenter jusqu'à 70% du contenu sec (Gidenne, 1987a, **Figure 5**).



\*Données obtenues sur des lapins âgés de 09 semaines, nourris à volonté (ingestion quotidienne de 130 g)

**Figure 05.** Cæcotrophie et évolution nyctémérale du contenu stomacale du lapin (Gidenne, 1987a).

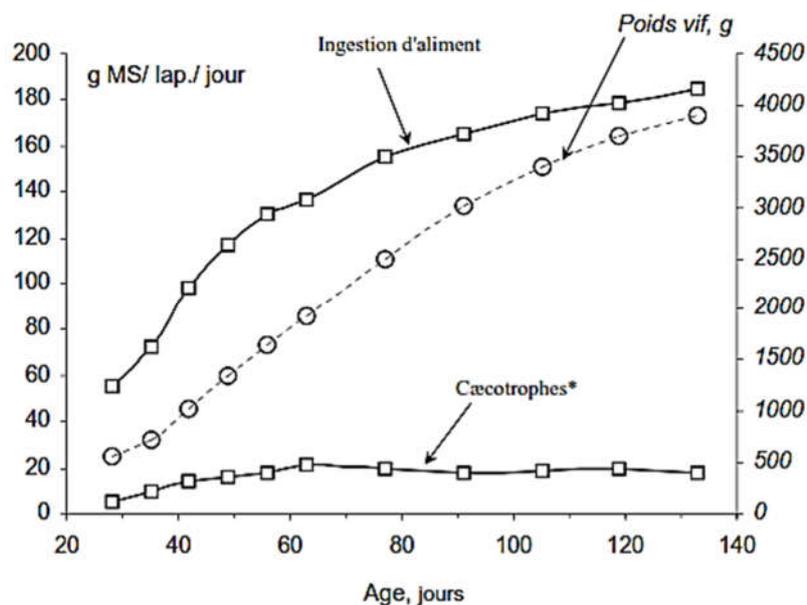
Quand le régime d'alimentation passe du libre accès à un accès restreint, le rythme d'excrétion est vite changé. Dans ce cas de figure, le temps d'excrétion des caecotrophes dépend du moment de la distribution de l'aliment (Fioramonti et Ruckebush, 1976). Par conséquent, Carabano *et al.* (2010) affirment que l'interruption du cycle interne peut avoir des implications pratiques importantes. Pour cette raison, Lebas et Laplace (1975) recommandent de distribuer l'aliment une seule fois par jour et de préférence durant l'après-midi. Dans les autres scénarios (par exemple un repas à 09.30 h ou deux repas à 09.30 et 16.30 h), on observe des changements dans l'excrétion des crottes accompagné d'une faible croissance (Carabano *et al.*, 2010). Le séjour des caecotrophes dans l'estomac semble plus prolongé que celui de l'aliment, puisqu'on peut y retrouver des caecotrophes intacts 4 à 6 heures après leur ingestion (Gidenne et Poncet, 1985). La présence de ces "granules mous" dans l'estomac du lièvre puis du lapin a été à l'origine de la première description correcte de la caecotrophie par Morot en 1882. Donc, la caecotrophie se distingue nettement de la coprophagie, classiquement observée chez le rat ou le porc, et qui consiste en la production d'un seul type de fèces, partiellement ingéré (Gidenne, 2005). Néanmoins, il est rapporté que les léporidés, y compris les lapins, consomment également une partie de leurs crottes dures, qui contrairement aux caecotrophes sont mastiquées (Hirakawa, 2001).

Il est important de rappeler que les caecotrophes sont composées pour moitié par des corps bactériens, et pour l'autre moitié par des résidus alimentaires non totalement dégradés, ainsi que par des restes des sécrétions du tube digestif (Lebas *et al.*, 1996; Gidenne, 2005). Les corps bactériens représentent un apport appréciable de protéines de haute valeur biologique, notamment en lysine, acides aminés soufrés et la thréonine ainsi que des vitamines hydrosolubles (Garcia *et al.*, 2004). Carabano *et al.* (2010) affirment que les caecotrophes pourraient répondre favorablement aux besoins en protéines et en vitamines en élevage traditionnelle, mais en élevage intensive, il est nécessaire de supplémenter en vitamines B et minéraux et rationner en acides aminés. La caecotrophie a donc un réel intérêt nutritionnel, puisque chez un lapin sain (nourri avec un aliment équilibré) elle fournit de 15 à 25% des protéines ingérées (Gidenne et Lebas, 1987) ; et la totalité des vitamines B et C (Lebas, 1989). La quantité quotidienne de matière sèche recyclée par la caecotrophie peut dépendre du régime. Par exemple, la quantité de caecotrophes émise par 24 h semble positivement corrélée avec la teneur en fibres du régime (Gidenne, 1987b). La caecotrophie est sous un contrôle de régulations internes selon des mécanismes encore mal élucidés. Ainsi, l'ablation des glandes surrénales entraîne un arrêt de la pratique de la caecotrophie, et des injections de cortisone à ces animaux

surrénalectomisés permettent de restituer un comportement normal (Lebas *et al*, 1996). Enfin, le comportement de cæcotrophie apparaît chez le jeune lapin (domestique ou sauvage) aux environs de 3 semaines d'âge, au moment où les animaux commencent à ingérer des aliments solides en plus du lait maternel (Gidenne, 2005).

### 2.2.3 Le comportement alimentaire du lapin en croissance

A partir du sevrage, l'ingestion du lapin nourri à *ad libitum* avec un aliment du commerce granulé et équilibré s'accroît corrélativement à son poids vif et atteint un plateau entre 4 et 5 mois d'âge (**Figure 06**).



Données pour lapin domestique, nourri à volonté avec un aliment granulé équilibré.  
\* : Mesures effectuées sur des lapins équipés d'un collier pour bloquer le comportement d'ingestion à l'anus.

**Figure 06.** Ingestion et croissance chez le lapin, entre le sevrage (28j) et l'âge adulte (Gidenne et Lebas, 1987).

Pour un individu, tel qu'un lapin Néozélandais Blanc pesant 4 kg : à 4 semaines d'âge, il mange un quart de la quantité d'un adulte, mais son poids vif est de seulement 14% de celui de l'adulte. À 8 semaines d'âge, les proportions relatives deviennent 62 et 42% ; à 16 semaines d'âge, elles seront de 100-110% et 87% (Gidenne, 2005).

La vitesse de croissance atteint son maximum entre le sevrage et 8 semaines d'âge, tandis que l'efficacité alimentaire est optimale (**Tableau 06**). D'après Cararabano *et al.* (2010), durant la période allant du sevrage jusqu'à 11 semaines d'âge, on assiste à une augmentation linéaire des besoins de croissance, de la prise alimentaire journalière et de la sécrétion de cæcotrophes.

Par contre, durant l'âge allant de 11 semaines à 19 semaines (2,5 et 3,9 kg, respectivement) on assiste à une diminution de la croissance et de la prise alimentaire journalière alors que la sécrétion de cœcotrophes se stabilise autour de 20 g MS (Gidenne et Lebas, 1987). En outre, Maertens (2010) affirme que l'indice de consommation est plus favorable durant la période d'engraissement allant de 4 à 11 semaines d'âge, qu'à la période allant de 12 semaines et plus. A l'instar des mammifères, le lapin régule son ingestion en fonction de son besoin énergétique. Des mécanismes chémostatiques interviennent au travers du système nerveux et de métabolites sanguins liés au métabolisme énergétique (Gidenne et Lebas, 2005). Puisque le lapin est un monogastrique herbivore, la glycémie semble jouer un rôle prépondérant par rapport à la concentration en AGV, néanmoins le rôle respectif de ces deux métabolites (glucose vs AGV) sur la régulation de l'ingestion reste mal connu (Gidenne, 2005 ; Gidenne *et al.*, 2015a). Selon Parker (1976), ces produits de fermentation (AGV) participent jusqu'à une hauteur de 40% à la satisfaction des besoins d'entretien énergétique chez le lapin domestique.

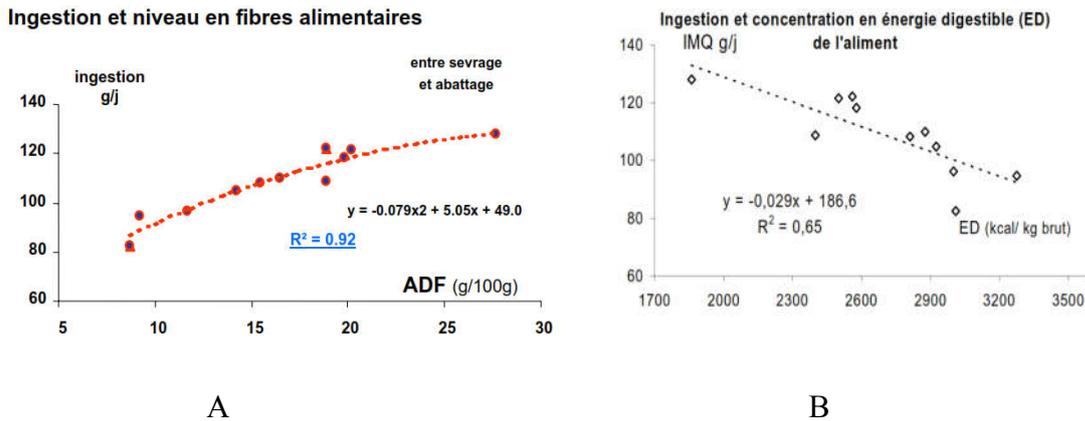
**Tableau 06 :** Ingestion, croissance et efficacité alimentaire du lapin domestique sevré selon Gidenne et Lebas (2005).

	Périodes d'âge	
	5-7 semaines	7-10 semaines
Ingestion d'aliment (g/j)	100-120	140-170
Gain de poids vif (g/j)	45-50	35-45
Efficacité alimentaire (g aliment/g gain de poids)	2.2-2.4	3.4-3.8

Valeurs moyennes pour lapins (lignée commerciales), nourris à volonté avec un aliment équilibré (89% MS), et ayant librement accès à l'eau potable

Comme chez tous les animaux, l'ingestion volontaire du lapin en croissance est proportionnelle au poids vif métabolique ( $PV^{0.75}$ ), et est environ de 3,76 - 4,18 MJ Energie Digestible (ED)/j/kg  $PV^{0.75}$  (Gidenne, 2005). La régulation chémostatique interviendrait au-delà d'une concentration en ED de 9 à 9,5 MJ/kg (Parigi-Bini et Xiccato, 1998 ; Xiccato et Trocino, 2010). Par contre, Gidenne *et al.* (2015) affirment que la régulation chémostatique intervient si la concentration énergétique de l'aliment est supérieure à 8,0 MJ ED/kg. Mais au-delà de 12,5 MJ d'ED/kg, le lapin ne sait pas réduire son ingestion pour équilibrer son ingéré d'ED : il aura donc un ingéré d'ED plus élevé que son besoin. Selon ces mêmes auteurs, l'ingéré volontaire du lapin en croissance est souvent mieux corrélé avec la concentration en lignocellulose (ADF) de l'aliment qu'avec sa teneur en ED. Pour le lapin sevré en croissance (souches commerciales hybrides), l'ingestion énergétique est proportionnelle à la vitesse de croissance, et oscille entre 3,13 et 4,18 MJ ED/j/kg  $PV^{0.75}$ . En outre, ils rapportent que si l'aliment est peu énergétique (< 9 MJ ED/kg),

alors la régulation est assurée par des facteurs physiques, en lien avec l'encombrement de l'estomac. Lorsque ce dernier est plein d'aliment, cela conduit à la satiété et donc à l'arrêt de l'ingestion (**Figure 07**). Par exemple, lorsque le lapin est nourri avec des fourrages verts ou secs (ou au pâturage), ou avec des aliments très fibreux (> 25 % ADF), son ingéré énergétique sera moindre. Chez l'adulte à l'entretien, l'ingéré énergétique oscille entre 2.71 et 3.34 MJ ED/j/kg PV<sup>0.75</sup>.



**IMQ** : ingéré moyen quotidien mesuré entre le sevrage (4 semaines) et 11 semaines d'âge.

\*données obtenues pour des lapins de lignée commerciales, après sevrage, et nourri à volonté avec un aliment granulé.

**Figure 07** : Relation entre ingestion volontaire et composition de l'aliment, chez le lapin selon Gidenne (2006 ; A) et Gidenne Lebas (2005 ; B).

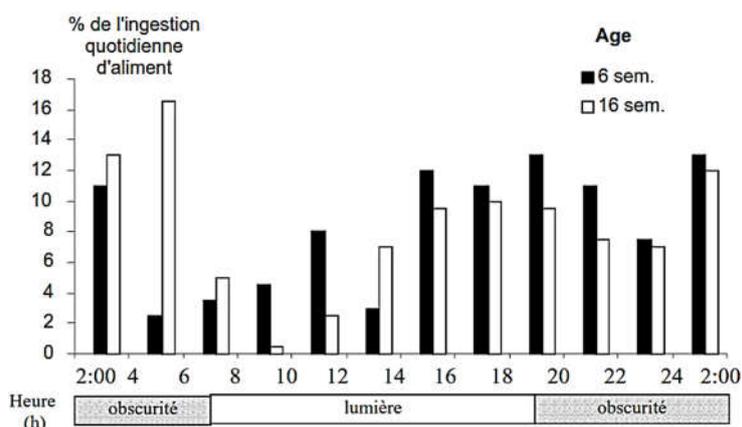
L'ingestion de cæcotrophes augmente jusqu'à deux mois d'âge puis reste stable (**Figure 6**). Exprimée en matière fraîche, elle évolue de 10 g/j à 55 g/j entre 1 et 2 mois d'âge, et représente de 15 à 35% de l'ingestion d'aliment (Gidenne et Lebas, 1987). Avec une faible contenance stomacale, le lapin fractionne son ingestion volontaire en plusieurs repas : environ 40 repas par 24 h à l'âge de 6 semaines et ce chiffre diminue avec l'avancement dans l'âge adulte (Gidenne, 2005). À 6 semaines d'âge, la durée quotidienne totale réservée aux repas est supérieure à 3 heures ; elle décroît ensuite rapidement et tombe en dessous de 2 heures (Gidenne et Lebas, 2005). Le lapin consacre un double temps à manger un aliment non granulé sous forme de farine ou de pâtée (Lebas, 1973). Quel que soit l'âge des animaux, un aliment contenant plus de 70 pour cent d'eau (fourrage vert) apporterait largement toute l'eau nécessaire aux lapins sous une température de 20°C (Lebas *et al.*, 1996). Chez le lapin en croissance nourri avec des granulés, le rapport eau/matière sèche ingérée est de 1,6 à 1,8, tandis que chez l'adulte ou la femelle reproductrice il atteint 2,0 à 2,1 (**Tableau 07**). La répartition des repas solides et liquides n'est pas homogène lors de la journée. Plus de 60% de l'ingestion (en dehors de la phase de

cæcotrophie) est réalisée en période d'obscurité pour un lapin domestique (Gidenne et Lebas, 2005).

**Tableau 07 :** Évolution du comportement alimentaire de lapins mâles entre 6 et 18 semaines, ayant en permanence à leur disposition un aliment granulé équilibré et de l'eau de boisson, et maintenus dans une salle à  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  (Prud'hon *et al.*, 1975).

	Age en semaines		
	6	12	18
<i>Aliment solide (89% de MS)</i>			
- Quantité totale par 24 h (g)	98	194	160
- Nombre de repas par 24 h	39	40	34
- Quantité par repas	2.6	4.9	4.9
Eau de boisson			
- Quantité totale par 24 h (g)	153	320	297
- Nombre de repas par 24 h	31	28.5	36
- Poids moyen d'une prise (g)	5.1	11.5	9.1
<i>Rapport eau / aliment (MS)</i>	1.75	1.85	2.09
MS : matière sèche			

Le comportement d'alimentation nocturne devient plus prononcé avec l'âge des lapins (**Figure 8**). Il convient aussi de noter une forte consommation, précédant l'extinction de la lumière dans le local d'élevage (Gidenne *et al.*, 2015a). Le nombre de repas pris en période d'éclairage diminue, et le "repos alimentaire" matinal tend à s'allonger (Gidenne et Lebas, 2005).



Valeurs moyenne pour lapin domestique (n=6) nourris ad-lib. avec un aliment granulé équilibré (ingestion moyenne quotidienne = 80 à 189 g/j resp. à 6 et 16 sem. d'âge) et élevé sous un rythme lumineux de 7 :00-19 :00h

**Figure 08.** Profil circadien de l'ingestion d'aliment solide chez le lapin en croissance ou adulte (Bellier *et al.*, 1995).

Puisque les lapereaux préfèrent consommer des régimes riches en énergie avant le sevrage, le lapereau ne semble pas réguler son ingestion sur le niveau énergétique alimentaire (Gidenne et Fortun-Lamothe, 2002). En outre, d'autres nutriments peuvent modifier l'ingestion, tel que les protéines et leur équilibre en acides aminés indispensables (Xiccato et Trocino, 2010 ; Gidenne *et al.*, 2015a). Selon Colin (1973) et Gidenne *et al.* (2002), un excès en méthionine réduit d'au moins 10% l'ingestion du lapin en croissance. La présentation de l'aliment affecte le comportement d'ingestion du lapin (Gidenne, 2005). En libre choix, le lapin préfère un aliment granulé au farineux (Harris *et al.*, 1983). En outre, un aliment sous forme de farine semble perturber le cycle circadien de l'ingestion (Lebas et Laplace, 1977). Lors de la fabrication de l'aliment granulé, le passage d'un grand diamètre (4,8 mm) à un petit diamètre (2,5 mm) réduit de 20% la consommation alimentaire et le gain de poids journalier au sevrage, alors que le contraire induit une augmentation de 10% dans la prise alimentaire et le gain du poids juste après le sevrage (Maertens, 1994). La longueur, le diamètre, la dureté et la durabilité du granulé affectent le comportement alimentaire (Maertens et Villamide, 1998).

#### **2.2.4 Le comportement alimentaire du lapin sauvage dit « brouteur »**

Le lapin sauvage se nourrit d'une panoplie de végétaux. En effet, en hiver et au début du printemps, le pâturage des céréales cultivées par des lapins peut complètement compromettre une récolte, particulièrement dans la zone des 30 à 100 m du terrier (Biadi et Guenezan, 1992). Comme de nombreux herbivores, il préfère ingérer les feuilles plutôt que la tige d'une plante, et de manière générale des plantes jeunes ou des parties "vertes et tendres" plutôt que sèches (Gidenne et Lebas, 2005). Selon toujours ces derniers auteurs, en forêt les lapins préfèrent clairement les feuillus, mais peuvent également attaquer l'écorce de certaines essences forestières, tels que les conifères. L'abroustissement d'arbres très jeunes ou de leurs pousses peut ainsi complètement compromettre la régénération d'une forêt ou plus spécifiquement la régénération de certains arbres comme le frêne (Duflot, 2002).

#### **2.2.5 Le comportement alimentaire du lapin en captivité en libre choix**

Apparemment, le lapin sait reconnaître les saveurs fondamentales, telles que salé, sucré, amer ou acide (Gidenne et Lebas, 2005 ; Gidenne *et al.*, 2015a). Il préfère les saveurs douces, et opte pour un aliment contenant du sucre ou de la mélasse plutôt qu'un aliment de même composition n'en contenant pas (Cheeke, 1974). En captivité, et lors d'un changement d'aliment, le lapin adulte peut parfois refuser momentanément ou systématiquement l'ingestion de certains aliments (Gidenne et Lebas, 2005). Lorsqu'on lui présente deux aliments : le premier est énergétique et déficient en fibres et le second est riche en fibres, le lapin opte pour le premier (Lebas *et al.*,

1996). C'est probablement la conséquence d'une recherche spécifique de sources énergétiques (rares dans la nature), qui est le système régulateur dominant le comportement d'ingestion du lapin (Gidenne et Lebas, 2005). En revanche, selon ces auteurs, cette situation peut accroître le risque des troubles digestifs et donc le risque sanitaire, particulièrement chez les jeunes lapins d'élevage. D'autre part, le lapin semble apprécier un certain degré d'amertume dans son alimentation (Duflot, 2002). L'alimentation des lapins avec des fourrages et un aliment concentré complémentaire pose également quelques problèmes quand l'appétibilité des fourrages n'est pas bonne (Gidenne *et al.*, 2015a). Face à cette situation, il faut lui limiter la quantité d'aliment le plus appétible. Par contre, la situation est différente si le lapin se trouve face à deux aliments concentrés en énergie, comme Gidenne (1985) l'a testé avec un aliment granulé complet et de la banane verte ; tous deux en libre choix. Dans ce cas, les lapins ayant le libre choix ont eu une croissance équivalente à celle du témoin, et un ingéré d'énergie digestible identique. Toutefois, entre le sevrage (5 semaines) et la fin de l'essai (12 semaines), la proportion de banane est passée de 40% à 28% de l'ingéré quotidien de matière sèche. Il faut signaler enfin que des lapins en croissance, qui reçoivent un aliment granulé carencé en acides aminés soufrés ou en lysine et qui disposent simultanément pour boisson en libre choix d'eau pure et d'une solution de l'acide aminé déficient, boivent la solution d'acide aminé de préférence à l'eau pure (Gidenne et Lebas, 2005). Ils réussissent ainsi à avoir une croissance semblable à celle des lapins témoins recevant un aliment équilibré (Lebas et Greppi, 1980). Ainsi que décrit précédemment, la régulation de l'ingestion du lapin, en situation de libre choix, est délicate à prévoir. Aussi, est-il recommandé d'utiliser des aliments granulés complets équilibrés en élevage cunicole (Gidenne et Lebas, 2005).

## **2.3 ALIMENTATION ET NUTRITION DES LAPINS EN CROISSANCE**

En tant qu'herbivore et monogastrique, le lapin présente des besoins nutritionnels particuliers découlant des spécificités de sa physiologie digestive, et notamment la pratique de la cæcotrophie. Ces dernières décennies, la précision des recommandations nutritionnelles du lapin élevé dans des conditions modernes (climat européen, bâtiment clos, aliment complet granulé) et selon son stade physiologique (jeune en croissance, femelle reproductrice) a été sujet de plusieurs études (Gidenne *et al.*, 2015a). Dans ce présent chapitre ne sera évoquée que **la catégorie du jeune lapin en croissance.**

### **2.3.1 Nutriments pour la croissance et la santé digestive**

#### ***2.3.1.1 Les besoins nutritionnels du lapin en croissance***

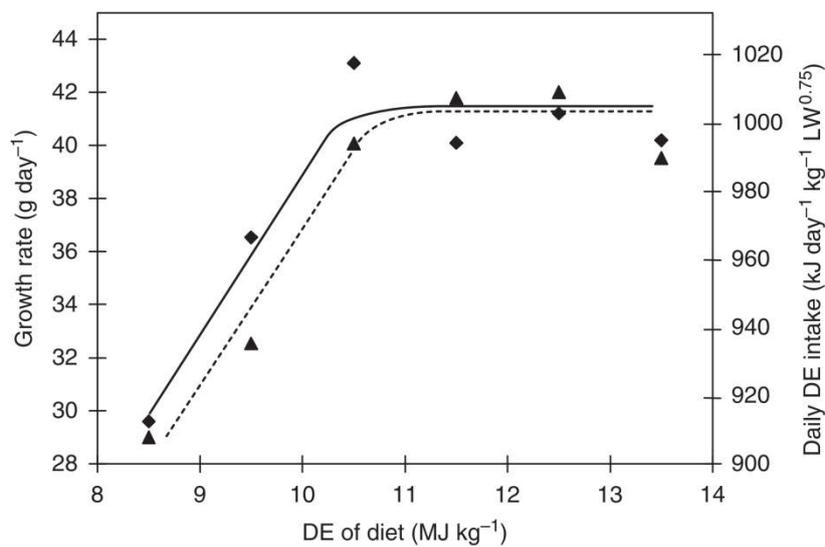
Les besoins sont de deux natures ; les besoins d'entretien définis comme étant les dépenses consécutives au métabolisme de base (la thermorégulation, déplacements, etc.) et les besoins de production définis comme étant les dépenses consécutives à l'accroissement de l'organisme (croissance, gestation) et la synthèse des productions (lait, tissus, poils, diastases, semence, etc.). Ces activités d'entretien et de production définissent cinq catégories de besoins dont les trois premières sont majeurs : besoins en énergie, en acides aminés indispensables, en fibres, en minéraux et en vitamines.

La composition chimique simplifiée désirable pour un aliment complet est consignée dans l'**annexe 1** pour chaque catégorie de lapins.

#### **A- Besoins en énergie**

Le lapin est capable d'ajuster son ingestion volontaire en réponse à la variation de la concentration énergétique de la ration comprise entre 9,2 et 13,4 MJ ED/kg, de façon à obtenir une ingestion quotidienne constante (Lebas, 1989). Néanmoins, la régulation chémostatique intervient si la concentration énergétique de l'aliment se situe dans l'intervalle de 8,0 à 12,5 MJ ED/kg. Au-delà de 12,5 MJ d'ED/kg, le lapin ne réduira pas suffisamment son ingéré pour équilibrer son ingestion d'ED : il aura donc un ingéré d'ED plus élevé (Gidenne *et al.*, 2015a). Ainsi, pour que les besoins nutritionnels des lapins soient satisfaits, il faut que tous les autres nutriments soient équilibrés par rapport à l'ED, une augmentation de la concentration énergétique de l'aliment doit s'accompagner obligatoirement d'un apport supplémentaire des autres nutriments (Lebas *et al.*, 1996 ; Fraga, 2010 ). Donc, il faut que la concentration en nutriments soit calculée pour atteindre une quantité ingérée satisfaisant les besoins, d'où le calcul du ratio PD/ED de l'aliment. Pour un lapin issu de souches commerciales européennes et

en fin de croissance, on recommande un aliment avec une concentration énergétique entre 9,8 et 10,2 MJ ED/kg et un rapport PD/ED entre 9,8 et 11,3 g PD/MJ d'ED (**Annexe 1**). Toutefois, Gidenne *et al.* (2015a,b) affirment que l'ingéré volontaire du lapin en croissance est souvent mieux corrélé avec la concentration en lignocellulose (ADF) de l'aliment qu'avec sa teneur en ED. Enfin, pour un jeune lapin en croissance, on considère qu'un apport énergétique de 430 kJ/Kg du poids métabolique (Pm) est proposé pour couvrir ses besoins énergétiques d'entretien (Xiccato et Trocino, 2010). La **figure 09** montre qu'un gain moyen quotidien (GMQ) maximum est obtenu avec une concentration énergétique de l'aliment comprise entre 10 à 10.5 MJ/kg du Pm.



**Figure 09.** Effet de la densité énergétique (◆) de l'aliment sur la vitesse de croissance et l'énergie digestible (ED) totale ingérée (▲) selon Partridge *et al.* (1989).

Bien entendu, cela ne sera rendu possible que si le ratio PD/ED soit maintenu constant et la quantité et la qualité des protéines soit satisfaisante. L'augmentation du niveau énergétique de l'aliment affecte aussi la composition du gain de poids et la répartition de l'énergie retenue comme protéine et graisses (Xiccato et Trocino, 2010). Pour le lapin sevré en croissance (souches commerciales hybrides), l'ingestion énergétique est proportionnelle à la vitesse de croissance, et oscille entre 750 et 1 000 kJ ED/j/kg du Pm, sachant que c'est entre 6 et 8 semaines d'âge que la vitesse de croissance atteint son niveau le plus élevé, soit 40 à 50 g/j pour des lignées commerciales hybrides (Gidenne *et al.*, 2015a). Selon ces mêmes auteurs, si l'aliment est peu énergétique (< 9 MJ ED/kg), alors la régulation est assurée par des facteurs physiques, en lien avec l'encombrement de l'estomac. Lorsque ce dernier est pleinement rempli, cela conduit à la satiété et donc à l'arrêt de la consommation de l'aliment. Ils affirment que lorsqu'un

jeune lapin est nourri avec des fourrages verts ou secs, ou avec des aliments très fibreux (> 25 % ADF), son ingéré énergétique sera moindre. Aussi, chez l'adulte à l'entretien, l'ingéré énergétique oscillera entre 650 et 800 kJ ED/j/kg Pm

### **B- Besoins en protéines**

Quand, la teneur et la qualité des protéines des aliments distribués aux animaux est assurée, le besoin en protéines brutes d'un jeune lapin en croissance est de 15 à 16% de l'aliment (Lebas, 2004). Dans une synthèse sur les besoins en protéines des lapins, Carabano *et al.* (2009) avaient préconisé de revoir à la baisse les apports recommandés. Pour des performances optimums des lapins à l'engraissement, il est recommandé d'apporter 10 à 12 % de protéines digestibles dans un aliment ayant un bon équilibre en acides aminés indispensables (Gidenne *et al.*, 2015a). Contrairement aux herbivores ruminants, le lapin valorise très faiblement l'azote non protéique. Et encore, uniquement quand la ration est très déficiente, en particulier lorsque la source d'azote non protéique a une vitesse de dégradation modérée dans l'intestin (Gidenne *et al.*, 2015a).

