

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



THESE

Présentée par

KADI Si Ammar

En vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Option: Productions Animales

THEME

**Alimentation du lapin de chair : valorisation de
sources de fibres disponibles en Algérie**

Soutenue publiquement le 21 Novembre 2012

Devant le jury composé de :

MATI Abderrahmane	Professeur	UMM Tizi-Ouzou	Président
BERCHICHE Mokrane	Professeur	UMM Tizi-Ouzou	Directeur
GIDENNE Thierry	Directeur de recherche	INRA Toulouse	Co-directeur
MAERTENS Luc	Directeur de recherche	ILVO Belgique	Examineur
KAIDI Rachid	Professeur	USD Blida	Examineur
ABDELGUERFI Aissa	Professeur	ENSA Alger	Examineur
LEBAS François	Directeur de recherche	INRA Toulouse	Invité

*Tant qu'il apprend, l'homme ne cesse d'être savant.
Il devient ignorant lorsqu'il prétend savoir.
Mohammed (ﷺ)*

A la mémoire de mon père

A ma mère

A la mère de mes enfants

REMERCIEMENTS

Cette thèse est le fruit d'un laborieux travail qui n'aurait pu se réaliser sans l'aide de plusieurs personnes. Je remercie vivement chacune d'elles.

En premier lieu, je tiens à remercier profondément mon directeur de thèse le **Professeur Mokrane BERCHICHE** qui m'a accueilli dans son laboratoire depuis maintenant une vingtaine d'années (He oui ! le temps passe vite !), je le remercie pour la confiance qu'il m'a accordée (en luttant des fois contre vents et marées !) notamment durant la période où j'étais extra-universitaire. Je lui suis reconnaissant pour la liberté qu'il m'a laissée quant à l'orientation et la conduite de cette thèse et de m'avoir laissé me débrouiller.

Mes vifs remerciements s'adressent aussi à mon codirecteur de thèse le **Docteur Thierry GIDENNE** (Directeur de recherche, UMR TANDEM, INRA de Toulouse en France) pour m'avoir accueilli dans son laboratoire, m'avoir fait confiance, encadré, encouragé ainsi que pour ses conseils avisés et ses critiques constructives. Il m'a consacré beaucoup de temps en conseils, explications, vérifications, corrections et commentaires. Il m'est agréable de lui exprimer ma sincère gratitude pour tout ce qu'il m'a appris.

Je tiens aussi à remercier vivement les membres du jury de cette thèse :

Pr Abderrahmane MATI (université M. MAMMERI de Tizi-Ouzou) de m'avoir accordé l'honneur de présider ce jury

Dr Luc MAERTENS (ILVO, Animal Science Unit Scheldeweg, Melle-Belgique) de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et d'examiner ce travail.

Pr Rachid KAIDI (université S. DAHLAB de Blida) d'avoir accepté d'examiner ce travail malgré son emploi du temps très chargé. Je lui suis aussi reconnaissant pour tout ce qu'il m'a appris et les encouragements qu'il n'a pas cessé de me prodiguer.

Pr Aissa ABDELGUERFI (ENSA d'El-Harrach, Alger) d'avoir accepté sans hésitation de faire partie du jury et d'examiner ce travail malgré ces nombreuses préoccupations et surtout son état de santé. Je le remercie vivement pour tout ce qu'il m'a appris, pour sa disponibilité, ses réponses rapides et convaincantes à chaque fois que je l'ai sollicité pour combler mes nombreuses lacunes notamment sur le *Sulla flexuosa*.

M. François LEBAS (Expert cunicole, Directeur de Recherches honoraire INRA – Président de l'Association "Cuniculture" et webmaster de www.cuniculture.info, www.world-rabbit-science.com et www.asfc-lapin.com) de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce

jury et de donner son avis d'expert sur ce travail. Je voudrais l'assurer de ma reconnaissance pour tout ce qu'il m'a appris, pour son avis éclairé sur les travaux de cette thèse lors de notre discussion à l'INRA de Toulouse, pour sa disponibilité à répondre favorablement à nos nombreuses sollicitations depuis plusieurs années déjà.