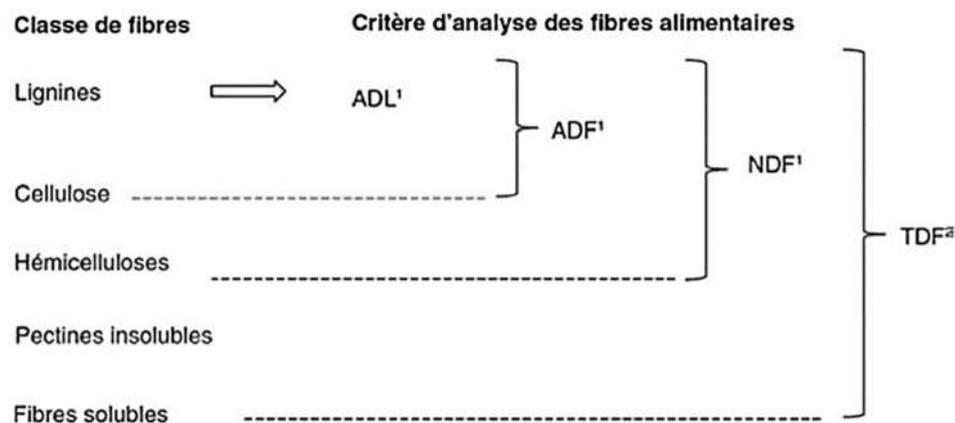
### **C- Besoins en fibres**

Les lapins sont de mauvais digesteurs des parois en raison d'un transit trop rapide du bol alimentaire et la pratique de la cæcotrophie ne compense que partiellement cet handicap (Archimède *et al.*, 2011). Néanmoins, les effets sur la santé digestive des lapins sont principalement liés aux changements dans l'ingestion de fibres et non pas au taux d'amidon (Blas et Gidenne, 2010). En effet, Gidienne et García (2006) ont proposé que la restriction habituelle de 150-155 g d'amidon par kg MS puisse être revue à la hausse, ou même supprimée.

Comme herbivore, le lapin est nourri couramment avec des aliments qui contiennent au moins 40% à 50% de fibres (Gidenne, 2015). Un des défis principaux est de fournir les recommandations en fibres pour le lapin en croissance afin de prévenir les problèmes digestifs sans affecter les performances de croissance et l'efficacité alimentaire. Vraisemblablement, en ingérant des aliments fibreux, les lapins sont capables de réaliser de bonnes performances de croissance (Gidenne *et al.*, 2010). En effet, les aliments fibreux sont connus comme aliment de lest, indispensable au bon fonctionnement du tractus digestif. Dans un aliment pour lapin en croissance, une teneur de 13 à 14% de cellulose brute semble suffisante pour maintenir un bon état sanitaire des animaux (Lebas, 1975, 1984 et 1989). La fraction de lest est très influencée par la digestibilité des fibres, puisqu'une forte digestibilité des fibres signifie un faible encombrement. Par conséquent, il semblerait plus judicieux d'exprimer les besoins en cellulose

brute indigestible. A cet effet, une teneur minimum de 9% est souhaitable dans l'aliment pour les jeunes lapins en croissance (Lebas, 1989).

Dosée via la méthode de Weende, la cellulose brute correspond à une fraction plus au moins importante de la cellulose et des lignines, mais ne tient compte ni des hémicelluloses ni des substances pectiques, c'est donc un critère imparfait pour quantifier les apports en fibres (Gidenne, 1996 et 2003). En plus, la précision de cette recommandation demeure imparfaite, car sa valeur demeure variable : 10 à 12 % pour le NRC (1977) et supérieure à 14,5 % pour Maertens (1992). Pour toutes ces raisons, la méthode séquentielle de *Van Soest* avec ses trois résidus permet une meilleure approche de la qualité des fibres : NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre) et ADL (acid detergent lignin). Le résidu NDF correspond approximativement à l'ensemble des hémicelluloses, cellulose et lignines, le résidu ADF comporte la cellulose et la lignine et le résidu ADL estime la lignine (Gidenne, 1996 et 2003). Pour atténuer ces risques, les recommandations en fibres reposent sur trois critères principaux (**Figure 10**) qu'il faut donc respecter (Gidenne *et al.*, 2015a,b) : une quantité minimum de lignocellulose (ADF : > 150-170 g/kg) ; une quantité minimum de lignines (ADL : > 5 g/kg) ; une proportion de fibres digestibles (FD = hémicellulose + pectines insolubles) équilibrée par rapport aux fibres peu digestes (ADF = cellulose et lignines).



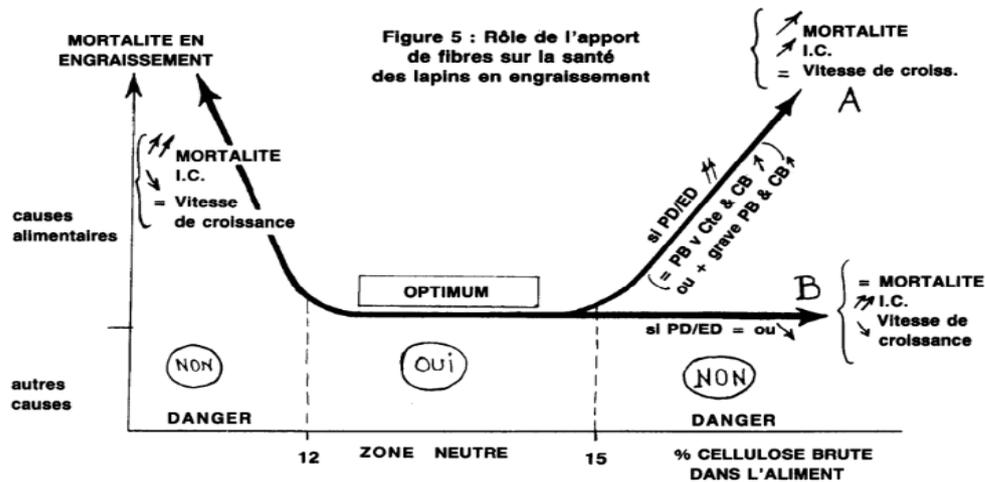
1. NDF. *Neutral Detergent Fiber*; ADF. *Acid Detergent Fiber*; ADL. *Acid Detergent Lignin*

2. TDF. *Total Dietary Fiber* (critères définies dans Gidenne, 2015)

**Figure 10.** Les fibres alimentaires : principales classes et méthodes d'analyse (Gidenne *et al.*, 2015b)

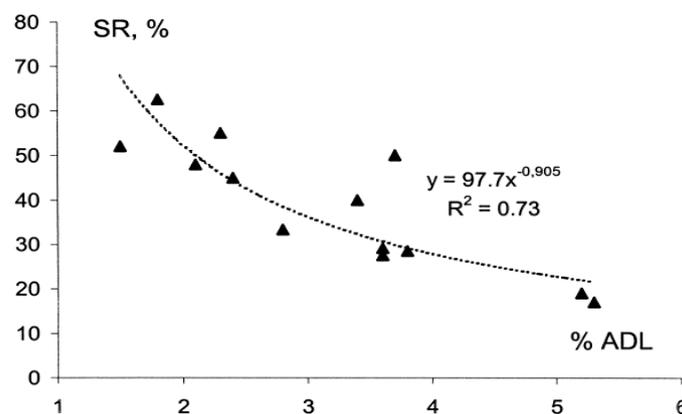
Ce dernier point se traduit par le calcul d'un ratio FD/ADF, qu'il faut maintenir inférieur à 1,3. Selon le même auteur, l'origine botanique et la nature des fibres influence aussi la santé

digestive de l'animal, de même qu'un apport de lignocellulose apparaît plus efficace que les hémicelluloses pour réduire les troubles digestifs. L'apport en fibres dans les aliments pour lapins a pour but de prévenir les diarrhées, des apports au-dessous ou en-dessus de l'optimum induisent des troubles digestifs (**Figure 11**).



**Figure 11.** Rôle de l'apport en fibres sur la santé des lapins à l'engraissement (Lebas, 1989).

Gidenne *et al.* (1998) ont montré que le risque sanitaire (cumul de la mortalité et de la morbidité) passe de 18 à 28% lorsque le taux d'ADF déprécie de 19 à 15%. En parallèle, l'effet favorable des lignines sur la réduction de la mortalité par diarrhée a été démontré (Gidenne et Perez, 1994 ; Bennegadi, 2002). Cette relation entre le taux de lignines alimentaires et l'index de risque sanitaire a été confirmée dans plusieurs autres essais, comme le montre la **figure 12**.



RS mesuré entre 28 et 70j d'âge sur au moins 40 lapins/régime ; un point = un régime ; Gidenne et Jehl, (1999) ; Gidenne *et al.* (1998b), Gidenne *et al.* (2000) et Bennegadi (2002)

**Figure 12.** Variation de l'index de risque sanitaire « I.R.S. », en fonction du taux d'ADL du régime (Gidenne (2003))

Aussi, Gidenne *et al.* (2001) attribuent un rôle majeur à la lignine, du moment que la réduction du ratio lignine/cellulose (L/C) entraîne une hausse des troubles digestifs. De même, lorsque le ratio L/C est inférieur à 0,4 on observe une réduction de la vitesse de croissance (-5%) et un ralentissement du transit digestif (Gidenne, 2003). Par conséquent, ce dernier auteur estime que le besoin en lignines (ADL) du lapin en croissance est au environ de 5 à 7g/j, et celui de la cellulose au entour de 11 à 12 g/j. Cependant, toutes les méthodes d'analyses présentent des imperfections, et par conséquence, il n'existe pas de méthode d'analyse précise et fiable pour les lignines jusqu'au jour d'aujourd'hui (Gidenne, 2015).

#### **D- Besoins en minéraux**

Tous les minéraux sont nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Ils jouent un rôle majeur dans la fonction de digestion et le fonctionnement cellulaire, dans la formation du squelette et la fonction de reproduction. Généralement, il est admis que les carences minérales peuvent causer de nombreux troubles métaboliques, freiner la croissance, problème de reproduction, installation de maladies, etc. Il faut donc veiller à un apport suffisant et équilibré de matières minérales dans la ration (**Annexe 1**). En revanche, peu d'études sont consacrées aux besoins en minéraux des différentes catégories de lapins. Les anciennes études basées sur la croissance d'animaux suivis individuellement et de la calcification osseuse, proposaient un apport de calcium de 0,4 % minimum pour les lapins en croissance, avec un apport pouvant aller jusqu'à 2,5 % de la ration (Gidenne *et al.*, 2015a). Cependant, ces mêmes auteurs, affirment que les travaux plus récents, conduisent à des recommandations dans une fourchette beaucoup plus étroite, de 0,7- 0,8 % de l'aliment au minimum, à 1,5-1,6 % au maximum. Aussi, ils attestent que les apports totaux doivent aussi être estimés pour le potassium en raison d'un risque d'excès. Par exemple, un apport trop important (plus de 1,8 - 2 % de la ration) pouvant être source de troubles digestifs et/ou d'une diminution de l'absorption du magnésium, et conduire à une carence en ce minéral (**Annexe 1**). En outre, une attention doit être apportée à l'apport de phosphore. En raison d'une valorisation digestive du phosphore phytique similaire à celle du phosphore minéral grâce à l'action des bactéries du microbiote digestif et les recommandations alimentaires se font, chez le lapin, en phosphore total sans distinguer le phosphore minéral et le phosphore organique : les phytates et il n'y a pas lieu de chercher un rapport quelconque entre les apports de phosphore et de calcium dans le cas du lapin (Gidenne *et al.*, 2015a).

Parmi les oligo-éléments, une attention particulière doit être accordée aux apports minimums en zinc ; impliqué entre autres dans les mécanismes du système immunitaire et en cuivre, impliqué également dans la formation de l'hémoglobine. En outre, des apports de fer sont très

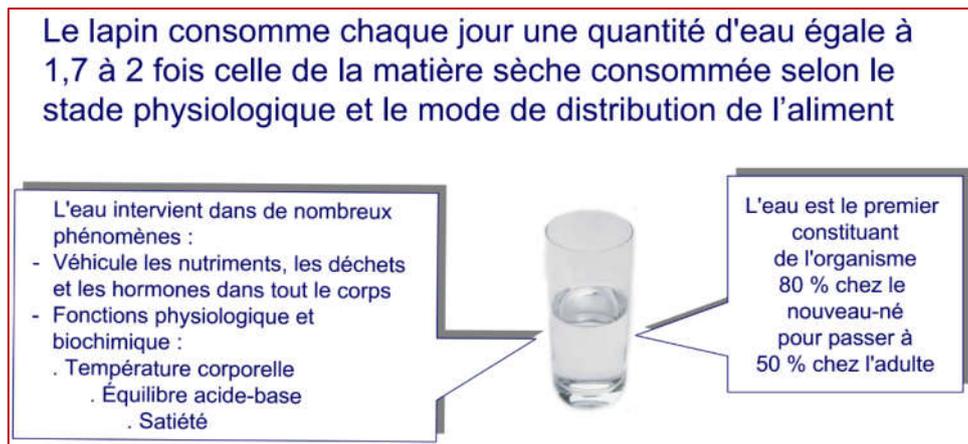
souvent nécessaires, compte tenu de son rôle fondamental dans l'hématopoïèse et la synthèse de la myoglobine (principale protéine constitutive des muscles). En revanche, il n'est pas nécessaire d'effectuer d'apport de cobalt, dans la mesure où les plantes utilisées pour nourrir les lapins le fournissent en quantité suffisante (Gidenne *et al.*, 2015a).

### **E- Besoins en vitamines**

Les vitamines agissent en faibles doses comme coenzymes ou précurseurs de coenzymes. Toutes vitamines ont besoin d'un oligoélément pour être active et montrer ses effets. Par exemple, la vitamine A réclame la présence du Magnésium et du Zinc, la vitamine B12 réclame du cobalt et la vitamine C réclame du cuivre et du Nickel, etc. (Rodet, 1979). Elles ne sont pas synthétisées par l'organisme en quantité suffisante, et donc, elles doivent être véhiculées soit par l'alimentation ou par l'activité de la micro-flore intestinale (caecotrophie). Selon ce même auteur, les besoins en vitamines liposolubles sont couverts pour la vitamine A par un aliment contenant 10 000 UI de vitamine A/Kg d'aliment ou 30mg de  $\beta$ -carotène, pour la vitamine D par un apport de 800 à 1 000 UI/Kg d'aliment et des apports supérieurs à 2 000UI/Kg induisent une calcification anormale des tissus mous (**Annexe 1**). Toutefois, un excès de vitamine A peut réduire le taux de croissance de lapins sevrés (Ismail *et al.*, 1992). Pour la vitamine E, un apport de 50mg/Kg d'aliment semble suffisant. Cependant, un aliment dosé à 15 mg/Kg de vitamine E est carencé et cause des troubles de la reproduction, dystrophie musculaire et une mortalité brutale. A l'opposé, un excès en vitamine E n'est pas nocif mais améliore la conservation de la viande du lapin en réduisant la cadence d'oxydation des lipides. En outre, Zarraa *et al.* (2016) ont montré que la supplémentation en vitamine E est inutile et réduit même le poids des lapins au sevrage, comme c'est le cas d'ailleurs pour les autres vitamines liposoluble du groupe A et D (Mateos *et al.*, 2010).

### **F- Besoins en eau**

Chez le lapin, les consommations d'eau et d'aliment sont fortement corrélées (Gidenne et Lebas, 2006). Le lapin s'avère donc très résistant à la faim et relativement résistant à la soif ; mais il convient de retenir que toute limitation de la quantité d'eau nécessaire, par rapport aux besoins, entraîne une réduction au moins proportionnelle de la matière sèche ingérée et, en conséquence, une altération des performances (**Figure 13** ; Lebas *et al.*, 1996).



**Figure 13.** Importance de l'abreuvement des lapins (Lebas, 2006)

Plusieurs travaux conduits en laboratoire montrent qu'entre 5 et 30 °C la consommation chez les lapins en croissance passe par exemple de 180 à 125 g par jour pour l'aliment granulé et de 330 à 390 g par jour pour l'eau (**Tableau 08**).

**Tableau 08.** Quantités d'aliments et d'eau consommées par des lapins en croissance, en fonction de la température ambiante selon Eberhart (1980).

Température ambiante	5 °C	18 °C	30 °C
Humidité relative (%)	80	70	60
Aliment granulé consommé <sup>1</sup> (g/jour)	182	158	123
Eau consommée (g/jour)	328	271	386
Rapport eau/aliment	1,80	1,71	3,14
Gain de poids moyen (g/jour)	35,1	37,4	25,4

Il est connu que les nitrates contenus par l'eau potable baissent les performances zootechniques du lapin, l'efficacité alimentaire et des changements pertinents ont lieu dans les composants du sang (Shehata, 2005). Selon ce même auteur, l'ajout de l'acide ascorbique (Vitamine C) à une dose de 200mg/Litre d'eau ou plus désintoxique l'eau potable de nitrates et sans aucun effet secondaire.

Selon Gidenne *et al.* (2015a), l'évaluation des besoins nutritionnels est plus récente que pour la plupart des autres espèces de rente. Toutefois, dans certaines circonstances locales, une alimentation s'éloignant de ces normes peut conduire à des résultats satisfaisants. D'ailleurs Deshmukh *et al.* (1993c) avaient conclu que les recommandations nutritionnelles de Cheek

(1987) étaient plutôt valable pour lapins élevés dans les zones à climat modéré et non pas pour ceux élevés dans les zones tropicales.

### **2.3.1.2 Les recommandations alimentaires du lapin en croissance**

Dans le cas général, suite à la prise d'une marge de sécurité, les apports alimentaires recommandés sont toujours supérieurs aux besoins. L'adoption de cette marge de sécurité est justifiée par trois incertitudes : liées aux caractéristiques de l'aliment et matière première dues à la variabilité de leur composition, et/ou à l'imprécision des méthodes d'analyse, sur la valeur exacte des besoins et sur la prévision des quantités consommées dont les causes sont multiples et peuvent être liées à l'animal, à l'aliment et au milieu (Drogoul *et al.*, 2004). Comme certains nutriments ne peuvent pas être stockés dans l'organisme, c'est le cas des acides aminés, il est indispensable d'assurer un apport correspondant aux besoins quotidiens des animaux (Sauvant, 2004).

### **2.3.2 Sources alimentaires alternatives en alimentation du lapin en croissance**

Anciennement le lapin est nourri à partir d'une panoplie de fourrages et d'autres produits végétaux. Actuellement, cette stratégie d'alimentation semble être intéressante pour asseoir une cuniculture durable et biologique en vogue dans les pays du Nord. En outre, cette pratique d'alimentation permet d'exploiter le caractère herbivore du lapin moins incriminé dans le réchauffement climatique tout en restant loin de la concurrence pour les aliments destinés pour l'alimentation humaine. Par conséquent, les lapereaux sevrés peuvent être alimentés de différentes façons. Néanmoins, la période cruciale de sevrage est souvent délicate car le lapereau est stressé en se séparant de sa mère et changeant de régime alimentaire (passage d'une alimentation lactée à une alimentation solide) et de milieu. Aussi, il accroît beaucoup son ingestion l'exposant ainsi à de sévères troubles digestifs (diarrhées, météorisation). Pour atténuer cet écueil, il est recommandé d'utiliser souvent un aliment riche en fibres et modérément énergétique durant la semaine avant le sevrage et les 2 à 3 semaines après le sevrage (Gidenne *et al.*, 2015a). Ces mêmes auteurs recommandent aussi de restreindre l'ingestion alimentaire pour réduire la prévalence de certaines maladies digestives en cette période de transition. Réellement, les fourrages spontanés peuvent constituer la principale source alimentaire des lapins ainsi que les coproduits de cultures. Les arbres fourragers peuvent aussi être très présents dans le système fourrager des lapins. Dans tous les cas, on observe une plus grande variabilité de la valeur alimentaire des ressources fibreuses en zone tropicale qu'en zone tempérée (Archimede *et al.*, 2011). Pour cela, Finzi (2008) a rapporté que l'alimentation basée sur des fourrages appropriés et spécifiques doit être étudiée et doit être appliquée. Cet

l'auteur a noté en nutrition de lapin quelques 170 aliments végétaux et/ou sous-produits reconnus pour leurs qualités nutritionnelles dans les pays en voie de développement. Malheureusement, seulement 10% sont introduits dans la formulation d'aliment granulés pour lapin.

### **2.3.2.1 Plantes herbacées**

Les fourrages utilisés en zone tropicale se distinguent de ceux de la zone tempérée (Archimède *et al.*, 2011 ; Gidenne *et al.*, 2015a) et les seuils maximums d'apports sans effets nuisibles pour le lapin ont été étudiés pour de nombreuses plantes (Raharjo *et al.*, 1986 ; Cheeke, 1992 ; Lebas, 2004). Néanmoins, la valeur nutritive de nombreux produits n'est pas connue et complique l'élaboration d'une ration équilibrée (Gidenne *et al.*, 2015a). Quand, une valeur nutritive vient à manquer, on se réfère aux tables d'alimentation disponibles pour les chevaux et les ruminants.

#### **A- Graminées**

La productivité des graminées varie selon des conditions de milieu, du niveau d'apport d'intrants et de l'espèce végétale. Connues pour leur apport énergétique, les graminées des régions tropicales sont moins nutritives que celles des régions tempérées, et se lignifient rapidement (Archimède *et al.*, 2011). Certaines graminées tropicales spontanées peuvent atteindre des valeurs nutritives similaires aux graminées sélectionnées.

#### **B- Légumineuses**

Ayant une adaptation et une localisation spécifique, les légumineuses herbacées sont pourvoyeuses de protéines. La digestibilité de la MAT est affectée négativement par la teneur en parois végétales et des métabolites secondaires. Selon Gidenne *et al.* (2015a), le lapin a une grande capacité à valoriser les légumineuses ; par analogie avec les ruminants (bovins ou ovins), le lapin est capable de produire 4 à 5 fois plus de viande pour une même quantité de luzerne ingérée, principalement en raison de sa grande prolificité (faible masse de reproducteurs à entretenir par rapport à celle des animaux produits). Toutefois, certaines légumineuses non sélectionnées surtout peuvent contenir des métabolites secondaires qui affectent négativement leur valeur alimentaire, et ces métabolites secondaires associés à une teneur élevée en parois végétales affectent négativement la digestibilité de la MAT (Archimède *et al.*, 2011). En outre, l'efficacité métabolique des protéines digérées dépend strictement de leur équilibre en acides aminés. Il est donc nécessaire d'apporter suffisamment d'acides aminés essentiels pour les monogastriques, le lapin notamment (Archimède *et al.*, 2011 ; Gidenne *et al.*, 2015a).

## **C- Co-produits**

Les coproduits de cultures et industriels peuvent représenter le principal ingrédient des systèmes d'alimentation. Monogastrique herbivore, le lapin valorise très bien les céréales et de nombreux produits ou coproduits végétaux. Plusieurs co-produits sont étudiés et utilisés comme sources alimentaires conventionnelles en alimentation du lapin (son de blé, tourteaux, grignon d'olive, drèches de brasserie, marc de raisin, pulpes de betteraves et d'agrumes, etc.). Quelques coproduits sont utilisés comme antioxydants naturels potentiels pour alléger du stress de la chaleur dans les régions à climats chauds, à l'exemple de pelure de la grenade (Zeweil *et al.*, 2013) et de figues de barbaries (Colin *et al.*, 2005). En définitive, les challenges à associer à l'utilisation des co-produits se situent dans leur carence ou excès en certains éléments nutritifs et la variabilité de leur composition chimique.

### **2.3.2.2 Arbres et arbustes fourragers**

Beaucoup d'auteurs (Deshmukh, 1993a,b ; Lebas *et al.*, 1996 ; Samkol et Lukefahr, 2008 ; Franzel *et al.*, 2014 ) ont noté que certaines plantes fourragères arborées sont nutritives pour le lapin à l'exemple des feuilles du murier et du manioc. Les arbres fourragers sont déjà très présents dans certains systèmes d'élevage.

L'un des objectifs d'une alimentation raisonnée sera donc de produire un régime équilibré, en associant des fourrages issus de plantes herbacées ou ligneuses, avec d'autres matières premières conventionnelles et non conventionnelles disponibles localement et à des prix concurrentiels.

### **2.3.2.3 Frêne**

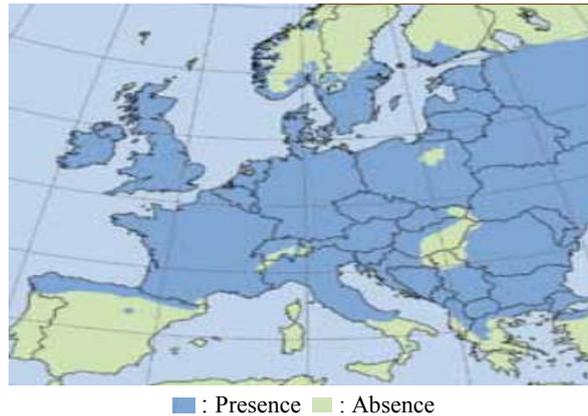
#### **A- Description du frêne**

*Fraxinus* est un des 24 genres engendrés par la famille d'Oléacée (la famille de l'olivier) et le seul membre de la sous tribu *Fraxininae* qui est le groupe sœur de la sous tribu des *Oleinae* contenu dans la tribu *Oleeae* (Wallander et Albert 2000).

#### **B- Le frêne commun (*Fraxinus excelsior* L)**

Il est plus nordique avec des feuilles pennées opposées de 20 à 36 cm de long, comportant 9 à 13 folioles fines acuminées de 5 à 12 cm de long et de 2 à 3 cm de large, non pétiolées, à la base en coin asymétrique, à l'exception de la foliole terminale, pétiolée et à la base en coin symétrique; dessus des feuilles vert mat, dessous plus clair marqué de nervures pubescentes et saillantes. Les rameaux sont d'une couleur brun verdâtre, aplatis à l'extrémité et derrière les bourgeons ronds et noirs. Avec le fruit atteignant 3,5 cm au total, composé de plusieurs samares

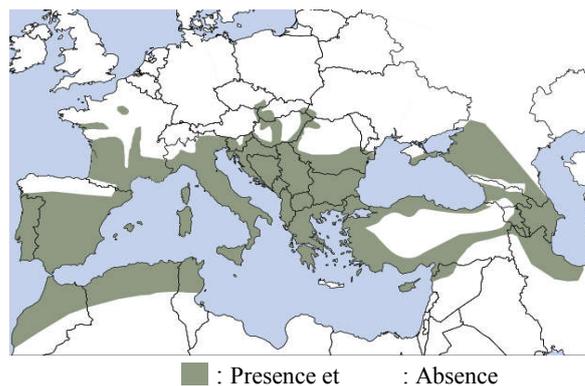
simples disposées en vrille, aux ailes tronquées parallèles. Fleurs vertes et pourpres sans pétales s'épanouissant en mars issues de boutons latéraux à la base des rameaux de l'année précédente (Rushfort, 2000). Il peut se reproduire avec le frêne à feuilles étroites (*angustifolia* Fraxinus) qui a une distribution plus méditerranéenne (**Figure 14**). Cependant, Ils peuvent s'hybrider naturellement et engendrer des individus avec les traits intermédiaires, et il est difficile de distinguer entre eux (Raquin *et al.*, 2002 ; Fernandez-Manjarres *et al.*, 2006).



**Figure 14.** Distribution de *Fraxinus excelsior* en Europe et Afrique du Nord selon EUROFORGEN (2009).

#### D- Le frêne à feuilles étroites (*Fraxinus. angustifolia* Vahl)

Le frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) est natif depuis l'ouest du bassin méditerranéen jusqu'au centre de l'Europe méridionale, au Maroc et l'Algérie (**Figure 15**).