Les travaux constituant cette thèse ont été menés dans le cadre d'une recherche-formation et dans le but d'une recherche-développement. En ce sens, les travaux constituant cette thèse ont été réalisés dans le cadre des projets de fin d'études (PFE). Plusieurs stagiaires au sein du CFPA de Mechtras, mon ancienne structure d'attache, ainsi que des étudiants au sein de l'UMMTO ont, dans le cadre de leur PFE de Technicien Supérieur, d'Ingénieur ou de Magister, contribué à ces travaux. Il s'agit de Ouendi Mouloud, Slimani Marzouk, Haddad Miassa, Ait Yahiatene Smail, Tebani Mustapha, Racelma Samira, Selmani Kahina, Djaroun Taous, Yahi Kahina, Oudiai Djaouida, Benhamou Noureddine, Selmani Reda, Senhadji Yasmina et Tiguemit Noura et Guermah Hocine. Je les remercie sincèrement pour leur sérieux, les efforts qu'ils ont déployés et d'avoir résisté à toutes les difficultés qui ont jalonné ces essais.

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 la chance de travailler avec Carole BANNELIER qui par sa patience, sa gentillesse et sa pédagogie m'a grandement facilité la tâche. Je la remercie vivement et lui suis reconnaissant. Je remercie aussi Laurent CAUQUIL pour ses conseils et sa disponibilité ainsi que Muriel SEGURA pour son aide durant les analyses chimiques, Véronique Tartié ainsi que Viviane BATAILLER pour leur perpétuelle bienveillance.

M. Mansour AMROUN de l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou a mis à notre disposition le laboratoire et l'étuve pour le séchage de nos échantillons. Qu'il en soit vivement remercié.

M. Youcef AMIR de l'université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou a plusieurs fois mis à notre disposition un broyeur et une étuve. Qu'il en soit vivement remercié.

Mme BELAIDI-GATER N., formatrice au CFPA de Mechtras, a contribué grandement à nos travaux notamment par le co-encadrement des PFE réalisés dans le cadre de cette thèse. Je la remercie vivement pour son aide et ses encouragements.

M. Yazid LOUCHAMI, formateur au sein du même établissement (CFPA de Mechtras) a contribué d'une manière prépondérante à cette thèse. En plus d'avoir mis à notre disposition son clapier pour la réalisation du premier essai et fourni les lapins utilisés dans les autres essais,

il a pris part activement au suivi des expérimentations. Je le remercie vivement et l'assure de mon amitié.

Je ne saurais oublier l'amitié et les sincères encouragements de mes anciens collègues au CFPA de Mechtras en particulier Hocine BJEHARI, El Hadi AIT KARA ainsi que Ahmed BELMOKHTAR. Je les remercie vivement. Yousef FERHAT, un autre collègue, s'est éteint durant la rédaction de cette thèse ; je prie Dieu pour qu'il l'accueille en son vaste paradis pour tout ce qu'il m'a appris.

Un grand et chaleureux merci à tous mes amis pour leur amitié, aide, disponibilité et encouragements: Par ordre alphabétique (!) Farid DJELLAL, Ali FERNANE, Hocine GUERMAH, Azzedine MOUHOUS et Hanachi ZEMIHI.

Parmi les collègues, Mmes ABDELLI Ouisa et MAZOUZI Fatima se sont souvent enquis de l'état d'avancement de cette thèse et m'ont encouragé et proposé leur aide. Je les remercie vivement.

D'autres personnes, par contre, ont essayé par plusieurs subterfuges de retarder les travaux de cette thèse. Je les remercie pour le stimulus et la motivation complémentaires de leurs actions !

Je voudrais aussi exprimer ma profonde reconnaissance, à ceux qui m'ont toujours soutenu, qui m'ont gardé toute leur confiance et leur amour pendant les périodes difficiles de mon cursus. Je suis heureux d'offrir cette thèse à mes parents. Merci aussi à mon frère et mes sœurs pour leurs soutiens et encouragements.

Mes enfants IMENE, AMEL, YACINE et ELYES ont malgré eux participé à cette thèse ! Accaparé par celle-ci, je leur ai trop souvent faussé compagnie. Ils s'en sont plaints et ont plusieurs fois exprimé leur étonnement que papa continue à aller à l'école et à avoir des devoirs à la maison ! J'espère mériter leur indulgence et leur promets de me rattraper !

Enfin, cette thèse doit autant à moi qu'à celle qui partage ma vie au jour le jour, qui me supporte, m'épaulé, sait trouver les mots pour me motiver et qui rend ma vie plus belle tous les jours. Merci pour tout.

PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS SE RAPPORTANT À LA THÈSE

PUBLICATIONS DANS DES REVUES A COMITE DE LECTURE

- KADI S.A., GUERMAH H., BANNELIER C., BERCHICHE M., GIDENNE T. 2011. Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159.
- KADI *et al.* Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as sole feed for growing rabbits. ***In preparation.***
- KADI *et al.* Nutritive value of sun-dried common reed (*Phragmites australis*) leaves, and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbits. ***In preparation.***
- KADI *et al.* Association of Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and Common Reed leaves (*Phragmites australis*) in feed of growing rabbits: effect en growth performances. ***In preparation.***
- KADI *et al.* Association of fig-tree leaves (*Ficus carica*) and Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) in the feed of growing rabbit: Effect on the growth performances. ***In preparation.***

COMMUNICATIONS INTERNATIONALES

- 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. 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, Egypt, September 3-6, 2012. 507-511. <http://world-rabbit-science.com/wrsa-proceedings/congress-2012-egypt/papers/03-nutrition/n-kadi-01.pdf>
- KADI S.A., OUENDI M., SLIMANI M., SELMANI K., BANNELIER C., BERCHICHE M., GIDENNE T. 2012. Nutritive value of common reed (*Phragmites australis*) leaves for rabbits. 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, Egypt, September 3-6, 2012. 513-517. <http://world-rabbit-science.com/wrsa-proceedings/congress-2012-egypt/papers/03-nutrition/n-kadi-02.pdf>

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	10
Abstract	12
Résumé en Tamazight	13
Résumé en arabe	14
Chapitre 1. Introduction générale, état de l'art et objectifs	
Introduction generale	15
Etat de l'art	18
1. Alimentation du lapin en croissance: besoins et valeur nutritive des matières premières.....	19
1.1. Les besoins alimentaires.....	19
1.2. Méthodes de mesure de la valeur nutritive des matières premières.....	22
2. Matières premières sources de fibres en alimentation du lapin	24
Objectifs	36
Chapitre 2. Détermination de la valeur nutritive du foin de sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) au stade floraison pour le lapin en croissance	41
Valeur nutritive du foin de Sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>), et ses effets sur les performances et les caractéristiques de la carcasse des lapins en croissance.....	43
Nutritive value of sun-dried Sulla hay (<i>Hedysarum flexuosum</i>) and its effect on performance and carcass characteristics of growing rabbits	45
Introduction.....	47
Material and methods.....	47
Results and discussion.....	49
Conclusion.....	54
Chapitre 3. Détermination de la valeur nutritive du sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) au stade debut bourgeonnement pour le lapin en croissance	61
Valeur nutritive du Sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) en vert utilise seule en alimentation du lapin en croissance.....	63
Nutritive value of fresh Sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) as sole feed for growing rabbits	65
Introduction.....	66
Material and methods.....	66
Results and discussion.....	68

Conclusion.....	73
Chapitre 4. Détermination de la valeur nutritive des feuilles de roseau commun (<i>Phragmites australis</i>) et leurs effets sur les performances et les caractéristiques de la carcasse des lapins en engraissement.....	80
Valeur nutritive des feuilles de roseau (<i>Phragmites australis</i>) et leurs effets sur les performances et les caractéristiques de la carcasse des lapins en engraissement.....	82
Nutritive value of sun-dried Common Reed (<i>Phragmites australis</i>) leaves, and it's effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbits.....	84
Introduction.....	85
Material and methods.....	86
Results and discussion.....	87
Conclusion.....	95
Chapitre 5. Association du foin de sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) et des feuilles sèches de roseau (<i>Phragmites australis</i>) pour alimenter les lapins en engraissement.....	104
Association du foin de Sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) et des feuilles de roseau (<i>Phragmites australis</i>) dans l'aliment du lapin en engraissement : effet sur les performances de croissance.....	107
Introduction.....	108
Matériel et méthodes.....	108
Résultats et discussion.....	109
Conclusion.....	114
Chapitre 6. Association des feuilles de figuier (<i>Ficus carica</i>) et du foin de Sulla (<i>Hedysarum flexuosum</i>) en alimentation du lapin en croissance: effet sur les performances de croissance.....	119
Introduction.....	124
Matériel et méthodes.....	124
Résultats et discussion.....	126
Conclusion.....	130
Chapitre 7. Discussion générale.....	134
Chapitre 8. Conclusion générale et perspectives.....	140

RÉSUMÉ

ALIMENTATION DU LAPIN DE CHAIR : VALORISATION DE SOURCES DE FIBRES DISPONIBLES EN ALGÉRIE

L'absence d'aliments granulés équilibrés à un prix raisonnable est l'un des facteurs limitant le développement de la production du lapin en Algérie. Les matières premières qui composent les aliments actuellement disponibles sur le marché sont en grande partie importées et reviennent excessivement chères.