**Figure 15.** Distribution de *Fraxinus angustifolia* en Europe et Afrique du Nord FRAXIGEN (2005)

Les feuilles de frêne sont souvent groupées par 3 sur les rameaux vigoureux et par 2 seulement sur les rameaux plus menus de 15 à 20 cm de long. Composées de 7 à 13 folioles espacées de 3 à 9 cm de long et 0.8 à 2 cm de large, lancéolées et acuminées, à la marge dentée ; face supérieure verte ou vert bleuté, brillante, revers mat, vert blanchâtre, glabre mais ponctué de

glandes minuscule sur la nervure centrale. Les feuilles de frêne à feuilles étroites présente des rameaux brun olive à gris vert, parsemés de bourgeons ovoïdes pointus brun foncé de 0.6 cm. Avec des fruits oblongs de 2 à 4.5 cm à maturité annuelle automnale et une écorce gris foncé à noire, se creusant de petites fissures formant de petites écailles carrées et les très vieux spécimens sont souvent noueux (Roshforth, 2006). Du point de vue écologique, c'est une espèce héliophile et thermophile. Comme le frêne commun le frêne oxyphylle a besoin d'humidité et il préfère les sols riches en bases avec un pH basique à neutre. Le frêne commun s'hybride avec le frêne oxyphylle (Raquin *et al.* 2002, Fernandez-Manjarres *et al.* 2006).

#### **D- Différenciation du frêne commun du frêne à feuilles étroites**

Morphologiquement, ils diffèrent essentiellement en nombre de folioles : 9 à 15 folioles pour *Fraxinus excelsior* et 5 à 9 folioles pour *F. angustifolia*. La forme des dites feuilles est également différente, celles du deuxième ayant une forme plus lancéolée que celles du premier. Aussi, la couleur et la forme des bourgeons qui est noir pour *Fraxinus excelsior* et brun pour *Fraxinus angustifolia*, le port et la forme du tronc (Rameau *et al.*, 1989 ; **Annexe 02**). D'un autre point de vue, le frêne à feuilles étroites (*Fraxinus. angustifolia*) réalise pendant les premières années de croissance un changement de phyllotaxie d'opposé/décussé à tri-verticillé, ce qui augmente la branchaison et la fourchaison (Ramirez De Arellano Jimenez, 2005). La dispersion des graines et du pollen est de type éolien. Ces essences sont post-pionnières héliophiles, interviennent donc en début de succession et peuvent être selon les milieux fortement colonisatrices (Franc et Ruchaud, 1996). En sylviculture le frêne commun (*Fraxinus excelsior*) jouit d'une grande valeur économique, alors que ce n'est pas le cas de *Fraxinus angustifolia* du fait de son importante branchaison. Néanmoins, en alimentation animale (Affouragement ou sylvo-pastoralisme), cette forte branchaison semble être d'une grande valeur économique en croissant la masse foliaire nourrissante produite. En plus cet arbre a une longue durée de vie allant de 150 à 200 ans. En fin, les caractères supplémentaires pour distinguer entre *F.angustifolia* et *F.excelsior* sont consignés dans l'**Annexe 02**.

#### **E- Frêne comme plante fourragère en Algérie**

Le frêne est l'une des principales plantes fourragères de l'Afrique du Nord, spécialement en Algérie et leur culture pratiquée par les Berbères est sans doute très ancienne (Chevalier 1927; Abdelguerfi *et al.*, 2000). Abdelguerfi *et al.* (2000) et Chouaki (2006) ont recensé deux espèces de frênes dominantes en Algérie ; le frêne commun ou européen (*F. excelsior* L.) et le frêne

oxyphyllé, ou « à feuilles étroites » (*F. angustifolia* Vahl). Ils présentent des distributions géographiques très étendues et différentes au Nord du pays et des hauts plateaux. Toutefois, ils sont en sympathie principalement en Kabylie. Cette cohabitation est le résultat certain d'une hybridation entre les deux espèces ou point que leur différenciation dans certaines situations est très difficile.

### **2.3.3 Méthodes de détermination et d'estimation de la valeur nutritive des matières premières chez le lapin en croissance**

Pour un aliment composé donné, la connaissance de la valeur nutritive de chaque matière première le composant est indispensable. Faute de données en alimentation du lapin, et durant plusieurs années, on utilisait les données obtenues chez d'autres espèces (ruminants, chevaux, volaille, porc) pour déterminer la valeur nutritive des aliments. Néanmoins, des études concluent que cette analogie est imparfaite en raison de la différence marquée entre ces animaux ; du point de vue nutritionnels (besoins en fibres) et de la physiologie digestive (cæcotrophie) notamment. Et pour obtenir des résultats fiables et probants, il est donc nécessaire d'exploiter des données obtenues sur des lapins (Maertens et Lebas, 1989). Dès lors, des méthodes d'estimation et de détermination de la valeur nutritive des matières premières ont été formulées chez le lapin, telles que la méthode directe, méthode de substitution, régression linéaire multiple et spectrométrie proche infrarouge. Pour plus de rigueur, plusieurs méthodes (Maertens et Lebas, 1989 ; Villamide, 1996 ; Villamide *et al.*, 2001, 2003, 2009, 2010) pour déterminer la valeur nutritive des matières premières pour le lapin en croissance ont été exposées en procédant par des mesures de la digestibilité fécale, dont la méthode a été normalisée par le groupe EGRAN en 1995 (Perez *et al.*, 1995). Vu les contraintes de cette pratique directe sur le lapin vivant en croissance, des équations de prédictions sont développées pour calculer la valeur nutritive des aliments qui leur sont propres (Maertens et Lebas, 1989 ; Villamide et Fraga, 1998 ; Villamide *et al.*, 2009 ; Lebas, 2013). D'ailleurs, c'est la procédure la plus usitée en alimentation de lapin en croissance.

#### **2.3.3.1 Mesures *in-vivo***

##### **2.3.3.1.1 Méthode directe**

Communément, c'est la méthode d'évaluation des aliments complets la plus utilisée. Cependant, pour les matières premières seules, elle doit se limiter à l'évaluation de celles appétibles et dont la composition chimique est nettement équilibrée pour couvrir au moins les besoins d'entretien des lapins (Villamide *et al.*, 2010). Pour cette raison, seules quelques

matières premières peuvent être distribuées seules aux animaux afin d'obtenir une mesure directe de leur teneur en ED et PD ou en acides aminés digestibles apparentes. D'ailleurs, Kadi (2012b) rapporte que dans la synthèse de Lebas (2004) et sur 542 essais d'alimentation menés entre 1973-2003, la méthode directe n'a été utilisée que dans 24 études avec 17 matières premières différentes. Par exemple, le foin de luzerne, son de blé, tourteau de tournesol et du sorgho peuvent être distribués aux animaux comme aliment pure, et leur valeur nutritive peut être déterminée directement (Villamide *et al.*, 2010). Aussi, la valeur nutritive des feuilles du murier (*Morus alba*), Sulla (*Hedysarum flexuosum*) et de la plante entière (*Pueraria phaseoloides*) est déterminée via la méthode directe par Deshmukh *et al.* (1993a et b) ; Kadi *et al.* (2012a) ; Akoutey *et al.* (2012) respectivement.

### 2.3.3.1.2 Méthode de substitution

Contrairement aux autres monogastriques, chez le lapin, la valeur nutritive de la majorité des matières premières ne peut pas être obtenue via la méthode directe en raison de leurs déséquilibres en nutriments par rapport aux besoins des lapins. En outre, quand elles sont distribuées comme seul aliment, le temps du transit digestif ainsi que l'ingestion peuvent changer en induisant une variation de la valeur nutritive (Fernandez-Carmona *et al.*, 1996). Pour pallier à cet inconvénient, elles doivent être incorporées dans des aliments composés avec un seul ou plusieurs taux ; c'est la méthode de substitution (Maertens *et al.*, 2002). Cette dernière consiste à remplacer une certaine quantité d'un régime de base par l'aliment à tester, et d'effectuer une mesure de digestibilité sur le régime de base et l'aliment expérimental ainsi constitué (Maertens et Lebas, 1989). Ces mêmes auteurs, rapportent qu'il est possible aussi de remplacer dans le régime de base une matière première dite de référence dont la digestibilité est connue par la matière première à tester ; c'est la méthode par différence. Par la méthode de différence, la digestibilité de la matière première est donc calculée pour l'énergie (ED) et les protéines brutes (PD). Selon Villamide (1996), l'énergie digestible est obtenue par la formule suivante :

$$EDt = (EDtd - (1 - P)EDbd)/P$$

*EDt* : ED de la matière à tester ;

*EDtd* : ED de l'aliment incluant la matière première à tester à la proportion *P* ;

*EDbd* : ED du régime de base ;

*P* : le taux de substitution de la matière première à tester dans le régime de base.

En utilisant un seul taux de substitution de 20 à 30 %, on obtient des valeurs énergétiques précises par différence pour les matières premières conventionnelles en alimentation du lapin (Villamide, 1996). Ce taux unique présente quelques inconvénients, puisqu'il existe des matières premières qui ne peuvent pas être incorporées à des taux supérieurs à 20% pour des

raisons nutritionnelles ou technologiques. Aussi, des interactions entre l'aliment expérimental et le régime de base peuvent exister et même être notoires (Maertens et Lebas, 1989). Pour toutes ces raisons, l'utilisation de plusieurs taux de substitution (4 et plus) est recommandée. Plusieurs appellations de la méthode : méthode de substitution en gammes ou méthode de dilution ou encore méthode de régression par référence à la régression linéaire pour décrire l'évolution des nutriments étudiés dans les aliments ; extrapolation à partir de l'équation calculée et du taux d'incorporation. Elle consiste à introduire la matière première à tester à plusieurs taux d'incorporation dans le régime de base (De Blas et Mateos, 2010). L'évolution de l'énergie digestible selon le taux d'incorporation est suivit par une analyse de régression. A travers cette dernière, la valeur de la matière première étudiée correspondant à une incorporation de 100% est ensuite estimée. Ainsi, en prenant comme référence l'ED du régime de base, on peut déterminer la valeur énergétique de la matière première par extrapolation à la substitution totale (De Blas et Mateos, 2010). Cependant, deux facteurs doivent être pris en compte en utilisant cette méthode ; d'une part, il y a le taux de substitution qui est le facteur principal qui conditionne la précision des estimations (Maertens et Lebas, 1989), et d'autre part, il y a le choix du régime de base (Villamide *et al.*, 2010). Ainsi, pour avoir des résultats fiables et probants il faut utiliser des taux de substitution les plus élevés possibles. Cependant, les facteurs biologiques doivent être considérée du moment que les taux élevée peuvent modifier l'utilisation digestive du régime de base ainsi que la précision de l'estimation (Villamide, 1996). La période d'adaptation des animaux à l'aliment expérimental est de 7 jours au moins (Villamide *et al.*, 2010). Les animaux sont alimentés *ad libitum* et l'ingestion de chaque lapin est mesurée pendant une période de 4 jours qui représente la période de l'essai de la digestibilité selon la méthode standardisée européenne de Perez *et al.* (1995). Les fèces sont collectées pour chaque lapin pendant ces 4 jours, et les fèces totales collectées sont récupérées dans le même bac individuel et conservés à -18°C. Pendant la collecte des fèces, il faut éviter d'inclure les poils perdus par les lapins ce qui peut affecter leur teneur en protéines. Pour le calcul de la digestibilité, un échantillon de chaque aliment ainsi que des fèces collectées sont analysées pour déterminer leurs taux de matières sèches (MS) et composition chimique. Pour avoir des résultats précis, des analyses dupliquées pour chaque échantillon sont recommandées. A la fin, on calcule pour chaque lapin une valeur de digestibilité apparente selon la formule suivante :

$$dMS (\%) = \left( \frac{MS_{ingérée} - MS_{excrétée}}{MS_{ingérée}} \right) * 100$$

### 2.3.3.2 Mesures indirectes : équations de prédiction

Vu les contraintes de la pratique de la méthode directe et la méthode indirecte sur le lapin vivant en croissance, des équations de prédictions sont développées pour calculer la valeur nutritive des aliments qui leur sont propres (Maertens et Lebas, 1989 ; Villamide et Fraga, 1998 ; Villamide *et al.*, 2009 ; Lebas, 2013). D'ailleurs, c'est la procédure la plus usitée en alimentation de lapin en croissance. Sur un total de 32 équations de prédictions, celles exposées ci dessous donnent de meilleures prédictions :

#### **A- Pour les protéines digestibles :**

Les équations de Villamide et Fraga (1998) :

$$1- \text{DCP (g/Kg MS)} = - 5,83 + 0,759 \text{ CP (g/k MS)}, (R^2= 0,945, \text{RSD} = 3,9, n = 15),$$

*NB : Equation spécifique aux matières premières sources d'énergie.*

$$2- \text{DCP (g/kg MS)} = - 55,3 + 0,941 \text{ CP (g/kg MS)}, (R^2= 0,936, \text{RSD} = 7,14, n= 18)$$

*NB : Equation spécifique aux sources de protéines.*

Equation de Villamide *et al.* (2009) :

$$3- \text{DCP (g/kg MS)} = - 4,82 + 0,826 \text{ CP} - 0,214 \text{ ADL (g/kg MS)}, (R^2= 0,84, \text{RSD} = 5,53, n = 111).$$

#### **B- Pour l'énergie digestible :**

Les équations de Fernandez-Carmona *et al.* (1996) :

$$1- \text{DE (MJ/Kg DM)} = 14,2 - 0,205 \text{ ADF} + 0,218 \text{ EE} + 0,057 \text{ CP (% MS)} \quad R^2= 0,965, \\ \text{RSD} = 0,494, n = 23)$$

*NB : Pour les sources d'énergie et les sources de protéines sauf les pulpes de betterave.*

$$2- \text{DE (MJ/Kg MS)} = 15,9 - 0,219 \text{ ADF (% MS)} \quad (R^2= 0,974, \text{RSD} = 0,391)$$

*NB : Pour les aliments complets.*

$$3- \text{DE (MJ/ Kg MS)} = 15 - 0,21 \text{ ADF} + 0,246 \text{ EE (ADF et EE en % MS)} \quad (R^2= 0,949, \\ \text{RSD} = 0,591)$$

*NB : Pour les aliments complets.*

#### **C- Pour le coefficient de digestibilité**

L'équation de De Blas *et al.* (1984) :

$$\text{ED (%) = } 2,84 + 0,96 * \text{DMS (%) } (R^2= 0,97, n = 30)$$

### **3. ETUDE EXPERIMENTALE**

#### **3.1 CONSIDERATIONS GENERALES**

##### **3.1.1 Collecte des échantillons**

La première étape de l'étude a consisté à mettre en place deux essais de digestibilité selon la méthode standardisée européenne de Perez *et al.* (1995). Le premier concerne les feuilles fraîches du frêne commun (*Fraxinus excelsior*) et le second les feuilles fraîches du frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*). Les feuilles de frêne sont collectées sur des arbres vigoureux durant la période d'automne et acheminées directement aux lapins, après un détour de moins de trois heures environ. Pour cela dix lapins de population locale dite « blanche » sont placés dans des cages grillagées individuelle équipées d'un système de récupération de la totalité de crottes et d'aliment refusé ou gaspillé par les animaux. Les animaux sont alimentés *ad libitum* durant tout l'essai. La période d'adaptation des animaux à l'aliment expérimental a été d'au moins une semaine. Les animaux sont alimentés *ad libitum* et l'ingestion de chaque lapin est mesurée pendant une période de 4 jours, qui représente la période de l'essai de la digestibilité. Les crottes sont collectées pour chaque lapin pendant ces 4 jours, et les crottes totales collectées sont récupérées dans le même bac individuel et conservés à -18°C. Pour le calcul de la digestibilité, un échantillon de chaque aliment ainsi que des fèces collectées sont analysées pour déterminer leurs taux de matières sèches (MS) et leurs compositions chimiques. Pour avoir des résultats précis, des analyses dupliquées pour chaque échantillon ont été retenues.

A la fin de chaque essai, nous avons constitué trois types d'échantillons : un échantillon de feuilles de frêne distribuées, un échantillon de feuilles de frêne refusées et dix échantillons de crottes propres à chaque lapin. Chaque jour de la période de collecte, la teneur de la matière sèche des deux échantillons de feuilles de frêne distribuées et refusées est déterminée au laboratoire en vue de connaître la quantité de matière sèche réellement ingérée par les lapins. Aussi, à la fin de chaque essai un échantillon de feuilles séchées de frêne refusé et distribué, ainsi que dix échantillons de crottes séchées sont constitués. Ces douze échantillons sont obtenus suite au séchage d'une partie des feuilles de frêne refusées et distribuées et de crottes pour chaque lapin dans une étuve à moins de 80°C. Et ce, en vue de constituer des échantillons pour une analyse classique au niveau du laboratoire d'analyse de l'INRA de Toulouse.

La deuxième étape a consisté à mettre en place un essai de digestibilité selon la méthode standardisée européenne de Perez *et al.* (1995). Cet essai concerne les feuilles de frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) séchées à l'ombre. Il a donc pour objet d'estimer par la méthode de régression sa concentration en énergie et protéine digestible pour le lapin en croissance, en mesurant la digestibilité d'aliments à taux d'incorporation croissant de feuilles de frêne à feuilles étroites.

Les feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*) ont été récoltées fraîches en automne et immédiatement séchées par étalage à l'ombre pendant une semaine. Ensuite, elles ont été broyées et acheminées vers l'unité de fabrication d'aliments de bétails SARL "production locale" à Alger pour les incorporer dans les aliments granulés expérimentaux. Un échantillon de feuilles de frêne a été prélevé à l'usine en vue d'en déterminer sa composition chimique. La valeur nutritive des feuilles de frêne a été étudiée en mesurant la digestibilité fécale de trois aliments granulés correspondant à un aliment témoin ; dit également régime de base (FFA0) et deux autres aliments (FFA20 et FFA 40) avec un taux d'incorporation croissant de feuilles de frêne. Le régime de base a été formulé pour répondre aux recommandations nutritionnelles des lapins en croissance selon De Blas et Mateos (2010). Celui-ci contient de l'orge, grignon d'olive, tourteaux de soja et son du blé. Les aliments contenant des feuilles de frêne ont été préparés en substituant le régime de base (sans minéraux et premix) avec 20 ou 40% de feuilles de frêne. Les minéraux et les premix ont été ajoutés aux trois aliments avec un taux fixe de 3%. Les mélanges ont été granulés à 4mm de diamètre et 9mm de longueur à l'aide d'une chaleur humide. 36 lapins de population locale blanche sevrés à 35 jours d'âge ont été utilisés pour déterminer la valeur nutritive de feuilles de frêne dans un clapier privé. Les animaux ont été logés dans des cages 76×46×30 centimètre (longueur, largeur et hauteur) et disposées en Flat-Deck. Elles ont été toutes équipées d'un système conçu pour récupérer la totalité de crottes.

Trois groupes de 12 lapins ont été constitués et assignés aux trois aliments granulés. Les lapins accédaient librement à la nourriture et à l'eau. Après une période d'adaptation de 12 jours, les fèces (crottes) ont été collectées de 45 à 49 jours d'âge. A la fin de l'essai 03 échantillons de trois aliments distribués, un échantillon de feuilles de frêne incorporé dans les deux aliments expérimentaux, ainsi que 36 échantillons de crottes séchées sont constitués. Ces quarante échantillons, sont obtenus suite à la conservation des quatre aliments et au séchage de crottes pour chaque lapin dans une étuve à moins de 80°C. Et ce, en vue de constituer des échantillons pour une analyse classique au niveau du laboratoire d'analyse à l'INRA de Toulouse en France.

### 3.1.2 Mesures effectuées sur les échantillons

La mesure de la teneur en nutriments des échantillons reçu a été réalisée au niveau du laboratoire de l'INRA de Toulouse en France et a permis une mesure précise de la teneur en nutriments de chacun des échantillons. Les résultats obtenus sont présentés dans les publications.

### 3.1.3 Essais in-vivo

La méthode la plus fiable de déterminer si une matière première peut être utilisée en alimentation du lapin est de le demander aux lapins eux-mêmes (Lebas, 2004). Pour cela, et pour le lapin en croissance, la valeur nutritive des matières premières peut être déterminée par plusieurs méthodes (Maertens et Lebas, 1989; Villamide, 1996; Villamide *et al.*, 2001, 2003, 2010) en procédant par des mesures de digestibilité fécale, dont la méthode a été standardisée en 1995 par le groupe EGRAN (Perez *et al.*, 1995). A noter que **les méthodes indirectes** sont le plus souvent utilisées pour estimer la valeur nutritive chez le lapin en croissance, et donc, **la méthode directe** demeure la moins utilisée, à cause du non équilibre des matières premières ; du point de vue nutritionnel par rapport aux exigences des lapins.

Dans le cadre de cette thèse, 03 essais ont été mis en place. Ces essais peuvent être regroupés en deux catégories : la première s'intéresse à la digestibilité de l'énergie et des protéines brutes via la méthode directe (essais 1 et 2), la seconde s'intéresse à la digestibilité de l'énergie et des protéines brutes via la méthode indirecte (essai 3). Les essais de mesure de la digestibilité fécale apparente ont été réalisés selon la méthode standardisée européenne de Perez *et al.* (1995). L'emploi d'aliments expérimentaux et témoins communs pour les essais de mesure de la digestibilité de l'énergie a été réalisée pour les lapins en croissance. Pour l'essai 1 et 2, les feuilles de deux espèces de frêne sont distribuées vertes et *ad-libitum* à l'ensemble des animaux. Par contre, dans l'essai 3 les feuilles de frêne à feuilles étroites sèches ont été incorporées à des niveaux différents de 20% et 40% dans l'aliment de base appelé également témoin dans cet essai. Les formules des aliments expérimentaux et de l'aliment de base sont rappelées dans les publications. Les phases expérimentales de ces essais se sont déroulées selon des protocoles comparables alternant une période d'adaptation au régime expérimental et une période de collecte des crottes.

Le travail expérimental sera présenté sous forme de trois projets d'articles scientifiques. La publication **01** (<http://www.ojaf.fr/main/>) concerne les données de mesure de la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites fraîches chez le lapin en croissance via la

méthode directe issues de l'essai 1. Dans la publication **02** (en préparation) seront présentés les résultats de mesure de la valeur nutritive des feuilles de frêne commun fraîches chez le lapin en croissance via la méthode directe issus de l'essai 2. La publication **03** (en préparation) portera sur la détermination de la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites sèches chez le lapin en croissance via la méthode indirecte issues de l'essai 3. Les résultats des trois essais seront confrontés dans une discussion générale, puis nous développerons des recommandations et des perspectives en vue d'incorporer les feuilles de frêne dans l'aliment granulé du commerce du lapin.

**3.2 PUBLICATION 01:** Nutritive value of ash leaves (*Fraxinus angustifolia*) for growing rabbits. *Online J. Anim. Feed Res.*, 7 (4): 72-78.

## Valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) pour les lapins en croissance

**RESUME :** Dans l'ensemble des élevages Algériens, de fortes contraintes existent vis-à-vis du développement des productions fourragères. Cette situation se manifeste par un regain d'intérêt pour l'exploitation des anciennes sources fourragères spontanées en alimentation de bétails. Le défi aujourd'hui est de repérer des alternatives aux sources conventionnelles importées, notamment en valorisant plusieurs ressources végétales dont regorge notre pays. C'est le cas des ligneux, les arbres fourragers notamment. Dans notre pays, le genre *Fraxinus* (frêne) comme arbre fourrager, est représenté principalement par deux espèces : *Angustifolia* et *Excelsior*. En Kabylie, elles sont utilisées pour engraisser les moutons de l'Aïd. Aussi, elles constituent la ration de base des herbivores ruminants durant la période allant du mois de juin au mois de novembre. Le principal obstacle à leur utilisation en alimentation animale en générale, et en particulier en alimentation cunicole est la méconnaissance de leur valeur alimentaire. Justement, l'objectif de la présente étude est de déterminer la valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus angustifolia*) récoltées en automne via la méthode directe dans la ration du lapin en croissance. Pour cela, 10 lapins de population locale (un lapin par cage), sevré à 35 jours d'âge (poids vif moyen:  $911 \pm 128$ g) ont été alimentés à volonté avec uniquement des feuilles de frêne fraîches durant les 16 jours de l'essai de digestibilité ; soit 12 jours pour la période d'adaptation et 04 jours pour la période de collecte. Les feuilles de frêne commun cueillies en automne, contiennent par kg MS : matière organique (MO) 89.3 ; protéines brutes (PB) 14.6 ; fibres au détergent neutre (NDF) 39,4 ; fibres au détergent acide (ADF) 28.3 ; lignine détergent acide (ADL) 16.1%. La digestibilité apparente de MS, MO, PB, NDF et ADF était de 75 ; 74 ; 67 ; 59 et 59 respectivement. La consommation moyenne quotidienne de matière sèche a été de 97 g, soit 106 g MS/kg PV et 104 g MS/kg PV<sup>0.75</sup>. Alors que celle des protéines digestibles a été de  $09.46 \text{ g} \pm 1.06$  (10.4 g/kg PV<sup>0.75</sup>) et celle de l'énergie digestible (DE) est de 1,39 MJ (1,49 MJ/kg PV<sup>0.75</sup>). Cette quantité d'éléments nutritifs digestibles a permis de satisfaire les besoins d'entretien. La concentration d'un kilogramme de matière sèche de feuilles de frêne en énergie digestible a été estimée à  $13,6 \pm 0,9$  MJ et celle des protéines digestibles à  $98 \pm 10,43$  g. Par conséquent, les feuilles de frêne commun (*Fraxinus angustifolia*) récoltées en automne peuvent être recommandées comme une source véritable d'énergie et de fibre en alimentation de lapin de chair.

**Mots clés :** feuilles de frêne, *fraxinus angustifolia*, digestibilité, valeur nutritive, automne.

## NUTRITIVE VALUE OF ASH LEAVES (*Fraxinus angustifolia*) FOR GROWING RABBITS

Farid DJELLAL<sup>1</sup>✉, Si Ammar KADI<sup>2</sup>, Toufik MADANI<sup>1</sup>, Khaled ABBAS<sup>3</sup>, Carole BANNELIER<sup>4</sup> and Thierry GIDENNE<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Département d'Agronomie, FSNV, Université Ferhat Abbas, UN1901, Sétif, Algérie

<sup>2</sup>Département des Sciences Agronomiques, Université M. MAMMERRI, UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie

<sup>3</sup>INRAA, Antenne de Sétif, 19000, Algérie

<sup>4</sup>GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France

✉Email: fariddjellal@yahoo.fr

---

**ABSTRACT:** The digestibility and nutritive value of ash (*Fraxinus angustifolia*) leaves, harvested in autumn was determined (direct method), using ten rabbits (individually caged) weaned at 35d old (mean body weight: 911g) fed ad libitum only fresh ash leaves during 16 days. Ash leaves composition was organic matter (OM) 89.3%, crude protein (CP) 14.6%, neutral detergent fibre (NDF) 39.4, acid detergent fibre (ADF) 28.3, acid detergent lignin (ADL) 16.1% on dry matter (DM) basis. The faecal digestibility of the ash leaves was measured between 48 and 52 days old. The digestibility of OM, CP, NDF and ADF were 74, 67, 59 and 59%, respectively. The concentration of digestible energy and digestible protein of the ash leaves was estimated to 13.6±0.90 MJ/kg DM and 98±10.43 g/kg DM, respectively. In general, ash leaves harvested in autumn could be considered as a good source of fibre and energy for the growing rabbit. Therefore, incorporating ash leaves moderately in a pelleted and balanced diet with a sufficient level of ingestion should be considered in ration formulation of growing rabbits.

**Keywords:** Ash leaves, *Fraxinus angustifolia*, nutritive value, autumn, digestibility, growing Rabbits

---

### 3.2.1 Introduction

In Algeria, the quality of the dominant forage is often too poor to satisfy the nutritional requirement of the growing rabbit. Furthermore, this situation generates a supplementation with imported concentrates thus increasing the costs. Moreover, the fibres levels are generally too low to meet the fibre requirement of the growing rabbit (Gidenne *et al.*, 2015). New low-cost alternatives fibre sources are thus needed such local high-fibre materials and non-conventional forage. Indeed, tree leaves has been shown to be one possible alternative.

Fodder trees are exploited in animal feeding especially for ruminants. Leaves and twigs can be grazed directly or cut and distributed to the animals (El Shaer, 2000). Ash (*Fraxinus sp.*) is one of those fodder trees exploited in the whole Mediterranean area. *Fraxinus angustifolia* Vahl, synonym of *Fraxinus oxycarpa* Willd and *Fraxinus rotundifolia* Mill. subsp. *rotundifolia*, is a medium-sized tree also known as ash, narrow leaf ash, narrow-leaved ash or desert ash. It's native to North Africa and south-western Europe and covers central-southern Europe and northwest Africa, up to the Caucasus (Caudullo and Houston Durrant, 2016). In Kabylia (Algeria), *F. angustifolia* is the most available species of ash, and very common in garden, where it is planted in borders of plots and street ornamental tree (Kadi and Zirmi-Zembri 2016). Several researchers reported its nutritional and medicinal benefits in many articles (Belkadi *et al.*, 2015; Moulaoui *et al.*, 2015; Ayouni *et al.*, 2016).

Ash leaves has been reported to be a valuable component in ruminants feed due to its adequate content in energy and protein (Bourbouze, 1980). It's used in feeding of goats (Masson *et Decaen*, 1980; Bourbouze, 2005); sheep (Pereira *et al.*, 2008) and cattle (Vergara *et al.*, 2007).

As an herbivore, rabbit is known to valorise roughage and fibrous resources. Several studies (Raharjo *et al.*, 1986, Deshmukh *et al.*, 1993a) have reported the possibility of incorporating tree leaves in rabbit diets. As everywhere in the world, tree leaves are used as fodder source for rabbits in traditional farms in Algeria (Saidj *et al.*, 2013). However, the traditional knowledge about use of plants was not well explored (Lukefahr and Cheek, 1990).

Several studies (Raharjo *et al.*, 1986; Deshmukh *et al.* 1993a; Kadi, 2012) have reported the possibility of incorporating tree leaves in rabbit diets. Nevertheless, their nutritive value is not available in feed tables; which is the case of most natural herbaceous fodders, where even the data about their chemical composition is scarce (Kadi and Zirmi-

Zembri, 2016). With 16.4 % of crude protein (Villar et al., 2006) and 12 to 15% of ADL (Petisco *et al.*, 2005), ash leaves would fit the minimal nutrient requirement of growing rabbits reported by Gidenne et al. (2015). Accordingly, we aimed to determine, via the direct method (Villamide et al., 2010), the nutritive value for growing rabbits of the fresh ash (*Fraxinus angustifolia*) leaves harvested in autumn.

### 3.2.2 Materials and methods

#### Animals and diets

Ten local white rabbits, weaned at 35 d of age (mean weight:  $911 \pm 128$  g) and placed in wire mesh individual cages ( $56 \times 38 \times 28$  cm) in flat deck disposition, were used to assess the nutritive value of ash leaves. The study complied with the University of Tizi-Ouzou guidelines on ethical standards. The green leaves of ash tree (*Fraxinus angustifolia*) were harvested manually, daily in the morning and distributed *ad libitum* as sole feed for the rabbits (Figure 1). Permanent access to clean fresh water is available using an automatic watering. Samples of ash leaves were collected throughout the digestibility trial period, mixed and stored in polyethylene bag at  $-20$  °C until the chemical analysis.



**Figure 1 - Preparation of leaves tufts after weighing (A) and suspension in the cage (B)**

#### Digestibility trial

After a 12 days adaptation period (52 d old), rabbits were used for the digestibility trial, following the European reference method described by Perez et al. (1995). The cages were equipped with a wire net under the floor to collect individually and totally the hard faeces during a 4-day period. Faeces were stored daily in polyethylene bags at  $-20$  °C until chemical analysis. Two samples of ash leaves were collected every day during the 4 days. The first sample is collected at the moment of the distribution for rabbits. The second concern the daily ash leaves refused in order to determine their dry matter.

### **Analytical methods**

The chemical analyses were performed at INRA of Toulouse (UMR 1388 GenPhySe, France). Dry matter, crude ash, crude protein (N x 6.25), energy (adiabatic calorimeter Parr), Van Soest fibre (NDF, ADF and ADL) were measured on ash leaves and faeces according to EGRAN harmonised procedures (EGRAN, 2001).

### **Statistical analysis**

The results obtained were treated using Excel 2013 Microsoft® software. Because only one diet was used, the results are presented with only mean and standard error and without any statistical test. Apparent digestibility coefficients for dry matter, organic matter, crude protein, gross energy, neutral detergent fibre and acids detergent fibre of ash leaves were determined for each animal as:

$$\text{Apparent digestibility} = (\text{NI} - \text{NFE}/\text{NI}) * 100$$

Avec : **NI**=Nutrient intake et **NFE**=Nutrient fecal excretion

## **3.2.3 Results and discussion**

### **Chemical composition**

According to their chemical composition (Table 1), ash tree leaves seem to be relatively balanced feedstuff for rabbits. Indeed, their crude protein content was interesting (147 g/kg DM) for fresh tree leaves and close to that of some raw material reported in EGRAN tables by Maertens et al. (2002) and usually incorporated in rabbit diets. It is the case of some cereal by-product as wheat bran, wheat feed and rice bran but especially for that considered as fibrous feedstuffs. However, the value of CP content in ash leaves was higher than those obtained by Ibrahim et al. (2011) who reported that CP content of lemon pulp, orange pulp and yellow corn was 70.4, 64 and 77 g/kg DM, respectively. However, it is extensively lower when compared to the four other legumes: *Leucaena leucocephala*, *Moringa oleifera*, *Gliricidia sepium* and *Enterolobium cyclocarpum*: 298, 245, 269 and 287 vs 147 g/kg DM, respectively (Abu and Turner 2016). They contain more protein (131 g/Kg if reconsidered for 90% DM as in EGRAN tables of Maertens et al., 2002) than Alfalfa meal 12 (126 g/Kg), Beet pulp (90 g/kg), Citrus pulp (59 g/Kg), Olive leaves (90 g/Kg) or carob meal (47 g/Kg). Villar et al. (2006) reported a level of 16.3 % of crude protein for *F. angustifolia* leaves harvested in Cordoba (Spain). While, surprisingly, Mebirouk-Boudechiche et al. (2015) pointed out a rate of 22.6g/kg DM for *F. angustifolia* leaves in eastern Algeria, probably because the samples were collected in spring.

For instance, ash leaves can be considered as fibre source (NDF: 394 g/kg DM, ADF: 283 g/kg DM, ADL: 161 g/kg DM). Petisco et al. (2005) reported a rate of 14.3 % of lignin for those ash leaves. According to Gomez and Fillat (1984), the chemical composition of ash leaves depends on the period in which they are harvested and their digestibility decreases if they are cut in September and October compared with month of August.

**Table 1 - Composition of fresh ash leaves (*Fraxinus angustifolia*) given as a sole ration for growing rabbits in this study compared to Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and Lucerne hay (*Medicago sativa*)**

Items	Ash leaves composition <sup>1</sup>		Sulla hay ( <i>Hedysarum flexuosum</i> ) <sup>2</sup>	Lucerne 15 hay ( <i>Medicago sativa</i> ) <sup>3</sup>
	g/kg raw basis	g/kg DM	g/kg DM	g/kg DM
Dry Matter (DM)	410	–	–	–
Organic matter (OM)	366	893	859	890
Crude ash	44	107	141	110
Crude protein (CP)	60	146.7	166	170
Neutral detergent fibre (NDF)	162	394	495	464
Acid detergent fibre (ADF)	108	283	381	362
Acid detergent lignin (ADL)	62	161	90	81
Energy (MJ/kg)	7.95	19.39	17.03	-

<sup>1</sup>Sample of ash offered during the digestibility period; <sup>2</sup> Kadi et al. (2011); <sup>3</sup> Maertens et al. (2002).

Moreover, it is known that the fibrous feedstuffs that contain amounts of protein are scarce. According to Carabano and Fraga (1992), fibrous raw materials containing a significant amount of protein are very suitable for rabbit feeding. It's precisely the case of fresh ash leaves which contain appreciable amounts of protein (146.7 g/kg DM), fibre (ADL: 161 g/kg DM) but also energy (19.4 MJ/kg DM). Indeed, protein content of the fresh ash leaves studied here are higher than that obtained by Deshmukh et al. (1993b) for coastal Bermuda grass (116 g/kg DM) and El Shaer (2000) for *Acacia saligna* (125 g/kg DM). This amount of protein is close of those of reference legume such as Lucerne and Sulla hay (Table 1). Therefore, those amounts of proteins and fibre justified the use of direct method for estimating the nutritive value of those leaves for the growing rabbits.

### Consumption and digestibility

Ash leaves were appreciated by rabbits and were much consumed (Figure 2). The amount of intake of ash leaves recorded here (97 g DM/day, Table 2) is higher than the one (78.5 g DM/day) reported for herbage intake by Martin et al. (2016). The fresh intake thus reached 236 g as fed/day indicating a high intake capacity of the rabbit for fresh forages. According to Lebas (2013), the maximum intake capacity of rabbit per day is about 5 to 9% of its live weight expressed as dry mater. But, with fresh products such as green forage, the maximum intake capacity is about 20-25% of live weight, calculated on as feed basis (Lebas, 2013). Effectively, the daily intake (236 g as fed/day) recorded in this study was about 25%

of the live weight (911 g). Contrary to ruminants, in the rabbit an increase of diet's fiber content increases the speed of transit, allowing the animal to increase also its feed intake (Lebas, 2013). Effectively, ash leaves are high fibrous source which could increase their consumption by the rabbits. Moreover, Fraga et al. (1991) reported that fresh forages stimulate stomach growth, which accounted for subsequent higher feed intake capacity compared to rabbits fed only pellets. According to De Blas et al. (1985), the requirements in terms of Digestible Crude Protein/Digestible Energy (DCP/DE) ratio for maintenance are close to 6.8 g MJ/d. The daily average intake of DCP and DE were 9.52 g and 1.32MJ, respectively, which implies that Ash leaves assure the maintenance requirements for rabbit (average daily gain of 2 g during 13 days).



**Figure 2 - Ash leaves at moment of distribution (Photo A) and one day after (Photo B)**

The apparent digestibility coefficient of energy (Table 2) of ash leaves was 70%. It was slightly higher to the norms generally recorded with forages, which vary from 45 to 65 % (Villamide et al., 2010). The faecal digestibility of ash leaves energy was high (70%) and higher to those obtained by Raharjo et al. (1986) for all the species they studied. The energy of those leaves was much better digested than that (51.6%) of a fresh legume as *Sulla felexuosa* (*Hedysarum flesuousm*, Kadi et al., 2012). This digestibility coefficient of energy is also higher than that reported by Perez (1994) who obtained a coefficient ranged from 42.5 to 58.9% for twelve batches of lucerne differing by their protein (16 to 26% DM) and crude fibre content. The faecal digestibility of ash leaves protein was 67%, a classical normal value for forages. It's similar to the values obtained with direct method and reported in the bibliography for ryegrass (67 %)(Fernandez-Carmona et al., 2001); but slightly higher than that of Lucerne (64%) (Fernandez-Carmona et al., 1998) or *Sulla flexuosa* (64%) (Kadi et al., 2012) and slightly lower than that of *Leucaena leucocephala* leaves (75.9%) (Raharjo

et al., 1986). NDF and ADF digestibility were high (59%) probably due to a high level of digestible fibres such as pectins (Gidenne et al., 2010). A slight live weight loss during the digestibility trial is recorded (Table 2) as often observed in the first weeks of several studies (Raharjo et al., 1986; Deshmukh et al., 1990; Deshmukh et al., 1993b) when forage was fed as sole diet for rabbits. Accordingly, as reported by Deshmukh et al. (1990), a minimum adaptation period of at least three weeks is necessary to rabbits when they are fed solely by forage to see a trend of increase in body weight.

**Table 2 - Body weights, feed intake and digestibility coefficients of the fresh ash leaves (*Fraxinus angustifolia*) given as a sole ration for growing rabbits.**

Items	Weight and feed intake		Digestibility (%)	
	Mean	SE	Mean (%)	SE
Initial body weight (g)	911	52		
Final body weight (g)	903	77		
Ash leaves intake (g DM/day)	97	04		
Ash leaves intake (g as fed/day)	236	10		
Dry Matter (DM)			75	1.6
Organic matter (OM)			74	1.6
Crude protein (CP)			67	2.9
Neutral detergent fibre (NDF)			59	2.4
Acid detergent fibre (ADF)			59	2.4
Energy			70	2.0

### Nutritive value

The digestible energy (DE) was 13.6 MJ/kg DM. The standard error calculated by the equation proposed by Villamide (1996) was 0.36 (Table 3).

While comparing this value to those returned in the EGRAN tables (Maertens et al., 2002), it appears that this value is higher to the value of oat seed, cereals by-products (gluten feed and wheat shorts) and oils meals (palm cake). Also, it is located at the neighborhood of the beet molasses and lupin. The digestible proteins (DP) was 98.0g DP/kg DM (Table 3) with a standard error of 10.43 according to the equation of Villamide (1996). The ash leaves have more digestible proteins than the sundried maize whole plant silage (44 vs. 98) and less than the brewer's grain (157 vs. 98) used like raw materials at the formulation of two complete diets by Guermah and Maertens (2016). In most publications on the rabbit nutrition, the formulation of balanced diets take into account the ratio is expressed by the report digestible proteins on the energy digestible (Gidenne et al., 2015). The ratio DP/DE calculated in this study was lower to the optimum recommended by Maertens (1996) and that is of 45-46 g digestible protein/1000 kcal of DE. This slightly low report (45 vs. 30) is assigned to digestible energy excess in relation to the quantity of digestible proteins of ash leaves.

**Table 3 - Nutritive value of fresh Ash leaves (*Fraxinus angustifolia*)**

Items	Dietary nutritive value	
	Mean	SE
Digestible Energy or DE (MJ/Kg DM)	13.59	0.36
Digestible Protein or DP (g/Kg DM)	98.08	4.26

### 3.2.4 Conclusion

The nutritive value of fresh ash (*Fraxinus angustifolia*) leaves harvested at autumn season and estimated by direct method was  $13.6 \pm 0.90$  MJ DE/kg DM and  $98.1 \pm 10.43$  g DP/kg DM. The ash leaves can be considered as fibrous source for growing rabbits. They are capable of supplying the maintenance requirements and perhaps also for production after an adaptation period. Their moderate incorporation in a pelleted and balanced diet (about 20%) with a sufficient level of ingestion, those ash leaves can become a good source of fibers and energy.

Besides, those results seem interesting and must be confirmed especially by the regression method proposed by Villamide et al. (2001). Moreover, the optimal incorporation level in a diet should be studied using balanced diets and measuring growth performances and health of the growing rabbits.

### Acknowledgements

The authors thank Djebali family and Yazid Louchami who placed at their disposal the rabbitry and equipment. They also thank Muriel Segura for her assistance in biochemical analyses in INRA GePhySE laboratory (Toulouse, France).

### Author's contribution

All authors contributed equally to this work.

### Competing interests

The authors declare that they have no competing interests.

### 3.2.5 References

Abu OA and Turner LS (2016). Chemical Composition of Some Tropical Forages and Coefficient of Preference in Rabbits. 11<sup>th</sup> World Rabbit Congress, June, Qingdao, China, 357-360

- Acedo-Rico J, Méndez J and Santomá G (2010). Feed Manufacturing. *In: De Blas C Wiseman Journal (Eds). The Nutrition of the Rabbit. CABI Publishing. CAB International, Wallingford Oxon, UK, 200-221.*
- Ayouni K, Berboucha-Rahmani M, Kim HK, Atmani D, Verpoorte R and Choi YH. (2016). Metabolomic tool to identify antioxidant compounds of *Fraxinus angustifolia* leaf and stem bark extracts. *Industrial Crops and Products*, 88: 65-77.
- Belkadi H, Mezaache-Aichour S, Arrar L and Zerroug MM (2015). Antifungal activity of the methanolic extract of ash *Fraxinus angustifolia*. *5<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur les Méthodes Alternatives de Protection des Plantes, 11-13 mars, 2015, Nouveau Siècle, Lille, France*, 123-126. Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
- Bourbouze A (1980). L'élevage dans la montagne marocaine. Organisation de l'espace et utilisation des parcours par les éleveurs du Haut Atlas. *Institut National Agronomique & Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Paris Grignon & Rabat*, 322 p.
- Bourbouze A (2005). Stratégies des éleveurs et politiques forestières dans les montagnes méditerranéennes : du conflit à la conciliation. *In: Georgoudis A, Rosati A and Mosconi C (Eds.). Animal production and resources utilization in the Mediterranean mountain areas. E.A.A.P., Greece*, 521-531.
- Carabano R and Fraga MJ (1992). The use of local feeds for rabbits. *Options Méditerranéennes, Série Séminaires*, 17 : 141-158.
- Caudullo G and Houston Durrant T (2016). *Fraxinus angustifolia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *In: San-MiguelAyanz J, de Rigo D, Caudullo G, Houston Durrant T and Mauri A (Eds.), European Atlas of Forest Tree Species. [http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Fraxinus\\_angustifolia.pdf](http://forest.jrc.ec.europa.eu/media/atlas/Fraxinus_angustifolia.pdf)*
- De Blas JC, Fraga MJ and Rodríguez JM (1985). Units for feed evaluation and requirements for commercially grown rabbits. *Journal of Animal Science*, 60: 1021-1028.
- Deshmukh SV, Pathak NN and Johari SB (1990). A note on the nutritional evaluation of pre-flowering oat forage for rabbits. *Journal applied Rabbit Research*, 13: 93-94.
- Deshmukh SV, Pathak NN, Ranched SR and Deahmukh SS (1993a). Voluntary intake, digestibility and nutritive value of coastal Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) employed as sole feed for rabbits. *World rabbit Science*, 1: 109-111. <http://ojs.cc.upv.es/index.php/wrs/article/download/202/189>

- Deshmukh SV, Pathak NN, Takalika DA and Digra SK (1993b). Nutritional effect of mulberry (*Morus alba*) leaves as sole ration of adult rabbits. *World Rabbit Science*, 1: 67- 69.  
<http://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/196/183>
- EGRAN (2001). Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Science*, 9: 57- 64.  
[http://www.wrs.upv.es/files/guides/egran\\_chemical.pdf](http://www.wrs.upv.es/files/guides/egran_chemical.pdf)
- El Shaer H (2000). Utilization of *Acacia saligna* as livestock fodder in arid and semi -arid areas in Egypt. In: Sulas L (Eds.). *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Cahier Options. Méditerranéennes*, 45: 213-217.  
<https://om.ciheam.org/om/pdf/c45/00600199.pdf>
- Fernandez-Carmona J, Bernat F, Cervera C and Pascual JJ (1998). High lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Science*, 6: 237-240.  
<http://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/download/350/337>
- Fernandez-Carmona J, Cervera C, Moya J and Pascual JJ (2001). Feeding rey grass hay to growing rabbits, a note. *World Rabbit Sciences*, 9: 95-99.  
<http://www.polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/451/438>
- Fraga MJ, Ayala PP, Carabano R and De Blas JC 1991. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *Journal of Animal Science*, 69:1566-1574
- Gidenne T, García J, Lebas F and Licois D (2010). Nutrition and Feeding Strategy: Interactions with Pathology. In: De Blas C and Wiseman Journa (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. CAB International, Wallingford Oxon, UK, 179-199. [http://Gidenne T, Lebas F, Savietto D, Dorchie P, Duperray J, and Davoust C et al. \(2015\). Nutrition et Alimentation in: Le Lapin: De la biologie à l'élevage \(Gidenne T ed.\), Quae publ.137-182](http://Gidenne T, Lebas F, Savietto D, Dorchie P, Duperray J, and Davoust C et al. (2015). Nutrition et Alimentation in: Le Lapin: De la biologie à l'élevage (Gidenne T ed.), Quae publ.137-182)
- Gomez García D and Fillat F. 1984. Utilisation du Frêne comme arbre fourrager dans les Pyrénées de Huesca. *Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude : documents d'écologie pyrénéenne*, vol. III-IV: 481-489.  
[http://digital.csic.es/bitstream/10261/108388/1/Gomez\\_utilisation\\_frêne\\_1984.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/108388/1/Gomez_utilisation_frêne_1984.pdf)
- Guermah H and Maertens L. (2016). Feeding value of brewer's grain and maize silage for rabbits. 11<sup>th</sup> World Rabbit Congress, 2016 June, Qingdao, China, 397-400

- Ibrahim MR, El-Banna HM, Omara II and Marwa AS (2011). Evaluation of Nutritive Value of Some Citrus Pulp as Feedstuffs in Rabbit Diets. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10 (7): 667-674.
- Kadi SA (2012). Alimentation de lapin de chair : Valorisation de sources de fibres disponible en Algérie. *Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie)*, 143 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01184579/document>
- Kadi SA, Belaidi-Gater N, Oudai H, Bannelier C and Berchiche M and Gidenne T. (2012). Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits. In *Proceeding 10<sup>th</sup> World Rabbit Congress, 2012 September, Sharm El-Sheikh, Egypt*, 507-511. <https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2012-Egypt/Papers/03-Nutrition/N-Kadi-01.pdf>
- Kadi SA, 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 Science*, 19:151-159. <http://ojs.cc.upv.es/index.php/wrs/article/download/848/931>
- Kadi SA and Zirmi-Zembri N. (2016). Valeur nutritive des ressources fourragères utilisées en Algérie. 2- Les arbres et arbustes fourragers; *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 28:146. [http://www.lrrd.org/lrrd28/8/v\\_anh28\\_146.html](http://www.lrrd.org/lrrd28/8/v_anh28_146.html)
- Lebas F (2013). Feeding medium strategy for small and medium scale rabbit units. 3<sup>rd</sup> International conference on rabbit production in Indonesia. 3<sup>rd</sup> conference of Asian rabbit production association, Bali, Indonesia. August 27-29. <http://www.cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2010-2020/2013-Oral-Presentation-Lebas-Feeding%20strategy.pdf>
- Lukefahr SD and Cheeke PR. (1990). Rabbit project planning strategies for developing countries. (1) Practical considerations. *Livestock Research of Rural Development*, Vol. 2:22. <http://www.lrrd.org/lrrd2/3/cheeke1.htm>
- Maertens L (1996). Nutrition du lapin : connaissance actuelle et acquisition récente. *Cuniculture*, 127, 23 (1): 33-35.
- Maertens L, Perez JM, Villamide M, Cervera C, Gidenne T and Xiccatto G (2002). Nutritive value of raw materials for rabbits: EGRAN tables 2002. *World Rabbit Science*, 10: 157-166. <https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/488/475>

- Martin G, Duprat A, Goby JP, Theau JP, Roinsard A, Descombes M et al. (2016). Herbage intake regulation and growth of rabbits raised on grasslands: back to basics and looking forward. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 1-10.
- Masson C and Decaen C (1980). Composition chimique et valeur alimentaire des jeunes pousses de peuplier (*Populus*) et de frêne (*Fraxinus*). *Annales de Zootechnie*, 29 :195-200. <https://hal.inria.fr/docs/00/88/79/53/PDF/hal-00887953.pdf> ,
- Mebirouk-Boudechiche L, Abidi S, Cherif M and Bouzouraa I (2015). Digestibilité in vitro et cinétique de fermentation des feuilles de cinq arbustes fourragers du nord est algérien. *Revue Méditerranéenne Vétérinaire*, 166, 11-12 : 350-359. [http://www.revmedvet.com/2015/RMV166\\_350\\_359.pdf](http://www.revmedvet.com/2015/RMV166_350_359.pdf)
- Moulaoui K, Caddeo C, Manca ML, Castangia I, Valenti D, Escribano E et al. (2015). Identification and nanoentrapment of polyphenolic phytocomplex from *Fraxinus angustifolia*: in vitro and in vivo wound healing potential. *European journal of medicinal chemistry*, 89: 179-188. [http://www.academia.edu/download/45151728/Identification\\_and\\_nanoentrapment\\_of\\_pol20160427-8983-3hm0xp.pdf](http://www.academia.edu/download/45151728/Identification_and_nanoentrapment_of_pol20160427-8983-3hm0xp.pdf)
- Pereira E, Castro M and Castro J (2008). The role of scattered Narrow-leaved ash of lameiro systems on livestock production in Northeast Portugal. *COST E42, Growing Valuable Broadleaved Tree Species (ValBro)*. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/5659>
- Perez JM (1994). Digestibilité et valeur énergétique des luzernes déshydratées pour le lapin : influence de leur composition chimique et de leur technologie de préparation. *Proceeding des 6emes Journées de la Recherche Cunicole*, 6–7 Décembre 1994, La Rochelle, France, 2, 355–364.
- Perez JM, Lebas F, Gidenne T, Maertens L, Xiccato G, Parigi-Bini R et al. (1995). European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 3: 41-43. <https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/239/226>
- Petisco C, Rodríguez Vázquez de Aldana B, Zabalgoeazcoa I, García Criado B and Mediavilla S (2005). Determination of lignin and cellulose content in leaves of woody plants by NIRS: comparison of statistical methods. In *Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 45, Gijón (España), 28 May-3 Jun 2005. SERIDA.

- Raharjo Y C, Cheeke PR, Patron NM and Supriyati K (1986). Evaluation of tropical forages and by-product feeds for rabbit production. I. Nutrient digestibility and effect of heat treatment. *Journal Applied Rabbit Research*, 9: 56-66.
- Saidj D, Aliouat S, Arabi F, Kirouani S, Merzem K, Merzoud S et al. (2013). La cuniculture fermière en Algérie : une source de viande non négligeable pour les familles rurales. *Livestock Research of Rural Development*, Volume: 25, 138. <http://www.lrrd.org/lrrd25/8/said25138.htm>,
- Vergara P., Aguirre JI and Fargallo JA (2007). Economical versus ecological development: a case study of white storks in a cattle farm. *Ardeola*, 54 (2): 217-225. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2576818&orden=1&info=link>
- Villamide MJ (1996). Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. *Animal Feed Science Technology*, 57: 211-223.
- Villamide MJ, Maertens L, Cervera C, Perez JM and Xiccato G (2001). A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbit Science*, 9: 19-26. <http://ojs.cc.upv.es/index.php/wrs/article/viewFile/442/429>
- Villamide MJ, Maertens L and De Blas C (2010). Feed evaluation. In: *De Blas C Wiseman Journal (Eds). The Nutrition of the Rabbit. CABI Publishing. CAB International, Wallingford Oxon, UK, 151-162*
- Villar R. Robleto JR, De Jong Y and Poorter H (2006). Differences in construction costs and chemical composition between deciduous and evergreen woody species are small as compared to differences among families. *Plant, Cell & Environment*, 29(8) : 1629-1643.

**3.3 PUBLICATION 02** : Digestibilité et valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) fraîches récoltées en automne pour les lapins en croissance. *Article en préparation.*

# Digestibilité et valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) fraîches récoltées en automne pour les lapins en croissance

Djellal F.<sup>1\*</sup>, Kadi S.A.<sup>2</sup>, Madani T.<sup>1</sup>, Abbas K.<sup>3</sup>, Gidenne T.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departement d'agronomie, FSNV, Université Ferhat Abbas-UFAS-1- 19000, Sétif, Algérie

<sup>2</sup>Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université M. MAMMERY, UN1501, Tizi-Ouzou, Algérie

<sup>3</sup>INRAA, Antenne de Sétif, 19000, Algérie

<sup>4</sup>GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, INP-ENVT, Castanet Tolosan, France

\*Corresponding author: fariddjellal@yahoo.fr

**ABSTRACT:** Ten local Algerian white rabbits, weaned at 44d old (mean body weight: 881± 54g individually caged, were used to determine the nutritive value, by direct method, of fresh Ash leaves (*Fraxinus excelsior*) harvested in autumn season. Fresh green Ash leaves containing organic matter (MO) 87.9, crude proteins (CP) 13.1, NDF 42.0, ADF 25.9 and ADL 12.0 % on dry matter (DM) basis, were harvested daily and distributed *ad libitum* as sole ration for the rabbits during 16 days for digestibility assay ; 12 days for the adaptation period and 04 days for collection period. The faecal digestibility of the Ash leaves was measured between 48 and 51 day sold. All nutrients had a high coefficient of digestibility. The digestibility of OM, CP, NDF and ADF were 65, 61, 50 and 44% respectively. The estimated concentration of digestible energy (DE) and digestible crude protein (DCP) of the Ash leaves was 11.86 ± 0.50 MJ and 79.72 ± 3.96 g/kg DM respectively. The individual daily DM intake was 118.58 g, 145 g per kg body weight and 152 g per kg metabolic weight. With an average daily ingestion of 1.41 ± 0.16 MJ of DE and 9.46 ± 1.06 g of DCP, the rabbits covered well their maintenance requirements, with even positive daily body weight gain during the trial period. Therefore, the Ash leaves (*Fraxinus excelsior*) harvested in autumn can be considered as an energy and fibre source for growing rabbits.

**Key words:** rabbit, autumn, fresh Ash leaves (*Fraxinus excelsior*), nutritive value, digestibility

**RÉSUMÉ :** Dix lapins de la population locale sevrés à 44 j d'âge (poids vif moyen :  $881 \pm 54$ g) et logés individuellement dans des cages grillagées, ont été utilisés pour déterminer la valeur nutritive de feuilles fraîches de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) récoltées en automne via la méthode directe. Les feuilles de frêne commun fraîches contenant dans la matière sèche (MS): matière organique (MO) 87.9, protéines brutes (PB) 13.1, neutral detergent fiber (NDF) 42.0, acid detergent fiber (ADF) 25.9 et acid detergent lignin (ADL) 12%, ont été récoltées quotidiennement et distribuées *ad-libitum* comme seul aliment pour les lapins pendant 16 jours de l'essai de la digestibilité: 12 jours pour la période d'adaptation et 04 jours pour la période de collecte. La digestibilité fécale apparente des feuilles de frêne a été mesurée entre 48 et 51 jour d'âge. Tous les éléments nutritifs avaient un bon coefficient de digestibilité : la digestibilité de la MO, PB, NDF et ADF étaient 65, 61, 50 et 44% respectivement. La concentration de l'énergie digestible (ED) et protéine brute digestible (PBD) des feuilles de frêne commun a été estimée à  $11.86 \pm 0.50$  MJ et  $79.72 \pm 3.96$  g/kg MS respectivement. La consommation alimentaire quotidienne en MS par lapin était de 118.58 g, soit 145 g/kg PV et 152 g/kg PV<sup>0.75</sup>. Avec une consommation moyenne quotidienne de  $1.41 \pm 0.16$  MJ d'ED et  $9.46 \pm 1.06$  g de PBD, les lapins ont largement couvert leurs besoins d'entretien, avec même un léger gain du poids pendant toute la période de l'essai. Par conséquent, les feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) récoltées en automne peuvent être utilisées comme une source d'énergie et de fibre pour les lapins en croissance.

**Mots clefs :** lapin, automne, feuilles de frêne fraîches (*Fraxinus excelsior*), valeur nutritive, digestibilité.

### 3.3.1 Introduction

Les aliments complémentaires constituent la contrainte principale au développement de la production de bétails en Algérie, d'où l'intéressement des fermier à réhabiliter les anciennes ressources et pratiques alimentaires. Ces systèmes alimentaires alternatifs visent à mobiliser des ressources naturelles abandonnées, comme les arbres fourragers à usage polyvalents en vue d'améliorer la productivité des élevages. En plus de leur rôle dans la fixation des sols et l'amélioration de leur fertilité, les arbres cultivés peuvent être exploités comme nourriture pour les êtres humains et le batail (Cazzato *et al.*, 1994).

Dans beaucoup de situations, les feuilles des arbres sont utilisées particulièrement pour nourrir les femelles de ruminants en pleine lactation (Khanal et Subba, 2001). Cependant, des fermiers de l'Afrique de l'Est rapportent que la biomasse des arbres est encore utilisée en alimentation d'autres types d'animaux d'élevage tel que : les volailles, le lapin et les poissons (Place *et al.*, 2009 ; Franzel *et al.*, 2007).

Habituellement, les arbres et arbustes fourragers ont un effet salulaire sur la production de la biomasse herbacée sous-jacente par rapport aux régions nues, qui accentuent la détérioration du sol (Le Houérou, 1980). Par conséquent, beaucoup de pays méditerranéens ont établi l'objectif pour réduire la récolte de céréales (particulièrement le blé) depuis les années 1990 et développer l'agroforesterie et les systèmes sylvo-pastoraux par la réintroduction des arbres fourragers, tel que le chêne et le frêne (Cazzato *et al.*, 1994, Pierro *et al.*, 2008). Réellement, beaucoup d'espèces d'arbres méditerranéennes peuvent être étudiées en vue de mesurer leur adaptation et leur productivité comme fourrage (Cazzato *et al.*, 1994).

Le genre *Fraxinus* (*Oleaceae*) est distribué principalement dans les régions modérées et les zones tropicales de l'Hémisphère du Nord (Thomas, 2016). Dans une classification récente d'*Oleaceae* le niveau de la sous-famille est abandonné, la famille est fendue dans cinq tribus et le genre *Fraxinus* de 40-50 spp. est placé dans le sous tribu *Fraxininae* de la tribu *Oleeae* (Wallander et Albert, 2000 ; Wallander, 2008). Les feuilles du genre *Fraxinus ssp.* ont été utilisées couramment comme un fourrage dans les régions alpines européennes (Pierro *et al.*, 2008). Elles étaient encore en usage dans les régions méditerranéennes jusqu'au milieu du 20e siècle (Jayanegara *et al.*, 2012). *Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior* sont les deux espèces les plus communes de frêne dans le Nord d'Algérie, en Kabylie notamment (Chouaki, 2006). Les feuilles de frêne vertes conservées en foin gardent bien leurs propriétés alimentaires, au point que certains éleveurs les considèrent meilleurs que les autres espèces d'arbres fourragers. D'après Thomas (2016) et Pierro *et al.* (2008), les feuilles de frêne sont très bien acceptées par les moutons et les chèvres et leur consommation garanti une productivité adéquate. De plus, ces auteurs complètent que pendant la période active, juin à novembre, les feuilles de frêne constituent la ration de base pour les ruminants.

Plusieurs auteurs ont signalé que le développement de lapin dans certains pays en voie de développement, comme l'Algérie, exige de coordonner les efforts entre les différents acteurs du domaine (Djellal *et al.*, 2006 ; Kadi 2012). Dans la même optique, en particulier quand les fourrages sont abondants, Lukefahr et Joue, 1990a recommandent d'élever intensivement les

lapins. Alors que, l'usage traditionnel et fermier des plantes n'a pas bien été exploré, et par conséquent reste non valoriser.

Comme un herbivore monogastrique, le lapin a la capacité de consommer une large gamme d'aliments : grains de céréales, plantes herbacées, fourrages plus pauvres, etc. (Gidenne, 2005). Par conséquent, il s'acclimate à tous les environnements alimentaires et est donc capable de bien valoriser les feuilles des arbres. En plus, plusieurs études ont été menées pour incorporer des feuilles d'arbres dans les rations des lapins par Raharjo *et al.* (1986) ; Deshmukh *et al.* (1993) ; Akinfala *et al.* (2003) ; Zabut *et al.* (2007) et Kadi (2012). D'ailleurs, Lukefahr et Joue (1990b) affirment dans le cas de projets de développement du lapin, il est impératif que plus de recherches soient menées dans des conditions spécifiques locales et lever la réserve de ressources alimentaires, fourragères notamment. Cependant, l'écueil principal pour utiliser les feuilles de frêne commun en alimentation de lapins réside dans l'ignorance de sa valeur nutritive, d'ailleurs sont peu ou rare les travaux traitant l'usage des feuilles de frêne commun en alimentation animale ; des lapins notamment.

La composition chimique de feuilles frêne oxyphyllle est de 17% de protéines brutes (PB) d'après Jayanegara *et al.* (2011). A priori, il semblerait bien que ces feuilles satisfassent largement les besoins nutritifs, protéiques des lapins en croissance notamment. En conséquence, le but de la présente recherche est de déterminer par la méthode directe (Villamide *et al.*, 2010), la valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) fraîches et automnales pour l'alimentation des lapins en croissance.

### **3.3.2 Matériels et méthodes**

#### **Animaux et aliment**

Dans le but d'étudier la valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*), dix lapins blancs de population blanche locale sont sevrés à 44 d d'âge (poids moyen :  $881 \pm 54$ g) et placés dans des cages individuelles grillagées (56 x 38 x 28 centimètre) disposées en Flat-deck.

Les feuilles de frêne (*Fraxinus excelsior*) vertes sont récoltées manuellement et quotidiennement, sont distribuées *ad-libitum* tôt le matin comme seule ration aux lapins. L'accès des lapins à l'eau fraîche et propre est permanent via un dispositif d'abreuvement automatique. Les échantillons de feuilles de frêne sont rassemblés pendant la période de l'essai de la digestibilité mélangés et entreposés dans des sachets en polyéthylène à -20 °C jusqu'à l'analyse chimique.

## **Essai de la digestibilité**

Après une période d'adaptation de 12 des jours (56 jour d'âge), les lapins sont utilisés pour l'essai de la digestibilité, en suivant la méthode de référence européenne décrite par Perez *et al.* (1995). Les cages sont équipées en dessous d'un système pour rassembler individuellement et totalement les crottes pendant la période de collecte qui s'étale sur quatre jours. Les fèces sont entreposés journallement dans des sachets en polyéthylène à -20 °C jusqu'à l'analyse chimique. Deux échantillons de feuilles de frêne oxypphyllé sont prélevés tous les jours pendant la période de collecte. La première engendre les feuilles distribuées aux lapins et le seconde contient les feuilles de frêne oxypphyllé refusées quotidiennement. À la fin, les deux échantillons du jour sont transférés au laboratoire pour en déterminer leur matière sèche.

## **Méthodes analytiques**

Les analyses chimiques ont été exécutées à l'INRA de Toulouse (UMR 1388 GenPhySe, France). Matière Sèche, cendres brutes, protéine brute (N x 6.25), énergie (calorimètre de l'adiabatic Parr), Van fibre Soest (NDF, ADF et ADL) sont mesurées sur les feuilles de frêne oxypphyllé et des fèces prélevées selon les procédures harmonisées du groupe EGRAN.

## **Analyses statistiques**

Dès l'instant où seulement une alimentation est utilisée dans cette étude, il n'est pas autorisé à utiliser la comparaison de moyennes. Donc, les résultats sont présentés avec des moyennes et des erreurs standards.

### **3.3.3 Résultats Et Discussion**

#### **Composition chimique**

La teneur en protéines brutes des feuilles de frêne oxypphyllé est modéré ; 131 g/kg MS (Tableau 1). Cette valeur est proche de celles annoncées par Ben Salem *et al.* (2000) sur d'autres feuilles d'arbres fourragers, comme *l'Acacia cyanophylla* et *Ceratonia silice* et qui sont de l'ordre de 137 et 138 g/kg MS respectivement. Néanmoins, cette concentration en protéines brutes est inférieure à celle obtenue par Jayanegara *et al.* (2012) pour la même espèce ; 178 g/kg MS. Elle est également inférieure aux valeurs qui ont été rapportées par Kadi *et al.* (2012) au sujet d'*Hedysarum flexuosum* utilisée comme fourrage vert en phase d'engraissement de lapins. Il paraît encore que les feuilles fraîches de frêne commun ont une concentration de protéine brute légèrement supérieure à celle de *l'Acacia saligna* (125 g/kg MS) rapporté par El Shaer (2000) et à celle du marc de raisin dégraissé étudié par Garcia *et al.* (2002).

**Tableau 1.** Composition chimique des feuilles de frêne oxypphyllé (*Fraxinus excelsior*) distribué comme seule ration aux lapins en croissance.

	Composition des feuilles de frêne *	
	g/kg matière première	g/kg MS
Matière sèche (MS)	461	-
Matière Organique (MO)	405	879
Cendre brutes	56	121
Protéines brutes(PB)	60	131
Neutral detergent fibre (NDF)	194	420
Acid detergent fibre (ADF)	120	259
Acid detergent lignin (ADL)	55	120
Energie brute (MJ/kg)	8.84	19.18

\*Composition de l'échantillon de feuilles de frêne distribuées durant la période de collecte des fèces.

Les feuilles de frêne ont une teneur en énergie brute (EB) égale à 11.86 MJ par kg MS. Cette valeur est inférieure à celles obtenues par Garcia *et al.* (1995) sur cinq foins de luzerne.

Le contenu des feuilles de frêne commun en ADF et ADL est élevé ; soit 259 et 55 g/kg MS respectivement. Selon la littérature scientifique, une teneur excessive en fibres (> 22% ADF) ne provoque pas de pathologies. Cependant, elle induit la diminution de la concentration énergétique de la ration, et par conséquent, réduit l'efficacité alimentaire de la ration à cause de la digestibilité moyenne des fibres en amenuisant distinctement les autres éléments nutritifs de la ration : amidon, lipides et protéines. Excepté, si la concentration d'énergie de la ration devient inférieure au seuil des recommandations (> 8.5 MJ/kg ou ADF > 25%), alors la croissance peut être pénalisée à cause d'une ingestion insuffisante d'éléments nutritifs digestibles (Gidenne *et al.*, 2015). Ce qui n'est pas le cas avec les feuilles de frêne commun. Concrètement, une concentration égale à 22.95 MJ/kg MS en énergie brute ou à 25.9% ADF pour les feuilles de frêne commun, les recommandations de la ration en fibres sont optimisées pour répondre favorablement à ce double objectif de la sécurité alimentaire et l'efficacité alimentaire, au point que les lapins ont enregistré en moyenne une croissance de 4 g/j durant toute la période de l'essai.

### **Digestibilité**

D'après le tableau 2, la prise alimentaire des feuilles fraîches de frêne commun par les lapins est de 118 g MS/j. Cette consommation alimentaire est presque semblable à celle enregistrée par Eiben *et al.* (2012) avec la formulation de huit rations isonutritives et avec des taux croissants : dans lesquelles l'ingrédient alternatif a été utilisé avec des concentrations allant de 2 à 7.5% (environ 120 g MS/jour). Néanmoins, cette consommation alimentaire est presque

double à celle rapportée par Deskhmukh *et al.* (1993) pour les feuilles de mûrier (*Morus alba*) distribuées aux lapins adultes comme seul aliment.

**Tableau 2.** Poids vifs, consommation alimentaire, coefficients digestibilité et valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) distribuées comme fourrage seul aux lapins en croissance.

	Poids et consommation alimentaire		Digestibilité (%)	
	Moyenne	ES	Moyenne (%)	ES
Poids vif initial (g)	816	21		
Poids vif Final (g)	881	24		
Consommation alimentaire (g MS/j)	118.5	06		
Consommation alimentaire (g d'aliment/j)	232.3	13		
<i>Coefficients de Digestibilité</i>				
Matière sèche (MS)			67.1	2.01
Matière organique (MO)			65.2	2.10
Protéine brute (PB)			60.9	3.04
Neutral detergent fibre (NDF)			50.1	3.40
Acid detergent fibre (ADF)			43.9	4.02
Energie brute			61.9	2.62
<i>valeur nutritive</i>				
ED (MJ/Kg MS) <sup>1</sup>			11.86	0.50
PD (g/Kg MS) <sup>2</sup>			79.72	3.96

<sup>1</sup> ED: énergie digestible. <sup>2</sup> PD : protéines digestibles

La consommation alimentaire volontaire est proportionnelle au poids métabolique (Parigi Bini et Xiccato, 2010). Ces deux auteurs l'ont quantifiée entre 900 et 1000 kJ chez les lapins en croissance, alors que Gidenne *et al.* (2015) l'ont déterminé entre 750 et 1000 kJ chez la même catégorie de lapins. Dans le présent travail, la consommation d'énergie des lapins nourris avec seulement des feuilles de frêne commun est évaluée à 1 546 kJ, et par conséquent, elle est largement supérieure aux recommandations précédentes. A noté que chez les lapins en croissance, la prise alimentaire volontaire est plus corrélée avec la concentration lignocellulosique (ADF) qu'avec sa teneur en énergie digestible (ED) contenu dans l'aliment (Gidenne *et al.* 2015). Effectivement, la concentration des feuilles de frêne commun en ADF est élevée, ce qui a probablement réduit la digestibilité de l'énergie sans affecter négativement la croissance des lapins. Il est aussi important de rappeler que les feuilles de frêne commun ont une forte concentration énergétique.

Le coefficient de la digestibilité apparente énergétique des feuilles de frêne commun est égal à 67,1%. Elle est légèrement plus élevée que celles obtenues par Villamide *et al.* (2010) pour les fourrages en général, avec des valeurs qui oscillent entre 45 à 65%. Cette digestibilité d'énergie correspond à 11.86 DM MJ/kg avec une erreur standard de 0.5, calculée à partir de l'équation proposée par Villamide (1996) pour estimer les valeurs d'énergie d'ingrédients des aliments via la méthode directe. Avec une énergie digestible pareille, nous pouvons classer les feuilles de frêne commun comme étant une excellente source d'énergie pour l'alimentation des lapins, en croissance notamment.

Le coefficient de la digestibilité apparente des protéines des feuilles de frêne commun est de 60.9% correspondant à 79.77 g PD/kg MS selon la présente étude. Ce coefficient de rendement de la digestion des protéines est semblable à celui obtenu chez la luzerne déshydratée contenant moins que 16% de protéines (Perez *et al.* 2004). Comme, il est également légèrement plus élevé que celui déterminé par Perez *et al.* (2004) pour l'herbe déshydratée soit ; 61 et 57% respectivement. D'après de Blas *et al.* (1985) cité par Fraga (2010), le ratio PD/ED pour assurer correctement les besoins d'entretien des lapins en croissance doit se situer au environ de 6.8. En revanche, Gidenne *et al.* (2015) ont rapporté un ratio DP/ED compris entre 10.5 et 10.8 pour les lapins de lignées européennes et nourris librement avec des aliments granulés à 12% d'humidité. Dans la présente étude, les consommations moyennes de protéines digestibles (PD) et de l'énergie digestibles (ED) sont de l'ordre de à 9.46 g et 1.41 MJ respectivement. Cette consommation moyenne en PD et en ED assurée par les feuilles de frêne commun couvre largement les besoins d'entretien des lapins en croissance, au point que les lapins ont enregistré un gain journalier moyen de 4 g pendant les 16 jours de l'essai de la digestibilité. Effectivement, selon Gidenne *et al.* (2015) si l'aliment des lapins en croissance est équilibré en acides aminés essentiels, il peut ne contenir que seulement 10 à 12% de protéines digestibles. Sur cette information, nous pourrions supposer que les feuilles de frêne commun sont bien équilibrées en acides aminés essentiels en attendant de le confirmer avec des essais de dosage des acides aminés des feuilles de frêne commun, acides aminés essentiels notamment. Concrètement, le contenu des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) est assez raisonnable pour couvrir les besoins de l'entretien en protéines des lapins en croissance.

### 3.3.4 Conclusion

Les lapins consomment confortablement les feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) et nous informent bien sur leur palatabilité. Donc, les feuilles de frêne commun peuvent être utilisées comme ingrédients dans les rations des lapins en croissance. Cependant, d'autres études doivent suivre pour concrétiser les recommandations.

### Remerciements

Les auteurs remercient la Famille Djebali et Yazid Louchami qui ont mis à notre disposition leur clapier et matériels d'élevage respectivement. De plus, Muriel Segura et Carole Bannelier pour leur aide dans les analyses biochimiques (INRA, UMR 1289 TANDEM, Castanet-Tolosan, France).

### 3.3.5 Références Bibliographiques

- Ben Salem H., Ben Salem L. et Nefzaoui A. 2000. Sheep and goat preferences for Mediterranean fodder shrubs. Relationship with the nutritive characteristics. In: Ledin I. (ed.), Moran d-Fehr P. (ed.). Sheep and goat nutrition: Intake, digestion, quality of products and rangelands. Cahiers Options Méditerranéennes ; (52) : p.155-159
- Cazzato E., Corleto A. et Laudadio V. 1994. Quantitative and qualitative evaluation of tree and shrubby pasture species in Southern Italy. In: Papanastasis V. (ed.), Stringi L. (ed.). Fodder trees and shrubs. Zaragoza: CIHEAM, Cahiers Options Méditerranéennes, 4, 129 -134
- Cheeke P. R. 1986. Potentials of Rabbit Production in Tropical and Subtropical Agricultural Systems. *J Anim Sci.* 63:1581-1586.
- Chouaki S. 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques. *INRAA-FAO*, 92p.
- De Blas J.C., Fraga M.J. et Rodríguez J.M. 1985. Units for feed evaluation and requirements for commercially grown rabbits. *J. Anim. Sci.*, 60, 1021–1028.
- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Takalika D.A. et Digraaskar S.U. 1993. Nutritional effect of mulberry (*Morus alba*) leaves as sole ration of adult rabbits. *World Rabbit Sci.*, 1, 67-69
- Djellal F., Mouhous A. et Kadi S. A. 2006. Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development. Volume*

18, Article #100. Retrieved July 20, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/7/djel18100.htm>

- EGRAN. 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9, 57-64.
- Eiben CS., Gódor-Surmann K., Kustos K., Maró A., Vörös G. et Gippert T. 2012. Alternative feed ingredients and their effect on the production of growing rabbits. *10<sup>th</sup> World Rabbit Congress - September 3-6, 2012 - Sharm El-Sheikh, Egypt*, 559 – 562
- El Shaer H. 2000. Utilization of *Acacia saligna* as livestock fodder in arid and semi -arid areas in Egypt. In: Su l as L. (ed.). *Legumes for Mediterranean forage crops, pastures and alternative uses. Cahiers Options Méditerranéennes*, (45), p. 213-217
- Franzel S., Wanbugu C., Nanak T., Kavana P., Njau T., Muriuki J. et Kitalyi A. 2007. The production and marketing of leaf meal from fodders shrubs in Tanga, Tanzania. A Pro-poor enterprise for improving livestock productivity. World agroforestry center, working paper n° 50
- Garcia J., Nicodemus N., Carabano R. et De Blas J. C. 2002. Effect of inclusion of defatted grape seed meal in the diet on digestion and performance of growing rabbits. *J. Anim. Sci.*, 80:162–170
- García J., Pérez-Alba L., Alvarez C., Rocha R., Ramos M. et de Blas J.C. 1995. Prediction of the nutritive value of lucerne hay in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 54: 33-44
- Gidenne T., Lebas F., Savietto D., Dorchie P., Duperra J., Davoust C. et Fortun-Lamothe L. 2015. Nutrition et alimentation. In : Gidenne T. (Eds). *Le lapin de la biologie à l'élevage*. Editions Quae RD 10 78026 Versailles Cedex, France, 137-180
- Jayanegara A., Kreuzer M. et Leiber F. 2012. Ruminant disappearance of polyunsaturated fatty acids and appearance of biohydrogenation products when incubating linseed oil with alpine forage plant species in vitro. *Livestock science*, (147) :104 -112
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Oudai H., Bannelier C., Berchiche M. et Gidenne T. 2012. Nutritive value of fresh *Sulla (Hedysarum flexuosum)* as a sole ration for growing rabbits. 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh 3-6 September 2012
- Khanal R.C et Subba D.B. 2001. Nutritional evaluation of leaves from some major fodder trees cultivated in the hills of nepal. *Animal Feed Science and Technologie*, 92, 17-32
- Le Houérou, H.N. 1980. Browse in North Africa. In H.N. Le Houérou (ed). *Browse in Africa, the current state knowledge. Inter. Cent. Africa, Addis Ababa*, 55-82

- Lukefahr S.D. et Cheeke P.R. 1990a. Rabbit project planning strategies for developing countries. (1) Practical considerations. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 2, Article #22. Retrieved July 21, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd2/3/cheeke1.htm>
- Lukefahr S.D. et Cheeke P.R. 1990b: Rabbit project planning strategies for developing countries. (2) Research applications. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 2, Article #23. Retrieved July 21, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd2/3/cheeke2.htm>
- Parigi Bini R. et Xiccato G. 2010. Energy Metabolism and Requirements. In: De Blas C. Wiseman J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing. CAB International, Wallingford Oxon, UK, 103-13
- Perez J.M. 2004. Valeurs nutritives pour les lapins. In : Sauvant D., Perez J.M., Tran G. 2004. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2ème Edition revue et corrigée*. INRA Editions, Paris, France. 51-54
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L. et Bengala Freire J. 1995. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3, 41-43
- Place A., Roothaert R., Maina L., Franzel S., Sinja J. et Wanjiko J. 2009. The impact of fodder shrubs on milks production and income samllhoder dairy farmers in East Africa and the role of research undertaken by the world agroforestry center. World agroforestry centre, occasional paper n° 12
- Raharjo Y. C., Cheeke P. R., Patron N.M. et Supriyati K. 1986. Evaluation of tropical forages and by-product feeds for rabbit production. I. Nutrient digestibility and effect of heat treatment. *J. Appl. Rabbit. Res.*, 9, 56-66
- Villamide M.J. 1996. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 57, 211-223. García J., Pérez-Alba L., Alvarez C., Rocha R., Ramos M., de Blas J.C. 1995. Prediction of the nutritive value of lucerne hay in diets for growing rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 54: 33-44
- Villamide M.J., Maertens L. et De Blas C. 2010. Feed evaluation. In: De Blas C. Wiseman J. (Eds). *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing. CAB International, Wallingford Oxon, UK, 151-162

- Wallander E. 2008. Systematics of Fraxinus (Oleaceae) and evolution of dioecy. *Pl. Syst. Evol.* 273: 25-49
- Wallander E. et Albert V.A. 2000. Phylogeny and Classification of Oleaceae Based on RPS16 and TRNL-F Sequence Data. *Amer. J. Bot.*, 87(12): 1827–1841
- Zabut B.M., Alqedra I .A. et Abushammalah K. N. 2007. Evaluation of cactus cladodes as a partial feed for growing rabbits in the Gaza Strip. *Livestock Research for Rural Development. Volume 19, Article #155*. Retrieved July 28, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd19/10/zabu19155.htm>

**3.4 PUBLICATION 03** : Détermination de la valeur nutritive des feuilles de frêne (*fraxinus angustifolia*) récoltées en automnes via la méthode de regression pour les lapins en croissance. *Article en préparation.*

# Détermination de la valeur nutritive des feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*) récoltées en automnes via la méthode de régression pour les lapins en croissance

Djellal F.<sup>1\*</sup>, Kadi S.A.<sup>2</sup>, Madani T.<sup>1</sup>, Abbas K.<sup>3</sup>, Bannelier C.<sup>4</sup>, Gidenne T.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departement d'agronomie, FSNV, Université Ferhat Abbas-UFAS-1- 19000, Sétif, Algeria

<sup>2</sup>Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, Université M. MAMMERI, UN1501, Tizi-Ouzou, Algeria

<sup>3</sup>INRAA, Antenne de Sétif, 19000, Algeria

<sup>4</sup>GenPhySE, Université de Toulouse, INRA, INPT, INPT, ENVT, Castanet Tolosan, France

\*Corresponding author: fariddjellal@yahoo.fr

## ABSTRACT

The nutritive value of Ash leaves collected in fall, dried under shade conditions and distributed for growing rabbits. We compared diets containing an increasing incorporation of Ash (*Fraxinus angustifolia*) leaves (0 to 40%) in substitution to a basal mixture. The crude protein (CP) concentration of Ash leaves was 10.9 % dry matter (DM), while neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre were 30.5 and 19.9%, respectively. A basal diet was formulated (32.51% NDF and 18.2% CP, on DM basis) and pelleted. Two other diets were obtained through substitution of 20 and 40% of basal diet by Ash leaves. Faecal digestibility was measured between 45 and 49 d of age on 12 young rabbits per diet, fed ad libitum since weaning (35 d, 802±197 g). The substitution of 40% of basal diet by Ash leaves didn't reduce the digestibility of organic matter, however digestibility of crude proteins, energy and NDF were reduced from 76 to 70%, 71 to 67% and 34 to 32, (P <0.01), respectively. The digestible energy obtained by regression for shade-dried Ash leaves was 8.67±0.47MJ/kg DM, and the digestible protein content of Ash leaves was 71.55±7.3 g/kg DM. Ash leaves harvested in autumn could be considered as a good source of fibre, energy and moderate of digestible protein for growing rabbit.

**Keys words:** Ash leaves (*Fraxinus angustifolia*), nutritive value, growth rabbit, fall

## RESUME

La valeur nutritive de feuilles de frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*), récoltées en automne et séchées à l'ombre est étudiée par la méthode de substitution soit par comparaison des aliments granulés distribués aux lapins en croissance et contenant des taux croissants de feuilles de frêne (0 à 40%) en substitution à une mixture constituant la régime de base. La concentration en protéine brute (PB) des feuilles de frêne était de 10,9% dans la matière sèche (MS), pendant que la teneur en NDF et ADF étaient de 30,5 et 19,94%, respectivement. Un régime de base était formulé pour contenir 32.51% de NDF et 18.2% de PB dans la MS et granulé. Deux autres aliments ont été obtenus en substituant le régime de base de 20 et 40% par les feuilles de frêne. La digestibilité fécale est mesurée entre le 45 et 49<sup>ème</sup> jours d'âge de 12 lapins par régime (802±197g) et nourris ad-libitum depuis leur sevrage à l'âge de 35 jours. La substitution à 40% du régime de par des feuilles de frêne n'a pas réduit la digestibilité de la matière organique, par contre elle a affecté celles des protéines brutes, de l'énergie et de l'NDF, qui ont été réduites de 76 à 70%, 71 à 67% et 34 à 32, (P <0.01), respectivement. L'énergie digestible obtenue par la méthode de régression linéaire pour les feuilles de frêne à feuilles étroites était de 8,67±0,47 MJ/kg MS, et le contenu de la protéine digestible de feuilles de frêne était de 71,55±7,3 g/kg MS. Les feuilles de frêne à feuilles étroites, récoltées en automne peuvent être considérées comme une bonne source d'énergie, de fibres et modérée en protéines digestible pour les lapins en croissance.

**Mots clefs :** Feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*), valeur nutritive, lapin en croissance, automne.

### 3.4.1 Introduction

Globalement, la pénurie aigue et le prix élevé de protéines animales peut être atténuée par les élevages durables de petites espèces animales très prolifiques ayant un court cycle de production et valorisant des aliments non compétitifs sur les ressources et l'espace réservés à l'alimentation humaine (Pothin *et al.*, 2017). Concrètement, le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) rassemble tous ces atouts. Cependant, le manque d'aliments affecte négativement la productivité du lapin et stimule la curiosité des nutritionnistes à chercher et trouver de nouvelles sources alternatives et non-conventionnelles à bon marché et disponibles localement. Les arbres et arbustes fourragers sont des sources importantes en alimentation des petits ruminants (Papachristou and Platis (1999) ; El hasan *et al.*, 2000 ; Khanal and Subba 2001 ; Dini-

Papanastasi *et al.*, 2005 ; Pereira *et al.*, 2008 ; Ahmed *et al.*, 2015 et Kholif *et al.*, 2015 et 2016), toutefois l'utilisation de fourrages issus d'arbustes et d'arbres disponibles localement demeure un sujet relativement peu exploré en alimentation de lapin. Les feuilles d'arbres disponibles localement et à coût bas est en-contraste avec les aliments du commerce vendus à des prix élevés et souvent dépourvus de matières premières essentielles à cause des fluctuations de leurs prix sur le marché mondial.

L'Algérie, comme les pays en voie de développement, accuse une faiblesse en protéines animales due aux faibles performances des animaux d'élevage, consécutives aux augmentations souvent irréversibles des prix de matières premières conventionnelles et des intrants importés. Ainsi, de nouvelles alternatives alimentaires '*low-cost*' sont recherchées pour substituer les matières premières conventionnelles de concentrés de commerce. En nutrition de lapin quelques 170 aliments végétaux et ou sous-produits, reconnus pour leurs qualités nutritionnelles dans les pays en voie de développement, alors que seuls 10% d'entre eux sont introduits dans la formulation d'aliment granulés pour lapin (Finzi, 2008). Actuellement, des solutions alimentaires nouvelles sont devenues même une condition *sine qua non* pour répondre à cette demande en protéines animales qui ne cesse de croître. Et cela, peut être accompli en exploitant pleinement l'avantage de ressources alimentaires alternatives, telles que les plantes herbacées spontanées et les feuilles d'arbres et d'arbustes en alimentation de lapin (Raharjo *et al.*, 1986 ; Deshmukh *et al.*, 1993a,b ; El-Gendy *et al.*, 1999 ; Tedonkeng Pamo *et al.*, 2007 ; Samkol et Lukefahr (2008) ; Kadi *et al.*, 2011 ; Akoutey *et al.*, 2012 ; Zeweil *et al.*, 2013 ; Abu Hafsa *et al.*, 2014).

Alimenter les animaux avec des feuilles d'arbres et d'arbustes peut avoir une importance en zootechnie car ces matières premières ne sont utilisées en alimentation humaine, et ne rivalisent pas avec elle en termes d'espèces et d'espace, tout en contenant des quantités significatives d'éléments nutritifs. La cuniculture pour ses multiples atouts devient de plus en plus sollicitée comme une source alternative au déficit et à la diversification de protéines animales du marché de viandes local (Djellal *et al.*, 2006 ; Kadi *et al.*, 2013). Concrètement, la réhabilitation de l'usage de certaines sources alimentaires locales et non-conventionnelles peut améliorer en partie cette situation alimentaire. Certaines plantes locales, à l'exemple du sulla (Abdelguerfi-Berrekia *et al.*, 1991; Kadi *et al.*, 2011 ) et certains arbres et arbustes fourragers, furent utilisés jadis en Algérie comme ration de base des herbivores ruminants et monogastriques. Une telle alternative peut améliorer et favoriser des régimes durables de production végétale et animale.

Le frêne (*Fraxinus ssp.*) est un arbre fourrager par excellence dans le Nord du pays. En Kabylie principalement, il fait l'objet d'une exploitation rigoureuse et régulière (Abdelguerfi, 2003 ; Chouaki, 2006). La présence des frênes dans le paysage kabyle, atteste du lien fort qui existe entre cet arbre et l'agriculture. En effet, en raison de l'équilibre énergie et azote (Jayanegara *et al.*, 2011), les branches et les feuilles de frêne sont largement utilisées comme un supplément de fourrage précieux aux ruminants consommant de médiocres rations de base (Pereira *et al.*, 2008). En plus des réserves fourragères qu'ils constituent, cet arbre joue un rôle écologique et de production très important dans la protection des terrains contre l'érosion, produit du bois de chauffage et d'ébénisterie et possède une haute capacité de bio-absorption de métaux lourds et de solutions aqueuses acides (Mohammad Reza *et al.*, 2008).

Les feuilles de frêne sont peu ou pas connues sur le plan nutritionnel, puisque les informations relatives à leur valeur alimentaire sont très fragmentaires et concernent spécifiquement les petits herbivores ruminants (Pereira *et al.*, 2008). Néanmoins, en alimentation de lapin, les feuilles de frêne (*F. angustifolia*) sont imparfaitement connues sur le plan nutritionnel, alors que la connaissance des caractéristiques relatives à la valeur nutritive (digestibilité, valeur azotée et énergétique...) et ingestibilité conditionnent leur utilisation rationnelle. Par conséquent, le but du présent travail est de déterminer la valeur nutritive de feuilles de frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia*) récoltées en automne et séchées à l'ombre, distribuées avec des taux d'incorporation croissant dans des aliments granulés pour les lapins en engraissement : c'est la méthode dite de substitution en gammes ou méthode de régression.

### **3.4.2 Matériels et méthodes**

#### **Aliments, animaux et dispositif expérimental**

Les feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*) ont été récoltées fraîches en automne et immédiatement séchées par étalage à l'ombre pendant une semaine, au niveau du village d'Ait Hague sis dans la région de Tizi-Ouzou (Kabylie). Ensuite, elles ont été broyées (tamisées avec un diamètre de 3 mm) et acheminées vers l'unité de fabrication d'aliments de bétails SARL "production locale" à Alger pour les incorporer dans les deux aliments granulés expérimentaux. Un échantillon de feuilles de frêne a été prélevé à l'usine en vue de déterminer sa composition chimique.

La valeur nutritive de feuilles de frêne a été étudiée en mesurant la digestibilité fécale de trois aliments granulés correspondant à un aliment témoin ; dit également régime de base (FFA0) et

deux autres aliments (FFA20 et FFA 40) avec un taux d'incorporation croissant de feuilles de frêne (Tableau 1).

**Tableau 1.** Ingrédients des aliments expérimentaux (%)

Matière Premières	Aliments expérimentaux		
	FFA0	FFA20	FFA40
Régime de base <sup>1</sup>	97	77	57
Feuilles de frêne broyées	00	20	40
CMV	03	03	03
Total	100	100	100

<sup>1</sup> Composition du régime de base (%) : orge (INRA 84) 12.06, grignon d'olive 12.13, tourteau de soja 46 ("48"->INRA 190) 10.7, son de blé (INRA 104) 62, Sel (NaCl) 0.8, CL25 premix lapin vit+minéraux 0.5 et Carbonate de Calcium 1.8

Le régime de base a été formulé pour répondre aux recommandations nutritionnelles des lapins en croissance (De Blas et Mateos, 2010). Celui-ci contient de l'orge, du grignon d'olive, du tourteau de soja et du son de blé (Tableau 2).

Les aliments contenant des feuilles de frêne ont été préparés en substituant le régime de base (sans minéraux et premix) avec 20 ou 40% de feuilles de frêne. Les minéraux et les premix ont été ajoutés aux trois aliments avec un taux fixe de 3%. Les ingrédients et la composition chimique des aliments sont consignés dans le Tableau 1. Les mélanges ont été granulés à 4mm de diamètre et 9mm de longueur à l'aide d'une chaleur humide.

**Tableau 2.** Composition chimique et valeur nutritive estimée du régime de base

Nutriment	Apport
<i>Composition chimique (%)</i>	
- Matière sèche	89,71
- Cendres brutes	6,96
- Protéine brute	15,85
- NDF	37,31
- ADF	14,96
- ADL	06,20
- Lysine	00,72
- Méthionine	00,24
- A.Aminés Soufrés Totaux	0,53
<i>Valeur nutritive</i>	
Protéines Digestibles (%)	11,82
Energie Digestible (MJ/kg)	09,64

36 lapins de population locale blanche (Zerrouki *et al.*, 2008) sevrés à 35 jours d'âge avec (Poids vif : 802±197 g) ont été utilisés pour déterminer la valeur nutritive de feuilles de frêne dans un clapier privé (température : 10 à 25° C et sous-programme d'éclairage de 7:00-19:00), localisé dans la région d'Isser dans la willaya de Boumerdes. Les animaux ont été logés dans des cages 76×46×30 centimètre (longueur, largeur et hauteur) et disposées en Flat-Deck. Elles ont été toutes équipées d'un système conçu pour récupérer la totalité de crottes.

Trois groupes de 12 lapins ont été constitués et assignés aux trois aliments granulés. Les lapins accédaient librement à la nourriture et à l'eau. Après une période d'adaptation de 12 jours, les fèces (crottes) ont été collectées de 45 à 49 jours d'âge, selon la procédure européenne harmonisée et standardisée du groupe EGRAN (Perez *et al.*, 1995).

### Analyses chimiques

Les analyses chimiques des aliments granulés et de feuilles de frêne ont été réalisées à l'INRA de Toulouse GenPhySE (Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage), d'après les méthodes ISO, en respectant les recommandations proposées par le groupe EGRAN.

(EGRAN, 2001): matière sèche (MS; ISO 6496:1999), cendre brute (ISO 5984:2002), protéine brute (PCF; N×6.25, méthode Dumas, ISO 16634-2:2009), énergie brute (ISO 9831:1998) et aussi bien NDF, ADF et ADL via la méthode séquentielle de Van Soest (ISO 16472:2007 et ISO 13906:2008).

**Tableau 3.** Composition chimique de feuilles de frêne séchées à l'ombre et des aliments Expérimentaux (g/kg MS).

	Frêne	Aliments expérimentaux		
	( <i>F.angustifolia</i> )	FFA0	FFA20	FFA40
	Feuilles			
Humidité	09,32	12,88	05,06	05,20
Matière organique	89,68	91,33	91,00	92,40
Cendres brutes	10,19	08,67	09,00	07,60
Protéines brutes (N*6.25)	10,26	18,21	18,00	16,00
Neutral detergent fibre (NDF)	30,50	32,56	30,00	28,00
Acid detergent fiber (ADF)	19,94	12,53	13,00	13,90
Acid detergent lignin 5ADL)	08,56	03,72	04,00	04,70
Energie brute (Kcal/kg MS)	4212	4635	4301	4304

## **Analyses statistiques**

Les données ont été analysées selon un dispositif complètement aléatoire d'après la procédure GLM du logiciel SAS (OnlineDoc<sup>®</sup>, SAS Inst., Cary, NC) et comme source principale de variation le type d'aliment. La comparaison des moyennes a été réalisée par le test de Scheffe. En plus, l'effet d'incorporation de feuilles de frêne a été traité par une régression à l'aide du logiciel SAS. La valeur nutritive de feuilles de frêne a été calculée d'après la méthode de régression décrite par Villamide *et al.* (2001).

### **3.4.3 Résultats et discussion**

Des travaux de recherches sur l'utilisation de feuilles de frêne sèches ou humides en alimentation du lapin ne sont pas disponibles ni dans les tables d'ingrédients (INRA, 2004), ni dans celles actualisées par Lebas (2004), bien que la composition chimique et la valeur nutritive soient disponibles chez quelques petits ruminants (Perioro *et al.*, 2008). Les feuilles de frêne séchées à l'ombre ont une concentration modérée en protéines brute soit 119 g/kg MS. Cette teneur se rapproche de celle rapportée par Jayanegara *et al.* (2011) au sujet de feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) et variant de 14.1 pour la première année de récolte à 12.1 g/kg MS juste pour la récolte suivante. Elle est proche de celle déterminée par Cazzato *et al.* (1994); 109 g/kg MS. Néanmoins, elle est inférieure à la concentration en protéines brutes de la plante *Pueraria phaseoloides* fleurit, qui est une légumineuse présente naturellement partout dans les régions tropicales et humides, allant de 176 à 230 g/kg MS (Hiep et Man, 2008 ; Djago *et al.*, 2010 ; Akoutey *et al.*, 2012). Alors que les concentrations moyennes en NDF et ADF des feuilles de frêne oxyphyllé récoltées en automne sont 305 et 199 g/kg MS, respectivement. Cette teneur en NDF est voisine de celle des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*) rapporté par Cazzato *et al.* (1994) et qui est égale à 290 g/kg MS. Par contre, la concentration en ADF des feuilles de frêne à feuilles étroites récoltées en automne est très inférieure à celle de la plante *Pueraria phaseoloides* fleurit et rapportée par Akoutey *et al.* (2012) : 344 *versus* 199 g/kg MS.

Le coefficient de la digestibilité pour l'énergie n'a diminué que d'environ 4 point par rapport au régime témoin. En conséquence, le contenu en énergie digestible (ED) des aliments expérimentaux a diminué avec l'incorporation de feuilles de frêne de 13,71 à 11,99 MJ/kg MS (Tableau 5). Quand nous avons extrapolé à 100% (en utilisant un retour linéaire en arrière), le contenu de l'énergie digestible prédit des feuilles de frêne séchées à l'ombre est de 10,64 MJ ED/kg MS pour une gamme de taux d'incorporation de 0-40%. En comparaison avec la "Farine

de luzerne 12'' (7.5 MJ/kg MS ; Maertens *et al.*, 2002), le contenu en ED de feuilles de frêne à feuilles étroites est 41 % supérieur.

Le coefficient de la digestibilité des protéines brutes (PB) apparente diminue linéairement et brusquement de 76 (FFA0) à 69% (FFA40) avec un taux d'incorporation de 40% de feuilles de frêne à feuilles étroites (Tableau 5). En conséquence, la protéine digestible (DP) des aliments expérimentaux diminue de 138 à 111 g PD/kg MS avec l'incorporation de feuilles de frêne à feuilles étroites. Quand nous avons extrapolé à 100% (en utilisant un retour linéaire en arrière), la teneur en DP est estimée à 65,9 g/kg MS dans la gamme d'incorporation de 0-40% de feuilles de frêne à feuilles étroites. Par contre cette teneur est plus importante dans la gamme d'incorporation de 0-20%, prédite à 112,7 g/kg MS. Cette valeur est supérieure à celle de la Luzerne "12" et qui est de 78 g/kg MS selon Maertens *et al.* (2002).

Globalement, la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites, séchées à l'ombre et granulées, est acceptable pour le lapin en croissance, comparé à d'autres plantes légumineuses telle que la luzerne, le sulla (*Hedysarum fluxiosum*). Cela s'explique partiellement par la croissance moyenne réalisée par les lapins durant la période de l'essai avec les deux gammes de leur incorporation dans les aliments expérimentaux FFA20 et FFA40 (Tableau 4).

**Tableau 4.** Effet du niveau diététique de feuilles de frêne sur la consommation alimentaire et la croissance des lapins durant les deux périodes de l'essai.

	Aliments expérimentaux			ES	p
	FA0	FA20	FA40		
n	12	12	12		-
Poids vif à 35 j (g)	837.14	803.12	759.16	43	0.794
Poids vif à 45 <sup>2</sup> j (g)	1117.14	1195.62	1119.16	50	0.772
Poids vif à 49 j (g)	1253.57	1333.75	1239.16	51.7	0.734
Consommation 35-45j (g)	76.78	68.00	77.50	0.4	0.611
Consommation 45-49j (g)	85.71	97.03	99.58	1.1	0.417
Consommation 35-49j (g)	79.34	76.30	83.83	1.4	0.758
Gain de poids 35-45 d (g/j)	36.16	39.25	36.00	1.6	0.586
Gain de poids 45-49 d (g/j)	34.10	34.53	30.00	1.6	0.472
Gain de poids 35-49 d (g/j)	36.06	37.90	34.26	2.6	0.487

ES : erreur standard. 45<sup>2</sup> j : début de l'essai de digestibilité (Période de collecte).

Il semblerait que ces feuilles de frêne à feuilles étroites sont bien équilibrées en acides aminés indispensables vu que leur teneur en PD est modérée. Ce qui est déjà signalé par Gidenne *et al.*

(2015) pour certaines matières premières utilisées en alimentation du lapin en croissance réalisant bien des augmentations pondérales. Par conséquent, ce serait commode d'obtenir des feuilles de frêne à feuilles étroites avec un contenu en protéines supérieur, en prenant le soin d'effectuer des tailles en futées ou jardinières en fonction de la forme et de l'âge du frêne et d'exploiter de préférence les feuilles issues de jeunes branches âgées de quelques années. Vraisemblablement, la teneur en éléments nutritifs des feuilles d'arbres est en rapport avec l'âge des tissus qui forment les feuilles et les tiges de plantes lesquelles n'avaient jamais été utilisées avant (Tsiouvaras et Nastis, 1990 ; Cazzato *et al.*, 1995 ; Jayanegara *et al.*, 2011).

Hiep et Homme (2008) a montré que la plante entière de *Pueraria phaseoloides* peut être introduite dans une gamme allant de 20 à 40% comme source de fibres dans des rations de lapins en croissance. Aussi, Nieves *et al.* (2004) recommande une gamme d'incorporation de feuilles vertes de *Leucaena leucocephala* dans les rations de lapin en engraissement allant de 24 à 40%. Néanmoins, aucune gamme d'incorporation de feuilles de frêne sous toutes ses formes n'a été arrêtée auparavant pour les lapins en croissance. Justement, la présente étude démontre que les feuilles de frêne à feuilles étroites, récoltées en automne peuvent être incorporées dans des régimes alimentaires pour des lapins en croissance à une hauteur de 20 à 40% comme source de fibre et d'énergie.

**Tableau 5 :** Effet du niveau incorporation de feuilles de frêne (*Fraxinus angustifolia*) sur la digestibilité apparente (%) et de la valeur nutritive des aliments expérimentaux en alimentation de lapin en croissance.

	FFA0	FFA20	FFA20
<b>n.</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<u>Coefficient de digestibilité (%)</u>			
- Matière sèche	70,5	69,6	71,0
- Matière organique	70,8	69,5	71,1
- Protéines brutes	76,1	74,9	69,7
- Energie brute	70,7	66,6	66,9
- Neutral detergent fibre	33,7	30,6	31,7
- Acid detergent fibre	21,1	22,5	32,5
<u>Valeur nutritive</u>			
- Energie brute (Mj/kg)	13,71	11,99	12,05
- protéinés brutes (g/kg)	13,86	13,48	11,15

### 3.4.4 Conclusion

Les feuilles de frêne à feuilles étroites, récoltées en automne peuvent être considérées comme une bonne source d'énergie ( $8,67 \pm 0,47$  MJ/Kg MS) et de fibres, mais une source modérée en protéines digestible ( $71,55 \pm 7,3$  g PD/kg MS). Cependant, des essais complémentaires sont nécessaires pour vérifier les performances de croissance et de santé en utilisant un effectif important de lapins, nourris avec un régime complet et équilibré incluant un fort taux de feuilles de frêne à feuilles étroites et récoltées en automne.

**Remerciements :** Les auteurs remercient la Famille Djebali et Yazid Louchami qui ont placé à notre disposition leur clapier et matériels d'élevage. Ils remercient aussi Muriel Segura pour son assistance dans les analyses chimiques au niveau des laboratoires INRA (Toulouse, France).

### 3.4.5 Références Bibliographiques

- Abdelguerfi-Berrekia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau G.G. 1991. Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum L.* en Algérie, en relation avec certains facteurs du milieu. *Fourrages*, 126: 187-207
- Abuhafsa S.H., Hassan A.A., Camacho L.M., Salem A.Z.M. 2014. Replacement of berseem hay by *Salix tetrasperma* on physiological performance of New Zealand White rabbits under subtropical conditions of Egypt. *Trop. Anim. Health Prod.*, 46: 1119-1125.
- Ahmed M.H., Elghandour M.M.Y., Salem A.Z.M., Zeweil H.S., Kholif A.E., Klieve A.V., Abdelrassol A.M.A. 2015. Influence of *Trichoderma reesei* or *Saccharomyces cerevisiae* on performance, ruminal fermentation, carcass characteristics and blood biochemistry of lambs fed *Atriplex nummularia* and *Acacia saligna* mixture. *Livest. Sci.*, 180: 90-97.
- Akoutey A., Kpodekon M.T., Bannelier C., Gidenne T. 2012. Nutritive value of sun-dried *Pueraria phaseoloides* for rabbits under tropical conditions. *World Rabbit Sci.*, 20, p.209-213. doi:10.4995/wrs.2012.1230
- De Blas C., Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 222-232.
- Deahmukh S.V., Pathak N.N., Randhe S.R and Deahmukh S.S. 1993b. Voluntary intake, digestibility and nutritive value of coastal Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) employed as sole feed for rabbits. *World rabbit Sci.*, 1, 109-111.

- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Takalihar D.A., Digraskar S.U. 1993a. Nutritional effect of mulberry (*Morus alba*) leaves as sole ration of adult rabbits. *World Rabbit Sci.*, 1, 67-69.
- Dini-Papanastasi O., Platis P., Papachristou T. 2005. Integration of certain promising woody fodder species in the grazing systems of sub-humid Mediterranean areas. In: Georgoudis A., Rosati A. and Mosconi C. (Eds.). *Animal production and resources utilization in the Mediterranean mountain areas. E.A.A.P., Greece, 115, 99-103.*
- Djellal F, Mouhous A et Kadi S.A. 2006. Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article #100.*
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.
- El hassan S., Lahlou A., Newbold C., Wallace R. 2000. Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. *Animal Feed Science and Technology* 86, 27-37
- El-Gendy K.M. 1999. Effect of dietary inclusion of acacia leaves meal (*Acacia saligna*) on digestibility, growth performance and blood constituents of growing rabbits. *Egyptian J. Rabbit Sci.* 9: 271-283
- Finzi A. 2008. Rabbit production development, new strategies to avoid conflict between use of natural resources for food and feed. In: R. Preston and Nguyen Van Thu (eds.). *Proc. of the International Workshop on Organic Rabbit Farming based on Forages. Cantho University, Vietnam, 25-27 November 2008. Available at: <http://www.mekarn.org/prorab/Finzi.htm> Accessed: September 2012.*
- Jayanegara A., Marquardt S., Kreuzer M., Leiber F. 2011. Nutrient and energy content, *in vitro* ruminal fermentation characteristics and methanogenic potential of alpine forage plant species during early summer. *J. Sci Food Agric.*, 91, 1863–1870.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2013. The potential of rabbit meat marketing in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Online J. Anim. Feed Res.*, 3(2): 96-100
- Kadi S.A. 2012. Alimentation de lapin de chair : Valorisation de sources de fibres disponible en Algérie. *Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 143 p.*

- Kadi SA, 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.
- Khanal R.C and Subba D.B. 2001. *Nutritional evaluation of leaves from major fodder trees cultivated in the hills Nepal. Animal Feed Science and Technologie* 92: 17-32
- Kholif A.E., Gouda G.A., Morsy T.A, Salem A.Z.M., Lopez S., Kholif A.M. 2015. *Moringa oleifera* leaf meal as a protein source in lactating goat's diets: Feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile. *Small Ruminant Res.*, 129: 129-137.
- Kholif A.E., Morsy T.A., Gouda G.A., Anele U.Y., Galyean, M.L. 2016. Effect of feeding diets with processed *Moringa oleifera* meal as protein source in lactating Anglo-Nubian goats. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 217: 45-55.
- Papachristou T.G and Platis P.D. 1999. Use of deciduous woody as a diet supplement for goats grazing Mediterranean shrublands during dry season. *Animal feed sciences and technology*, pp. 267-279
- Pereira E, Castro M and Castro J.2008. The role of scattered Narrow-leafed ash of lameiro systems on livestock production in Northeast Portugal. *COST E42 „Growing Valuable Broadleaved Tree Species “(ValBro)*. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/5659>
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3: 41-43.
- Pothin A., Méda B. et Fortun-Lamothe L. 2017. Alimentations humaine et animale : évaluer la compétition sur les ressources et l'espace. *Douzièmes Journées de la Recherche Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, Tours, 05 et 06 avril 2017*
- Raharjo Y. C., Cheeke P. R., Patron N.M., Supriyati K. 1986. Evaluation of tropical forages and by-product feeds for rabbit production. I. Nutrient digestibility and effect of heat treatment. *J. Appl. Rabbit. Res.*, 9, 56-66.

- Samkol P., Lukefahr S.D. 2008. A challenging role of organic rabbit production towards poverty alleviation in South East Asia. *In Proc. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10-13 June, 2008, p.1479-1497*
- Tedonkeng Pamo E., Tendonkeng F., Boukila B., Kana J.R., Fonteh F.A., Nanda A.S. 2007. Nutritive value of some grasses and leguminous tree leaves of the Central region of Africa. *Animal Feed Science and Technology*, 135: 273–282
- Villamide M.J., Maertens L., Cervera C., Perez J.M., Xiccato G. 2001. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbit Sci.*, 9: 19-26.
- 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.*
- Zeweil H., Elnagar S., Zahran S., Ahmed M., El-Gindy Y. 2013. Pomegranate peel as a natural antioxidant boosts bucks' fertility under Egyptian summer conditions. *World Rabbit Sci.*, 21: p.33-39
- Hiep N. V., Man N. V. 2008. Utilization of tropical kudzu leaves (*Pueraria phaseoloides*) as a protein source for growing rabbits. *Proceedings MEKARN Rabbit Conference: Organic rabbit production from forage. Reg Preston and Nguyen Thu (Eds.). Cantho University, Vietnam, 25-27 November 2008.*
- Lebas F. 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *In: Proc. 8th World Rabbit Congress, 2004 September, Puebla, Mexico, 686-736*
- Djago A., Kpodekon M., Lebas F. 2010. *Le guide pratique de l'éleveur de lapins sous les tropiques.*, Cecuri éd., 2ème Édition, Abomey-Calavi, Bénin.
- 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. doi:10.4995/wrs.2000.488
- Cazzato E., Corleto A., Laudadio V. 1994. Quantitative and qualitative evaluation of tree and scrubby pasture species in southern Italy. *In: Papanatasis V. (ed.). Stringi L. (ed.). Fodders trees and shrubs. Cahiers Options Méditerranéennes, N°4. Zaragoza : CIHEAM, p.129-134*

- Tslouvaras, C. and Nastis A. 1990. Browse production and nutritive value of some fodder shrubs and trees in a semi-arid environment in Greece. 6th meeting FAO on Mediterranean pastures and fodder crops, October 17-19, Bari (Italy), p.169-172
- Nieves D., Basilia S., Teran O., Gonzalez C., Ly J. 2004. A note on the chemical composition and feeding characteristics of diets containing *Leucaena leucocephala* and *Arachis pintoi* for growing rabbits. *Livest. Res. Rural Develop.*, 16: Article #99
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.

## 4. DISCUSSION GENERALE

L'objectif principal de cette thèse a été la détermination de la valeur nutritive des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*), récoltées en automne et séchées à l'ombre, dans le but de les valoriser comme sources alternatives aux matières premières importées en alimentation du lapin en croissance. Nous nous sommes intéressés aux feuilles de frêne, principalement pour leur teneur en éléments nutritifs, vu qu'elles sont utilisées en alimentation des ruminants laitiers et à viande (Rippstein et Peyre De Fabrègues, 1972), mais méconnues en élevage rationnel du lapin.

Le frêne (*Fraxinus ssp.*) est présent en Afrique du Nord, en Algérie notamment et sa disponibilité permet d'envisager son exploitation économique en élevage de lapin, c'est le cas jadis dans certaines régions, telle que la Kabylie. Notre expérimentation a consisté à déterminer la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites et le frêne commun via la méthode directe (essai 1,2), nous avons également déterminé la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites par une méthode indirecte dite de régression (essai 3).

Le résultat principal à retenir du premier essai concerne la valeur nutritive de feuilles de frêne à feuilles étroites utilisées sous forme fraîche (fourrage). Les feuilles de frêne apportent aux lapins en croissance plus de 13.6 MJ/ kg MS d'énergie digestible (ED) et 98 g/ kg MS de protéines digestibles (PD), en plus des apports en fibres : 394 g/kg MS de NDF.

Dans l'essai 2, nous avons déterminé la valeur nutritive des feuilles de frêne commun récoltées en automne. Nous avons observé que sa composition chimique et sa valeur nutritive étaient supérieures comparées à celle de *F. excelsior* surtout du point de vue protéique : 131 g de protéines brutes/ kg MS contre 79 g de PD/ kg MS. Néanmoins, la valeur énergétique a diminué pour atteindre la valeur de 11,86 MJ ED /kg MS.

Dans l'essai 2, les feuilles de frêne commun distribuées comme aliment unique n'ont pas seulement permis aux lapins de couvrir leurs besoins d'entretien, mais aussi de réaliser une croissance moyenne de plus de 06 g/j sur l'ensemble de la période de l'essai de la digestibilité. Par conséquent, les feuilles de frêne s'avèrent une source équilibrée pour le lapin, apportant de l'énergie, des fibres et des protéines ; ce type de matière première est recherché lors de la formulation des aliments pour lapins en élevage rationnel. Les feuilles de frêne peuvent donc, à l'échelle locale, largement concurrencer voire remplacer la luzerne déshydratée dans ce type d'aliments.

Selon nos résultats, la composition chimique et la valeur nutritive des feuilles des deux espèces de frêne (*F. angustifolia* et *F. excelsior*) diffèrent sensiblement. En effet, la différence génétique entre ces deux espèces a été récemment confirmée par Wallander *et al.* (2012) grâce à l'étude de fragments d'ADN.

Dans le même objectif de déterminer la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites, séchées à l'ombre et récoltées en automne, en alimentation du lapin en croissance, nous avons dans un troisième essai utilisé la méthode indirecte dite de régression en les incorporant dans un aliment granulé à des taux croissant (20 et 40 %). Extrapolé à un taux d'incorporation de 100% grâce à la méthode de régression, la valeur nutritive de ces feuilles est de  $8,67 \pm 0,47$  MJ/Kg MS d'énergie digestible et de 71g/kg MS de protéines digestibles.

La composition chimique et la valeur nutritive des feuilles de frêne étudiées sont résumées dans le **Tableau 09**.

**Tableau 09.** Composition chimique (g/kg MS) et valeur nutritive des feuilles de frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia*) et commun (*Fraxinus excelsior*) étudiées.

	<b>MM</b>	<b>PB</b>	<b>EB</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>	<b>ED</b>	<b>PD</b>
Feuilles de frêne oxyphylle <sup>(1)</sup>	106	146	19,39	394	283	166	13,6	98
Feuilles de frêne oxyphylle <sup>(2)</sup>	101	102	17,62	305	199	85	08,67	71
Feuilles de frêne commun <sup>(1)</sup>	121	131	19,18	420	259	120	11,86	79

<sup>(1)</sup> : méthode directe ; <sup>(2)</sup> : méthode indirecte ; **MS** : g/kg brut ; **EB** et **ED** : MJ/kg MS ; **PD** : g/kg MS.

Sachant bien que la composition des feuilles de frêne à feuille étroite est différente pour les deux essais, mathématiquement, les méthodes utilisées (directe et indirecte) n'ont pas affiché de valeurs nutritives proches ; principalement pour l'énergie digestible (**Tableau 10**).

**Tableau 10.** Composition chimique (g/kg MS) et valeur nutritive des feuilles de frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia*) déterminée et calculée.

	<b>MM</b>	<b>PB</b>	<b>EB</b>	<b>NDF</b>	<b>ADF</b>	<b>ADL</b>	<b>ED</b>	<b>PD</b>
Feuilles de frêne oxyphylle <sup>(1)</sup>	106	146	19,39	394	283	166	13,6	98
Feuilles de frêne oxyphylle <sup>(2)</sup>	101	102	17,62	305	199	85	<b>08,67</b>	<b>71</b>
Feuilles de frêne oxyphylle <sup>(1)(3)</sup>	-	-	-	-	-	-	<b>12.36</b>	<b>68</b>

**(1)** Méthode directe ; **(2)** Méthode indirecte ; **(3)** Calculée via la règle de trois ; **MS** : g/kg brut ; **EB** et **ED** : MJ/kg ; **PD** : g/kg MS.

En comparaison avec la valeur nutritive des feuilles frêne à feuilles étroites (oxyphylle) déterminée via la méthode directe, celle calculée par la règle de trois, apparaît voisine pour les protéines brutes : 71 *versus* 68 g/Kg MS, mais elle est loin de l'être pour l'énergie digestible : 08.67 *versus* 12.36 MJ/Kg MS (**Tableau 10**). Cette situation pourrait être liée aux méthodes utilisées, qui concernent à priori davantage les aliments composés (granulés) que les aliments grossiers (fourrages).

Globalement, les résultats obtenus dans les trois parties de cette thèse confortent notre choix quant aux feuilles de frêne testées comme source d'énergie en alimentation des lapins en croissance. Encore, il s'avère que les feuilles de frêne ne sont pas seulement une source d'énergie, mais aussi une source de fibre et de protéines avec des teneurs très acceptables à hauteur de certains types de luzerne.

Aussi, pour compléter la connaissance de cette ressource alimentaire, nous suggérons d'étudier l'impact de ces feuilles de frêne sur la santé du lapin en croissance, qui doit être testé dans des essais à plus grande échelle, en cages collectives et avec un grand nombre de répétitions.

Parmi les autres points qui restent à explorer pour pouvoir incorporer ces matières premières dans l'alimentation des lapins à l'échelle professionnelle, l'analyse technico-économique est l'un des plus importantes. En effet, il faudrait analyser le coût de la formulation avec ces feuilles de frêne produites localement (coût de production, de collecte, transport... etc.) et le situer par rapport aux matières importées. En effet, la disponibilité et l'usage à une échelle économique de cette ressource restent à étudier. Les feuilles de frêne par exemple, dans la région méditerranéenne, sont traditionnellement récoltées comme un fourrage vert à un stade précoce et tardif avec donc des valeurs nutritives différentes.

Selon Jayanegara *et al.* (2011 et 2012), le contenu en PB et Minéraux varie entre les espèces et même avec la saison et l'année de récolte. Le frêne à feuilles étroites a l'avantage de produire une quantité appréciable de fourrage. Aussi, les feuilles de frêne à feuilles étroites conservent leurs éléments nutritifs en utilisant des méthodes de séchage naturelles, alors que la méthode la mieux indiquée d'un point de vue économique est la déshydratation industrielle comme cela se fait pour la luzerne.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus au cours de ce travail de thèse ont permis d'améliorer nos connaissances sur les feuilles de frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) et frêne commun (*Fraxinus excelsior*), comme des sources alternatives en alimentation des lapins et d'enrichir les tables de composition et valeur nutritive de matières premières pour les lapins en croissance.

La valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites et frêne commun, distribuées comme seul ration, a été estimée à :  $13,6 \pm 0,9$  et  $11,86 \pm 0,50$  MJ pour l'énergie digestible, et à  $98 \pm 10,43$  et  $79,72 \pm 3,96$  g pour les protéines digestibles avec des apports en fibres de 394 et 420 g NDF/kg MS respectivement. Aussi, la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites a été estimée également, via la méthode indirecte à  $8,67 \pm 0,47$  MJ/Kg MS d'énergie digestible et à  $71,55$  g/kg MS  $\pm 7,3$  de protéines digestibles.

Effectivement, nos résultats montrent que la valeur nutritive des feuilles de frêne varie en fonction des espèces et de la méthode utilisée, mais dans une fourchette restreinte. Neanmoins, fraîches ou séchées, elles pourraient être considérées comme une bonne source d'énergie, de protéines et de fibres pour les lapins en croissance. Elles demeurent comparables aux autres plantes herbacées telles que la luzerne et le Sulla. Par conséquent, elles méritent d'être explorées plus précisément.

En perspectives, nous ne pouvons qu'encourager l'introduction des arbres fourragers locaux dans les systèmes fourragers et conviendrait dans l'immédiat de :

- Rechercher les taux optimums d'incorporation des feuilles de frêne pour les lapins en croissance et en reproduction ;
- Analyser le coût de production et/ou de collecte et séchage des feuilles de frêne ;
- Mettre en place les mécanismes nécessaires aboutissant à la culture du frêne, à sa déshydratation d'une manière industrielle et à son conditionnement.

## 6- REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- Agri Med., 2006. "Agriculture pêche, alimentation et développement rural durable dans la région méditerranéenne". CIHEM, Montpellier. Avril 2006.
- Akoutey A., Kpodekon M.T., Bannelier C., Gidenne T. 2012. Nutritive value of sun-dried *Pueraria Phaseoloides* for rabbits under tropical conditions. *World Rabbit Sci.*, 20, p.209 – 213
- Archimède H., Bastianelli D., Boval M., Tran G., Sauvant D. 2011. Ressources tropicales : disponibilité et valeur alimentaire. *INRA Prod. Anim.*, 24 (1), p.23-40
- Ayers A.C., Barrett R.P., Cheeke P.R. 1996. Feeding value of tree leaves (hybrid poplar and black locust) evaluated with sheep, goats and rabbits. *Animal feed science technology*, 57, p.51-62
- Balinska H. 1966. Food preference in rabbits with hypothalamic lesions. *Revue Roumaine de Biologie* 11, p.243-247
- Barkok A. 1991. Quelques aspects de l'élevage du lapin au Maroc. *Options Méditerranéennes*. 17, p19-22
- Bellier R., Gidenne T., Vernay M., Colin M. 1995. In vivo study of circadian variations of the cecal fermentation pattern in postweaned and adult rabbits. *J. Anim. Sci.* 73, p.128-135
- Bennegadi N. 2002. Nonspecific enteropathies in growing rabbit: Impacts of microbial and nutritional factors. *PhD Thesis, Institut National Polytechnique, Toulouse*, pp.161
- Berchiche M., Lebas F. 1994. Rabbit rearing in Algeria: family farms in the Tizi-Ouzou area. *Cahiers Options Méditerranéennes. N° 8, CIHEAM*, p 409-415
- Berchiche M., Lebas F., Lakabi D. 1996. Utilization of home made diets. Effects on growth performance and slaughter yield of Algerian local rabbits. *In Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France*, p 309-314
- Bergaoui R. 1990. Elevage de lapin en Tunisie peut résoudre le problème de déficit en viande du pays. *2<sup>ème</sup> Conférence sur la production et la génétique du lapin dans la région méditerranéenne. 3-7 Septembre, Faculté d'agriculture, Université de Zagazig (Egypte)*, p.14
- Bernardini Battaglini, M., and Castellini C. 2014. Dispense di conigliocultura. [www. ebooks-online.it/Ebooks- Gratis/guida\\_allevamento\\_conigli.pdf](http://www.ebooks-online.it/Ebooks-Gratis/guida_allevamento_conigli.pdf) (en italien)
- Bertrand D. 2002. La spectroscopie proche infrarouge et ses applications dans les industries de l'alimentation animale. *INRA, Production Animale*, 15(3), p.209-219
- Biadi F., Guenezan M. 1992. Le lapin de garenne. *Bull. Tech. d'Information* 3, p.89-95

- Björnhag g., 1972. Separation and delay of contents in the rabbit colon. *Swedish. J. Agric. Res.* 2, p.125-136
- Blas E., Gidenne T. 2010. Digestion of starch and sugars. In: De Blas, C., Wiseman J. (Eds.), *The Nutrition of the Rabbit. , 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 19-38*
- Boval M., Cruz P., Ledet J.E., Coppry O., Archimede H. 2002. Effect of nitrogen on intake and digestibility of a tropical grass grazed by Creole heifers. *J. Agric. Sci.*, 138, p.73-84
- Brun J.M. 1992. Les bases de la génétique quantitative : définition et mesure de paramètres du croisement. *INRA (Ed), hors-série, p101-105*
- Carabaño R., Piquer J., Menoyo D., Badiola I. 2010. The digestive system of the rabbit. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, p. 01-18*
- Carabano R., Villamide M.J., Garcia J., Nicodimus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., Garcia-Rebollar P., Garcia-Ruiz A.I., De Blas J.C. 2009. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: A Review. *World Rabbit Science, 1, p.1-14*
- Castellini, C., Dal Bosco A., Bernardini M., and Cyril H.W. 1998. Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of raw and cooked rabbit meat. *Meat Sci.* 50:153-161
- Catalano, 1974. Cité par Dalle Zotte (2014)
- Cheek P.R. 1987. Rabbit feeding and nutrition. Academic Press, San Diego, USA
- Cheeke P.R. 1992. Feeding systems for tropical rabbit production emphasizing roots, tubers and bananas. In: *Roots Tubers, Plantains and Bananas in Animal Feeding FAO Animal Production and Health Paper, Machin, D. and S. Nyrold (Eds.). FAO, Rome, pp: 235-240.*
- Cheeke P.R., 1974. Feed preferences of adult male dutch rabbits. *Lab. anim. Sci.*, 24, 601-606
- Chevalier A. 1927. Les Frênes comme plantes fourragères dans l'Afrique du Nord. In : *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale. 7e année, bulletin n°71, 467-471*
- Chouaki S. 2006. Deuxième rapport national sur l'état des ressources phylogénétiques. *INRAA-FAO, 92p.*
- Cirad. 2007. La spectroscopie dans le proche infrarouge : *Qu'est-ce que c'est* [http://www.cirad.fr/ur/systemes\\_elevage/content/download/712/3506/version/1/file/presentation+spir.pdf](http://www.cirad.fr/ur/systemes_elevage/content/download/712/3506/version/1/file/presentation+spir.pdf)
- Clement J. M. 1981. Dictionnaire des industries alimentaires. *Edition Masson, p.1146*
- Colin M. 1994. La cuniculture des pays méditerranéens. *Vol 7, asc, 00, p.00-00*
- Colin M., Raguenes N., Le Berre G., Charrier S., Prigent A.Y., Perrin G., 2005. Influence d'un enrichissement de l'aliment en acides gras oméga 3 provenant de graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) sur les lipides et les caractéristiques hédoniques de la viande de Lapin. *11 éme journ. Rech. Cunicole, Paris (France), 29-30 Novembre, p.163-166.*

- Colin M., Arkhurst G., Lebas F. 1973. Effet de l'addition de méthionine au régime alimentaire sur les performances de croissance chez le lapin. *Ann. Zootech.* 22, p.485-491
- Colin M., Lebas F., 1995. Le lapin dans le Monde : Le Maghreb. *Association Française de Cuniculture Edit. Lempdes (France)*, p 22-33
- Combes S., Fortun-Lamothe L., Cauquil L. and Gidenne T. 2013. Engineering the rabbit digestive ecosystem to improve digestive health and efficacy. *Animal* 7, p.1429-1439
- Cosson E. 1879. Le règne végétal en Algérie : considérations générales sur l'Algérie, sur ses plantes spontanées et ses cultures. *Conférence de l'association scientifique de France, à la Sorbonne (France), Avril 1879*, p.75
- Cozannet P. 2010. Valeur nutritionnelle des drêches de bioéthanol de blé pour les animaux monogastriques. *Thèse de doctorat, Agrocampus Ouest, Sous le sceau de l'Université Européenne de Bretagne (France)*, p.139
- Dalle Zotte A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 75:11-32
- Dalle Zotte A. 2004. Avantage diététiques. Le lapin doit apprivoiser le consommateur. *"Viandes Produits Carnes"*, 23 (6):161-167
- Dalle Zotte A. 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, Vol.4, N° 4
- Dalle Zotte A., Szendrő Zs. 2011. The role of rabbit meat as functional food: A review. *Meat Sci.* 88:319-331
- Dawson M.R., 1967. Lagomorph history and the stratigraphic record. In: C. Teichert and E.L. Yockelson, editors, Essays in paleontology and stratigraphy. R. C. Moore Commemorative Volume. *Department of Geology, University of Kansas Spec. Publ. 2. University of Kansas Press, Lawrence.* p. 287-316
- De Blas C., Mateos G.G. 2010. Feed formulation. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 222-232
- De Blas J.C., Rodriguez, J.M., Santoma, G., Fraga, M.J. 1984. The nutritive value of feeds for growing fattening rabbits. Energy evaluation. *J. Applied Rabbit Res.*, 7: 72-74
- Demarquilly C., Weiss P. 1970. Tableaux de la valeur alimentaire des fourrages. (ed) *INRA, étude n°42*, p.84
- De Rechambeau H., Bolet G., et Tudela F. 1994. Long term selectio-comparison two rabbit strains. *5<sup>th</sup> world congres of genetics to livestock production. Guelph, Canada, 7 - 12 August, Vol. 6*, p 557-560

- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Takalika D.A., Digraskar S.U. 1993a. Nutritional effect of mulberry (*Morus alba*) leaves as sole ration of adult rabbits. *World Rabbit Sci.*, 1, 67-69
- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Randhe S.R and Deahmukh S.S. 1993b. Voluntary intake, digestibility and nutritive value of coastal Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) employed as sole feed for rabbits. *World rabbit Sci.*, 1, 109-111
- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Takalika D.A., Digraskar S.U. 1993c. Digestibility of feed ingredients for rabbits from chemical analysis. *Animal Feed Science and Technology* 70, 211-224
- Djellal F, Mouhous A. 1997. Elevage de lapin. : Étude de l'élevage fermier dans la région de Tizi-Ouzou. Mémoire d'ingénieur. *Université Mouloud MAMMERRI, Tizi-Ouzou*, 77 .p
- Djellal F, Mouhous A, Kadi S A 2006. Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development. Volume 18, Article #100*. Retrieved July 21, 2016, from <http://www.lrrd.org/lrrd18/7/djel18100.htm>
- Drogoul, C., Gadoud, R., Joseph, M.M., Jussiau, R., Lisberney, M.j., Mangeol, B. and Montméas L., Tarrit A. 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. *Educagri édition. Tome 1*, 270 p.
- Duflot H. 2002. Le frêne en liberté. Institut pour le développement forestier, (ed). *Lavoisier diffusion*, p188
- FAOSTAT. 2012., The Statistics Division of the FAO. <http://faostat.fao.org/>.
- Faure J. 1963. Le sommeil 'paradoxal' du lapin dans ses aspects anatomo-fonctionnels et hormonaux. *Colloque international. du CNRS, Lyon 9-11 Sept. 1963, N°127*, p.241-283
- Fernandez-Carmona J., Cervera C., Blas E. 1996. Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. *Animal. Feed Science. Technologie.*, 64, p.61-75
- Fernandez-Manjarres J.F., Gerard P.R., Dufour J., Raquin C., Frascaria-Lacoste N. 2006. Differential patterns of morphological and molecular hybridization between *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl (Oleaceae) in eastern and western France. *Mol. Ecol.* 15, p.3245-3257
- Finzi A. 2008. Rabbit production development, new strategies to avoid conflict between use of natural resources for food and feed. In: R. Preston and Nguyen Van Thu (eds.). *Proc. of the International Workshop on Organic Rabbit Farming based on Forages. Cantho University, Vietnam, 25-27 November 2008*.
- Fioramonti J. and Ruckebush Y. 1976. La motricité caecale chez le lapin. 3. Dualité de l'excrétion fécale. *Annales de Recherches Vétérinaires* 7, p.281-295

- Forthun-Lamothe L., Boullier S. 2007. A review on the interactions between gut microflora and digestive mucosal immunity. Possible ways to improve the health of rabbits. *Livestock Science* 107, p.1-18
- Fortun-Lamothe L., Theau- Clernent M., Combes S., Allain D., Lebas F., Le Normand B., Gidenne T. 2015. Physiologie. in: *Le lapin : de la biologie à l' élevage* (Gidenne T., ed.), *Quae publ.* 33-76
- Fraga M.J. 2010. Pprotein requirements. In de Blas C., Wiseman J., *Nutrition of the rabbit, CAB International Ed., Wallingford, UK.* 133-143
- Franc A., Ruchaud F. 1996. Le Frêne commun. Autécologie des feuillus précieux : Frêne commun, Merisier, Erable sycomore, Erable plane. C.E.M.A.G.R.E.F. *Editions Riom (France), Pp.* 15-68
- Franzel S., Carsan S., Lukuyu B., Sinja J. and Wambugu C. 2014. Fodder trees for improving livestock productivity and smallholder livelihoods in Africa. *Current opinion in environmental sustanaibility*, 6: 98-103
- Fraxigen. 2005. Ash species in Europe: biological characteristics and practical guidelines for sustainable use. *Oxford Forestry Institute, University of Oxford, UK.* pp.128
- Gacem M., Lebas F. 2000. Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. *7th world rabbit congress, Valencia, Spain, Volume B, p75-80*
- García A.I., de Blas J.C., Carabaño R. 2004. Effect of type of diet (casein-based or protein-free diet) and caecotrophy on ileal endogenous nitrogen and amino acid flow in rabbits. *Animal Science* 79, p.231-240
- Garreau H., Theau-Clement M. 2015. Anatomie, taxonomie, origine, évolution et domestication. in:*Le lapin : de la biologie à l' élevage* (Gidenne T., ed.), *Quae .* 13-32
- Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F. et Culioli, J. 2002. Valeur diététique et qualités sensorielles des viandes de ruminants. Incidence de l'alimentation des animaux. *INRA Prod. Anim.*, n°15, 2002, 37-52.
- Gibb J.A. 1990. The European rabbit *Oryctolagus cuniculus*. In: *J.A. Chapman and J.E.C. Flux, editors, Rabbits, hares and picas: Status survey and conservation action plan. IUCN/SCC.* p. 116-120
- Gidenne T.1985. Effet d'un apport de banane en complément d'un aliment concentré sur la digestion des lapereaux à l'engraissement. *Cuni-Sciences*, 3, 1-6

- Gidenne T. 1987a. Influence de la teneur en lignine des aliments sur la composition des digesta et la production de cæcotrophes par le lapereau. *Ann. Zootech.* 36,85-90
- Gidenne T. 1987b. Utilisation digestive des constituants pariétaux chez le lapin. Méthodes d'études du transit et des flux, dans différents segments digestifs. *Thèse de doctorat, Inst.Nat.Polytech. Toulouse, 93 p*
- 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. 2000. Recent advances and perspectives in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements. *World Rabbit Sci.*, 8: 23-32
- Gidenne T. 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livest. Prod. Sci.*, 81: 105-117
- Gidenne T. 2015a. Avant-propos. in : *Le lapin : de la biologie à l'élevage (Gidenne T., ed.)*, Quae publ. 11-13
- Gidenne T. 2015b. Dietary fibres in the nutrition of the growing rabbit and recommendations to preserve digestive health: a review. *Animal*, 9 (02), p.227-242
- Gidenne T., Arveux P., Madec O. 2001. The effect of the quality of dietary lignocellulose on digestion, zootechnical performance and health of the growing rabbit. *Anim. Sci.* , 97-104
- Gidenne T., Poncet C. 1985. Digestion chez le lapin en croissance, d'une ration à taux élevé de constituants pariétaux : étude méthodologique pour le calcul de digestibilité apparente, par segment digestif. *Annales de Zootechnie* 34, p.429-446
- Gidenne T., Lebas F. 2006. Feeding Behaviour in Rabbits. *Feeding in Domestic Vertebrates: from structure to behaviour. V. Bels: 179-194*
- Gidenne T., García J. 2006. Nutritional strategies improving the digestive health of the weaned rabbit. In: Maertens, L. and Coudert, P. (eds) *Recent Advances in Rabbit Sciences. ILVO, Melle, Belgium, pp. 229-238*
- Gidenne T., Lebas F. 1987. Estimation quantitative de la cæcotrophie chez le lapin en croissance : variations en fonctions de l'âge. *Ann. Zootech.* 36, p.225-236
- Gidenne T., Carabaño C., Garcia J., De Blas C. 1998. Fibre digestion. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds), *the nutrition of the rabbit, CABI, pp. 69-88*
- Gidenne T., García J., Lebas F., Licois D. 2010. Nutrition and Feeding Strategy: Interactions with Pathology. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit, 179-199*
- Gidenne T., Jehl N., Segura M., Michalet-Doreau B. 2002. Microbial activity in the cæcum of the rabbit around weaning: impact of a dietary fibre deficiency and of intake level. *Anim. Feed Sci. Technol.* 99, p.107-118

- 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., Perez J.M. 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Ann. Zootech.* 43, p.313-322
- Harris D.J., Cheeke P.R., Patton N.M. 1983. Feed preference and growth performance of rabbits fed pelleted versus unpelleted diets. *J. Appl. Rabbit Res.* 6, p.15-17
- Hennaf R., Surdeau P., Marionnet D., 1988. Création d'élevage. 6ème édition. Dossier technique est économique de la mise en place d'une production cunicole rationnelle.
- Hernández P., Dalle Zotte A. 2010. Influence of diet on rabbit meat quality In: *De Blas C. Wiseman J. (Eds). The Nutrition of the Rabbit. CABI Publishing. CAB International, Wallingford Oxon, UK, 163-178*
- Hirakawa H. 2001. Coprophagy in leporids and other mammalian herbivores. *Mammal Rev.* 31, p.61-80
- INRA 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. *INRA ed.*
- Ismail A.M., Shalash S.M., Kotby E.A., Cheeke P.R., Patton N.M. 1992. Hypervitaminosis A in rabbits. I. Dose response. *J. Applied Rabbit Res.*, 15, p.985-994
- Jarrige, R. 1988. Alimentation bovins, ovins et Caprins. (ed) *INRA*, 476 p.
- Kadi S.A. 2012. Alimentation de lapin de chair : Valorisation de sources de fibres disponible en Algérie. *Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie), 143 p.*
- 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. In *Proc. 10<sup>th</sup> World Rabbit Congress, 2012 September, Sharm El-Sheikh, Egypt, p.507-511*
- Kadi S.A., Djellal. F., Berchiche M. 2008. Commercialization of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. *9<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Verona, Italy, June 10-13, 2008. 1559-1564.*
- Larzul C., Gondrec F. 2005. Aspects genetiques de la croissance de la qualité de la viande chez le lapin. *INRA Productions Animâtes*, 18 (2), 119-129
- Lebas F. 1973. Possibilités d'alimentation du lapin en croissance avec des régimes présentés sous forme de farine. *Ann. Zootech.* 22, p249-251
- Lebas F. 1975. Le lapin de chair, ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique. *ITAVI*
- Lebas F. 1989. Besoins nutritionnels des lapins : revue bibliographique et perspectives. *Cuni Sci.*, 5: 1-28

- Lebas F. 2000. Vitamins in rabbit nutrition: Literature review and recommendations. *World Rabbit Sciences*, 8 (4), 185-192
- Lebas F. 2004. Reflections on rabbit nutrition with special emphasis on feed ingredients utilization. In: *Becerril, C.M. and Pro, A. (eds) Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, Puebla. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Spain, pp. 686–736*
- Lebas F. 2010. Intérêt d'une alimentation équilibrée pour l'élevage cunicole en Algérie. Atelier de travail sur la création d'une souche synthétique, Baba Ali (Algérie) 14-15 juin 2010.
- Lebas F. 2013. Estimation de la digestibilité des protéines et de la teneur en énergie digestible des matières premières pour le lapin, avec un système d'équations. *5èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France, 27-30*
- Lebas F. 2015. Biologie du lapin. 4.4 Comportement alimentaire, <http://www.cuniculture.info/Docs/Biologie/biologie-04-4.htm>
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G. 1984. Le lapin, élevage et pathologie. *FAO. Rome.*
- Lebas F., Laplace J.P. 1977. Le transit digestif chez le lapin. VI.-Influence de la granulation des aliments. *Ann.Zootech. 26, p.83-91*
- Lebas F., Gidenne T., Perez J.M., Licois D. 1996. Nutrition and pathology. In: *The nutrition of the rabbit. Ed. De Blas. & Wiseman), CABI publishing, Wallingford, UK, p.197-214*
- Lebas F., Greppi G. 1980. Ingestion d'eau et d'aliment chez le jeune lapin disposant d'un aliment carencé en méthionine ou en lysine et pour boisson, en libre choix, d'une solution de cet acide aminé ou d'eau pure. *Reprod.Nutr. Develop. 20, p.1661-1665*
- Licciardelli G., and Cortese M., 1962. *Coniglicoltura pratica. 18th ed. Milano.*
- Lila M., Furstoss V. 2000. L'utilisation de la spectroscopie dans le proche infrarouge pour l'évaluation de la qualité des fourrages. *Fourrages 161, p.69 -81*
- Lombardi-Boccia G., Lanzi S., Aguzzi A. 2005. Aspects of meat quality: trace elements and B vitamins in raw and cooked meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 18, no 1, p. 39-46
- Lorente M., Fraga M.J., Carabaño R. and de Blas J.C. 1988. Coprophagy in lactating does fed different diets. *Journal of Applied Rabbit Research 11, p.11-15*
- Maertens L. 1992. Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. *J. Appl. Rabbit Res. 15, 889-913*
- Maertens L. 1994. Effect of pellet diameter on the growth performance of rabbits before and after weaning. In: *6emes Journées de la Recherche Cunicole en France. Paris, France, p. 325–332*

- Maertens L. 2010. Feeding Systems for Intensive Production. In: *De Blas C., Wiseman J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 253-266*
- Maertens L., Lebas F. 1989. Mesure de la valeur énergétique des aliments et des matières premières chez le lapin : une approche critique. *Cuni-Sciences.*, vol. 5, Fasc. 2. p.35-46
- Maertens L., Moermans R., De Groote G. 1988. Prediction of the apparent digestible energy content (ADE) content of commercial pelleted feeds for rabbits. *J. Applied Rabbit Res.*, 11, p. 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., 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, p. 255-271*
- Mateos G.G., Rebollar P.G., de Blas C. 2010. Minerals, Vitamins and Additives. In: *De Blas C., Wiseman J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, p.119-150*
- Mebirouk-Boudechiche L, Abidi S, Cherif M and Bouzouraa I (2015). Digestibilité in vitro et cinétique de fermentation des feuilles de cinq arbustes fourragers du nord est algérien. *Revue Méditerranéenne Vétérinaire*, 166, 11-12 : 350-359.  
[http://www.revmedvet.com/2015/RMV166\\_350\\_359.pdf](http://www.revmedvet.com/2015/RMV166_350_359.pdf)
- Metzger S.Z., Dalle Zotte A., Biró-Németh E., Radnai I., Szendro Z.S. 2005. Effect of maternal lysine supplementation on the performance of growing rabbits. Preliminary results. *Ital. J. Anim. Sci.*, Vol. 4, Suppl. 3, p.39-42
- Monnerot M., Vigne T.D., Biju-Duval C., Lasare D., Callon C., Hardy C., Mougel F., Soriguer R., Dennombowy N., Moundon J.L., 1994. Rabbit and means : genetic and historic approach. *Genet. Sel. Evol*, 26, Suppl. 1, p.167-182
- Morot C. 1882. Mémoire relatif aux pelotes stomacales des léporidés. *Recueil de Médecine Vétérinaire* 59, p. 635-646
- NRC. 1977. Nutrient Requirements of Rabbits. 2<sup>nd</sup> revised ed. National Academy of Science, *National Research Council, Washington, DC, USA.*
- Ouhayoun J., Lebas F., 1973. Cité par Colin 1992 (La cuniculture des pays méditerranéens. Vol 7, asc, 3, p.73-100)
- Parigi Bini R., Xiccato G. 1998. Energy metabolism and requirements. In: *De Blas C. and Wiseman J. (ed.) the nutrition of the rabbit. CABI publishing, UK, p. 103-131*

- Parigi Bini R., Xiccato G., Cinetto M., Dalle Zotte A., and Converso R. 1992. Effetto dell'età e del peso di macellazione e del sesso sulla qualità della carcassa e della carne cunicola. 1. Rilievi di macellazione e qualità della carcassa. *Zoot. Nutr. Anim.* 18:157-172 (en Italien).
- Parker D.S. 1976. The measurement of production rates of volatile fatty acid production in rabbits. *British Journal of Nutrition* 36, p.61-78
- Partridge G.G., Garthwaite P.H. and Findlay M. (1989). Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fibre. *Journal of Agricultural Science* 112, 171–178
- Pereira E, Castro M and Castro J.2008. The role of scattered Narrow-leafed ash of lameiro systems on livestock production in Northeast Portugal. *COST E42 „Growing Valuable Broadleaved Tree Species “(ValBro)*. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/5659>
- Perez J.M. 2004. Valeurs nutritives pour les lapins. In: *Sauvant D., Perez J.M., Tran G. 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage : porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2<sup>ème</sup> Edition revue et corrigée. INRA Editions, Paris, France.p.51-54*
- Perez J.M., Gidenne T., Bouvarel I., Arveux P., Bourdillon A., Briens C., Le Naour J., Messenger B., Mirabito L. 1996. Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Ann. Zootech.* 45, p.299-309
- Perez J.M., Gidenne T., Lebas F., Caudron I., Arveux P., Bourdillon A., Duperray J., Messenger B. 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances de croissance et la mortalité. *Ann. Zootech.* 43, p.323-332
- Portsmouth J.I. 1977.The nutrition of the rabbits. In: Haresign, W., Swan, H. and Lewis, D. (eds) *Nutrition and the Climatic Environment. Butterworths, London, UK, pp. 93-11*
- Proto V. 1980. Alimentazione del coniglio da carne. *Coniglicoltura* 17(7), p.17-32
- Prud'hon M., Cherubin M., Goussopoulos J., Carles Y. 1975. Evolution au cours de la croissance des caractéristiques de la consommation d'aliments solides et liquides du lapin domestique nourri ad libitum. *Annales de Zootechnie* 24, p.289-298
- Rameau J. C., Mansion D., Dumé G. 1989. Flore forestière française, guide écologique illustré. Tome 1. Plaines et collines. Institut pour le Développement Forestier, Paris.
- Ramirez De Arellano Jimenez F. 2005. Variabilité morphologique, anatomique et architecturale du frêne oxyphylle (*Fraxinus angustifolia* Vahl. ssp *angustifolia*). *PhD Thesis. Université Montpellier II.*

- Raquin C., Brachet S., Jeandroz S., Vedel F., Frascaria-Lacoste N. 2002. Combined analyses of microsatellite and RAPD markers demonstrate possible hybridisation between *Fraxinus excelsior* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl. *For. Gen.* 9 (2), p. 111-114
- Rayman M.P. 2004. The use of high-selenium yeast to raise selenium status : How does it measure up ? *Br. J. Nutr.* 92:557-573
- Rippstein G. et Peyre De Fabrègues B. 1972. Modernisation de la zone pastorale du Niger. Étude Agrositologique, n. 33, IEMVT, Labo. D'Élevage de Niamey, p 303
- Robinson T.J., Yang F. and W.R. Harrison. 2002. Chromosome painting refines the history of genome evolution in hares and rabbits (order Lagomorpha). *Cytogenet. Genome Res.* 96:223–227
- Rodet J.C. 1979. Vous ne pouvez plus ignorer l'élevage biologique. Ed. *Camugli. Lyon (France)*, pp.311
- Rougeot J. 1981. Origine et histoire du lapin. *Ethnozootecnie* N° 27, p.1-9
- Rushfort K. 2006. Reconnaître les arbres sans peine. *Edition Nathan*, 288 p.
- Samkol P., Lukefahr S.D. 2008. A challenging role of organic rabbit production towards poverty alleviation in South East Asia. *In Proc. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10-13 June*, p.1479-1497
- Sauvant D. 2004. Principes généraux de l'alimentation animale. *Polycope de cours, INAPG.* [http://www.inapg.fr/spip/IMG/pdf/dsa\\_nal\\_principes.pdf](http://www.inapg.fr/spip/IMG/pdf/dsa_nal_principes.pdf)
- Shehata S.A. 2005. Nitrate Detoxification of drinking water by ascorbic acid in growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: p.93-106
- Szendro, Zs., Szendro K., and Dalle Zotte A. 2012. Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms: A review. *Asian-australas. J. Anim. Sci.* 25(5):738-748
- Thiébaud L. 2007. « De la racine à la dernière feuille » Utilisations et représentations du frêne dans une commune des Hautes-Pyrénées : quand humains et frênes se rencontrent. Mémoire de licence en ethnologie et biologie, Université de Neuchâtel, p143
- Thornton P.K., Van de Steeg J., Notenbaert A., Herrero M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agric. Syst.*, 101, p.113-127
- Villamide M.J. 1996. Methods of energy evaluation of feed ingredients for rabbits and their accuracy. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 57: 211-223

- Villamide M.J., Lorente A., García A.I, Carabano R. 2016. Nitrogen and amino acid ileal and faecal digestibility of rabbit feeds predicted by an in vitro method. *Animal Feed Science and Technology* 219, p.210–215
- Villamide M.J., Carabaño R., Maertens L., Pascual J., Gidenne T., Falcao-E-Cunha L., Xiccato G. 2009. Prediction of the nutritional value of European compound feeds for rabbits by chemical components and in vitro analysis. *Animal Feed Science and Technology* 150, p.283-294
- Villamide M.J., Fraga M.J. 1998. Prediction of the digestible crude protein and protein digestibility of feed ingredients for rabbits from chemical analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 70, p.211-224
- Villamide M.J., Garcia J., Cervera C., Blas E., Maertens L., Perez J.M. 2003. Comparison among methods of nutritional evaluation of dietary ingredients for rabbits. *Anim. Feed Science and Technology* 109, p.195-207
- Villamide M.J., Maertens L., Cervera C., Perez J.M., Xiccato G. 2001. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbit Sci.*, 9, p.19-26
- Villamide M.J., Maertens L., De Blas C. 2010. Feed Evaluation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, p.151-162
- Villamide M.J., Maertens L., De Blas C., Perez J.M., 1998. Feed evaluation. In: De Blas C., Wiseman J. (Eds), *The Nutrition of the rabbit*. CABI Publishing, CAB International, Wallingford Oxon (UK), p.89-102
- Wallander E, Albert V.A. 2000. Phylogeny and classification of Oleaceae based on rps16 and trnL-F sequence data. *American Journal Botanic*, 87, p.1827–1841
- Wallander E. 2008. Systematics of Fraxinus (Oleaceae) and evolution of dioecy. *ant. Syst. Evol.* 273: 25-49
- Wilson D.E., Reeder D.A.M.. 1993. Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference. 2nd ed. *Smithsonian Institution Press, Washington, London*.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.A. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality : A review. *Meat Sci.* 78:343-358
- Yamani, K. A. O. 1990. Breeds and prospects for research to improve rabbit meat production in Egypt. *Breeds and prospects for research to improve rabbit meat production in Egypt.* (8), 67-73.

- Jayanegara A., Kreuzer M. et Leiber F. 2012. Ruminant disappearance of polyunsaturated fatty acids and appearance of biohydrogenation products when incubating linseed oil with alpine forage plant species in vitro. *Livestock science*, (147) :104 -112
- Zarraa S., Colin M., Prigent A.Y., Shi D. 2016. Possible deleterious effects of excessive consumption of vitamin E in rabbit performance and health before and after weaning. *In Proc. 11<sup>th</sup> world rabbit congress, Qingdao (china)*, p.470-474
- Zeweil H., Elnagar S., Zahran S., Ahmed M., El-Gindy Y. 2013. Pomegranate peel as a natural antioxidant boosts bucks' fertility.
- Zoccarato I. 2008. Sviluppo della conigliicoltura. *Chapitre du livre. In: L.P.V.I. Srl, editor, Avicoltura e Conigliicoltura. p. 554*

## 7. LISTE DES ILLUSTRATIONS

### LISTE DE FIGURES

	<b>Page</b>
<b>Figure 01 :</b> Position du lapin <i>Oryctolagus cuniculus</i> dans la taxonomie des lagomorphes (Garreau <i>et al.</i> , 2015).	<b>13</b>
<b>Figure 02 :</b> Aperçu de la forme des genres : <i>Sylvilagus</i> , <i>Lepus</i> et <i>Oryctolagus</i> (Catalano, 1974)	<b>14</b>
<b>Figure 03 :</b> Production et consommation de la viande du lapin dans le monde (FAOSTAT, 2012).	<b>20</b>
<b>Figure 04 :</b> Schéma des différents éléments composant le tractus digestif du lapin Lebas (2015).	<b>23</b>
<b>Figure 05 :</b> Cæcotrophie et évolution nycthémérale du contenu stomacale du lapin (Gidenne, 1987a).	<b>26</b>
<b>Figure 06 :</b> Ingestion et croissance chez le lapin, entre le sevrage (28j) et l'âge adulte (Gidenne et Lebas, 1987).	<b>28</b>
<b>Figure 07 :</b> Relation entre ingestion volontaire et composition de l'aliment, chez le lapin selon Gidenne (2006 ; A) et Gidenne Lebas (2005 ; B).	<b>30</b>
<b>Figure 08 :</b> Profil circadien de l'ingestion d'aliment solide chez le lapin en croissance ou adulte (Bellier <i>et al.</i> , 1995).	<b>31</b>
<b>Figure 09 :</b> Effet de la densité énergétique (◆) de l'aliment sur la vitesse de croissance et l'énergie digestible (ED) totale ingérée (▲) selon Partridge <i>et al.</i> (1989).	<b>35</b>
<b>Figure 10:</b> Les fibres alimentaires : principales classes et méthodes d'analyse (Gidenne <i>et al.</i> , 2015).	<b>37</b>
<b>Figure 11 :</b> Rôle de l'apport en fibres sur la santé des lapins à l'engraissement (Lebas, 1989).	<b>38</b>
<b>Figure 12 :</b> Variation de l'index de risque sanitaire « I.R.S. », en fonction du taux d'ADL du régime (Gidenne (2003).	<b>38</b>
<b>Figure 13 :</b> Importance de l'abreuvement des lapins (Lebas, 2006).	<b>41</b>
<b>Figure 14 :</b> Distribution de <i>Fraxinus excelsior</i> en Europe et Afrique du Nord selon EUROFORGEN (2009).	<b>45</b>
<b>Figure 15 :</b> Distribution de <i>Fraxinus angustifolia</i> en Europe et Afrique du Nord FRAXIGEN (2005).	<b>45</b>

## LISTE DE TABLEAUX

	<b>Page</b>
<b>Tableau 01 :</b> Composition approximative (g/100 g) et valeur énergétique (kJ/100 g) de quelques morceaux de viande lapin (Hernández et Dalle Zotte, 2010).	<b>18</b>
<b>Tableau 02 :</b> Proportions des différents acides gras (% esters de méthyle des acides gras totaux et teneur en cholestérol (mg/100 g) dans divers morceaux de la viande du lapin selon Hernández et Dalle Zotte (2010).	<b>19</b>
<b>Tableau 03 :</b> Quantité de viande du lapin produite (par tonnes) dans certains pays africains sur une période de 20 années selon FAOSTAT (2011).	<b>22</b>
<b>Tableau 04 :</b> Effectif de lapines reproductrices (par milliers) pour certains pays africains sur une période de 20 années selon FAOSTAT (2011).	<b>22</b>
<b>Tableau 05 :</b> Composition moyenne des crottes dures et molles (cæcotrophes) selon Proto (1980).	<b>26</b>
<b>Tableau 06 :</b> Ingestion, croissance et efficacité alimentaire du lapin domestique sevré selon Gidenne et Lebas (2005).	<b>29</b>
<b>Tableau 07 :</b> Évolution du comportement alimentaire de lapins mâles entre 6 et 18 semaines, ayant en permanence à leur disposition un aliment granulé équilibré et de l'eau de boisson, et maintenus dans une salle à $20 \pm 1^\circ\text{C}$ (Prud'hon <i>et al.</i> , 1975).	<b>31</b>
<b>Tableau 08 :</b> Quantités d'aliments et d'eau consommées par des lapins en croissance, en fonction de la température ambiante selon Eberhart (1980).	<b>41</b>
<b>Tableau 09 :</b> Composition chimique (g/kg MS) et valeur nutritive des feuilles de frêne oxyphylle ( <i>Fraxinus angustifolia</i> ) et commun ( <i>Fraxinus excelsior</i> ) étudiées.	<b>99</b>
<b>Tableau 10 :</b> Composition chimique (g/kg MS) et valeur nutritive des feuilles de frêne oxyphylle ( <i>Fraxinus angustifolia</i> ) déterminée et calculée.	<b>99</b>

## 8. LITE DES ABREVIATIONS

**%** : pourcentage

**/** : Rapport

**<** : Inférieure

**>** : Supérieure

**°C** : Degré Celsius

**ADF** : Acid detergent fibre

**ADL**: Acid detergent lignin

**AGMI** : Acide gras mono-insaturés

**AGPI** : Acides gras polyinsaturés

**AGS** : Acide gras saturés

**AGS** : Acides gras insaturés

**AGV** : Acides gras volatiles

**DM**: Dry matter

**CF**: Crude fiber

**CJR** : Consommation journalière

recommandée

**cm** : Centimètre

**CP** : Crude Protein

**DCP** : Digestible Crude Protein = PD :  
digestibilité des protéines brutes

**DE** : Digestible Energy = ED : énergie  
digestible

**DHA** : Docosahexaenoique

**ED** : Energie Digestible

**EE** : Extrait Ethéré

**EGRAN**: European group of rabbit  
nutrition

**ET** : Ecart type

**g** : Gramme

**h** : Heure

**HCL** : Acide chlorhydrique

**j** : Jour

**kcal** : Kilo calorie

**kJ** : Kilo joule

**L/C**: Lignine/Cellulose = ADL/(ADF-  
ADL)

**m** : Mètre

**mg** : Milligramme

**MJ** : Méga joule

**mn** : Minute

**Moy** : Moyenne

**MS** : Matière sèche

**n** : Nombre d'études considérées

**NDF** : Neutral detergent fibrefibre

**NRC** : National research concil

**P.N.D.A** : Plan national de développement  
agricole

**PD** : Protéine digestible

**pH** : Gradient d'acidité

**PV<sup>0.75</sup>** : poids vif métabolique

**SPIR** : Spectrométrie Proche Infrarouge

**UI** : Unité internationale

## 9. ANNEXES

**Annexe 01.** Principales recommandations pour la composition d'aliments granulés\* selon la catégorie de lapins (Gidenne *et al.*, 2015).

Unité = g/kg d'aliment, sauf indication contraire	Jeunes en croissance		Lapines en production		Futures reproductrices	Lapins à l'entretien	Aliment unique	
	Périsévrage	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	9,0 à 9,3	9,6 à 10,2
Protéine digestible (PD)	g	110 à 120	100 à 115	115 à 130	125 à 140	100 à 115	95 à 100	110 à 125
Ratio PD/ED	g/MJ	11,6 à 12,2	9,8 à 11,3	10,9 à 12,1	11,7-12,8	10,5 à 11,6	10,5 à 10,8	11,5 à 12,3
<b>Acides aminés digestibles</b>								
Lysine	g	6,0	5,7	6,4	6,6	5,5	5,1	5,9
Soufrés totaux (mét. + cyst.)	g	4,7	4,3	4,6	4,9	4,3	4,0	4,7
Thréonine	g	4,4	4,2	4,3	4,7	4,2	3,7	4,3
<b>Fibres</b>								
Lignocellulose (ADFom) <sup>a</sup>	g	≥ 190	≥ 170	160 à 185	155 à 180	≥ 170	≥ 150	≥ 170
Lignines (ADL) <sup>a</sup>	g	≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40	≥ 50	≥ 40	> 45
Fibres « digestibles » <sup>b</sup>		< 240	< 220	< 270	< 260	< 220		
Ratio FD/ADF		≤ 1,3	≤ 1,3	1,3 à 1,6	1,3 à 1,5	1,3 à 1,5	1,3 à 1,6	≤ 1,3
<b>Minéraux</b>								
Calcium	g	8,0	7,0	10,5	12,0	7,5	7,0	10,0
Phosphore	g	4,0	3,0	5,0 à 6,0	5,5 à 6,5	3,5	3,0	5,0
Sodium	g	2,0	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
<b>Oligoéléments</b>								
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
<b>Vitamines</b>								
Vitamine A	UI/kg	6 000	6 000	10 000	10 000	10 000	6 000	8 000
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	2

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

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

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

**Annexe 02.** Guide pratique pour la différenciation entre *Fraxinus excelsior* et *Fraxinus angustifolia*  
Selon FRAXIGEN ( 2005).

Famille OLÉACÉES	Espèce <i>Fraxinus angustifolia</i>	Auteur Vahl
------------------	-------------------------------------	-------------

**FRAXINUS ANGUSTIFOLIA**

**Feuilles** Pennées, 25 cm de long, 7 à 13 folioles lancéolées, de 7,5 cm de long et 2 cm de large, extrémité en pointe effilée fine, dents aiguës, vert vif brillant et lisses dessus, folioles latérales sessiles; bourgeons d'hiver brun foncé. **Écorce** Gris-brun, crêtes saillantes. **Flours** Très petites, vertes ou pourpres, sans pétales, en groupes, printemps, avant les feuilles. **Fruit** Aile aplatie au bout, 4 cm de long, vert, brun pâle à maturité, en groupes pendants.

- **ORIGINE** N. de l'Afrique, S.-O. de l'Europe.
- **HABITAT** Bois et bords de rivière.

Hauteur 25 m	Port Colonne large	Feuilles Caduques	Type
--------------	--------------------	-------------------	------

Famille OLÉACÉES	Espèce <i>Fraxinus excelsior</i>	Auteur Linnaeus
------------------	----------------------------------	-----------------

**FRÈNE COMMUN**

**Feuilles** Pennées, 30 cm de long, 9 à 13 folioles oblongues-ovales à lancéolées, de 10 cm de long et 3 cm de large, acuminées, à dents aiguës, vert foncé dessus, les latérales sur un pétiole court. **Écorce** Gris pâle et lisse, se fissure avec l'âge. **Flours** Minuscules, pourpres, sans pétales, s'ouvrant à partir de boutons presque noirs, sur plantes séparées ou non, printemps, avant les feuilles. **Fruit** Se terminant par une aile aplatie, 4 cm de long, vert, brun pâle à maturité, en groupes pendants.

- **ORIGINE** Europe.
- **HABITAT** Bois humides, bords de rivière.

◁ 'JASPIDEA'  
En hiver, cette forme se reconnaît facilement à ses rameaux jaunes trapus, qui contrastent vivement avec les bourgeons foliaires noirs.

Hauteur 40 m	Port Colonne large	Feuilles Caduques	Type
--------------	--------------------	-------------------	------

## Résumé

### Valeur nutritive pour le lapin en croissance des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*).

Le prix élevé des aliments granulés de commerce est parmi les facteurs limitant le développement de l'élevage rationnel de lapins en Algérie. Les matières premières composant les aliments actuellement disponibles sur le marché sont en grande partie importées et coûteuses. Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif de déterminer via deux méthodes distinctes (directe et indirecte) *in-vivo*, la valeur nutritive des feuilles de deux espèces de frêne (*Fraxinus angustifolia* ; *Fraxinus excelsior*), disponibles localement, récoltées en automne et séchées à l'ombre pour la méthode indirecte. L'objectif de cette étude est de remplacer la luzerne déshydratée et les tourteaux de soja en alimentation du lapin. La valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites, récoltées en automne et distribuées comme seul aliment aux lapins en croissance, a été estimée à  $13,06 \pm 0,9$  MJ/kg MS d'énergie digestible et à  $98 \pm 10,43$  g/kg MS de protéines digestibles. Les feuilles de frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*) s'avèrent donc une source d'énergie, de protéines et de fibres (NDF : 394 g/kg MS). Aussi, la valeur nutritive des feuilles de frêne commun (*Fraxinus excelsior*), récoltées en automne a été estimée en parallèle-via aussi la méthode directe, à  $11,86 \pm 0,50$  MJ/kg MS d'énergie digestible et à  $79,72 \pm 3,96$  g/kg MS de protéines digestibles. Les feuilles de frêne à feuilles étroites s'avèrent également une source d'énergie, de protéines et de fibres (NDF : 420 g/kg MS). D'après ces résultats, la valeur nutritive des feuilles de frêne varie en fonction des espèces, mais dans un intervalle très restreint. Par ailleurs, pour raffermir ces résultats, la valeur nutritive des feuilles de frêne à feuilles étroites a été estimée également via la méthode indirecte (régression linéaire) à  $8,67 \pm 0,47$  MJ/Kg MS d'énergie digestible et à  $71,55$  g/kg MS  $\pm 7,3$  de protéines digestibles. Concrètement, les deux méthodes utilisées donnent une teneur comparable en protéines digestibles pour les feuilles de frêne à feuilles étroites et une teneur énergétique très différente. Cette différence en énergie digestible semble être liée à la nature des feuilles utilisées, fraîches ou bien séchées. Les feuilles de frêne fraîches ou séchées pourraient être considérées comme une excellente source équilibrée d'énergie, de protéines et de fibres pour les lapins en croissance. Elles demeurent comparables aux autres plantes herbacées telles que la luzerne et le Sulla. Par conséquent, elles méritent de constituer une source à explorer pour une éventuelle utilisation commerciale.

**Mots clés :** Composition chimique, digestibilité, valeur nutritive, lapin en croissance, feuilles de Frêne (*Fraxinus angustifolia* et *Fraxinus excelsior*), automne, méthode directe et indirecte

## Résumé en arabe

### القيمة الغذائية للأرانب المتنامية من نوعين من الرماد (*Fraxinus angustifolia* and *Fraxinus excelsior*)

السعر الباهظ للكريات التجارية هو من بين العوامل التي تحد من تنمية تربية الأرانب العقلانية في الجزائر. والمواد الخام التي تؤلف الأغذية المتاحة حاليا في السوق مستوردة ومكلفة إلى حد كبير. وتؤثر المواد المغذية (الطاقة والبروتين والألياف وغيرها) بخصائصها الفيزيائية والكيميائية تأثيرا كبيرا: تناول الطعام، وصحة الجهاز الهضمي، وكفاءة العلف، والأداء الحيواني للماشية. كما في أماكن أخرى من العالم، والبرسيم المجفف (ميديكاجو ساتيفا) له بعد أسطوري في تغذية الأرانب. والهدف من هذه الرسالة هو تحديد القيمة الغذائية لأوراق رماد متاح محليا حصاها بطريقتين مختلفتين (مباشرة وغير مباشرة) في الجسم الحي. الخريف والمجفف في الظل للطريقة غير المباشرة. هذا هو لتحل محل بعض المواد المستوردة مثل البرسيم المجفف وفول الصويا وجبة في تغذية الأرانب، والتي غالبا ما يتم استيرادها وباهظة الثمن وغير متوفرة في بعض الأحيان. وقد أن القيمة الغذائية لأوراق الرماد الضيقة الأوراق التي تم حصادها في الخريف وتوزيعها بوصفها العلف الوحيد للأرانب المتنامية هي  $13,06 \pm 0,9$  ميجا جول / كيلوغرام من الطاقة القابلة للهضم و  $98 \pm 10,43$  ز / كغ دم من البروتين الهضم. ولذلك فإن أوراق الرماد الضيق الأوراق هي مصدر للطاقة والبروتين والألياف (ندف: 394 غم / كغ دم). كما تم تقدير القيمة الغذائية للرماد المشترك التي تم جمعها في الخريف بالتوازي عن طريق الطريقة المباشرة عند  $11,86 \pm 0,50$  م / كغ دم من الطاقة القابلة للهضم و  $79,72 \pm 3,96$  ، 96 غرام / كغ دم من البروتين الهضم. أوراق الرماد الضيقة الأوراق هي أيضا مصدر للطاقة والبروتين والألياف (ندف: 420 غ / كغ دم). في الواقع، تظهر نتائجنا أن القيمة الغذائية للأوراق الرماد تختلف وفقا للأنواع، ولكن ضمن نطاق محدود جدا. كما تم تقدير القيمة الغذائية للأوراق الرمادية ذات الأوراق الضيقة باستخدام الطريقة غير المباشرة (الانحدار الخطي) لتكون  $8,67 \pm 0,47$  ميجا جول / كغ دم من الطاقة القابلة للهضم و  $71,55$  غم / كغ دم  $\pm 7,3$  بروتين قابل للهضم. على نحو ملموس، والطريقتين المستخدمة تظهر تقريبا نفس محتوى البروتين الهضم لأوراق رماد ضيقة الأوراق ومحتوى الطاقة مختلفة جدا. ويبدو أن هذا الاختلاف في الطاقة القابلة للهضم مرتبط بطبيعة الأوراق المستخدمة؛ طازجة أو مجففة. يمكن اعتبار أوراق الرماد الطازجة أو المجففة مصدرا متوازنا ممتازا للطاقة والبروتين والألياف لزراعة الأرانب. وهي تظل مماثلة للنباتات العشبية الأخرى مثل البرسيم وسولا. ولذلك، فإنها تستحق أن تستكشف بدقة أكبر.

### الكلمات الدالة:

التركيب الكيميائي، الهضم، القيمة الغذائية، الأرنب المتزايد، أوراق الرماد، الخريف، الطريقة المباشرة وغير المباشرة