Les fibres alimentaires sont indispensables en nutrition du lapin ; par leurs caractéristiques physiques et chimiques, elles influencent la consommation alimentaire, la santé digestive, l'efficacité alimentaire et les performances de production. La luzerne déshydratée (*Medicago sativa*) en est la principale source dans le monde en général et en Algérie en particulier.

Les travaux réalisés dans le cadre de cette thèse ont pour objectif de caractériser quelques matières premières sources de fibres disponibles localement et de tester leur aptitude à remplacer la luzerne déshydratée en alimentation du lapin en croissance. Les matières premières locales testées sont le Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) qui est une légumineuse, les feuilles de roseau commun (*Phragmites australis*) et les feuilles de figuier (*Ficus carica*).

La valeur nutritive du foin de Sulla au stade floraison a été estimée (par régression) chez le lapin en croissance, à 8,96 MJ/kg MS d'énergie digestible (ED) et 71g/kg MS de protéines digestibles (PD), alors qu'au stade début bourgeonnement elle a été de 9,16 MJ/kg MS d'ED et de 145 g/kg MS de PD. Les feuilles de roseau au stade floraison s'avèrent une source de fibres (NDF : 642 g/kg brut) à très faible valeur nutritive (ED quasi nulle et 29 g/kg brut de PD). Associés dans un aliment granulé pour lapins en croissance, le foin de Sulla au stade floraison et les feuilles de roseau commun ont permis un gain de poids moyen quotidien (GMQ) de 35,4 g/j entre le sevrage (35 jours) et l'âge d'abattage (77 jours), alors que l'indice de consommation était de 3,8. Le foin de Sulla au stade floraison associé, avec les feuilles de figuier, dans une formule simplifiée à base de matières premières exclusivement locales a également permis un bon niveau de croissance des lapins: GMQ moyen de 37,6 g/j et IC moyen de 3,3 entre le sevrage et l'abattage.

Les matières premières locales méritent donc d'être étudiées plus précisément, en particulier le Sulla flexuosa qui pourrait être considéré comme une bonne source équilibrée de fibres et de

protéines pour le lapin en croissance et comparable aux autres fourrages plus courants tels que la luzerne et le ray-grass.

Mots clés : valeur nutritive, digestibilité, lapin en croissance, Sulla (*Hedysarum flexuosum*), feuilles de Roseau (*Phragmites australis*), Feuilles de Figuier (*Ficus carica*), croissance et efficacité alimentaire.

ABSTRACT

FEEDING RABBIT FOR MEAT PRODUCTION: VALORIZATION OF FIBROUS SOURCES AVAILABLE IN ALGERIA

The absence of balanced pellet feeds available at an acceptable price is the main limiting factors to the development of rabbit production in Algeria. The raw materials that compose the feeds currently available on the market are largely imported and are excessively expensive.

Dietary fibres are indispensable in the nutrition of rabbit. By their physical and chemical characteristics, they influence feed intake, digestive health, the feed efficiency and performances of production. Dehydrated alfalfa (*Medicago sativa*) is the main fibre source in rabbit diets in the world in general and in Algeria in particular.

The objective of the works achieved in this thesis was to characterize some raw materials sources of fibre available locally and to test their faculty to replace the dehydrated alfalfa in the feed of growing rabbit. The local raw materials tested are Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*), common reed leaves (*Phragmites australis*) and fig-tree leaves (*Ficus carica*).

Nutritive value of Sulla hay at flowering stage was estimated (by regression) for growing rabbit to 8.96 MJ/kg DM of digestible energy (DE) and 71g/kg DM of digestible protein (DP) whereas at stage beginning of budding it was 9.16 MJ/kg DM of DE and 145 g/kg DM of DP. Common reed leaves at flowering stage can be considered as fibrous feedstuffs (NDF: 642 g/kg raw basis) with very poor nutritive value (DE null and 145 g/kg DM of DP). Combined in the pelleted diet for growing rabbits, Sulla hay at flowering stage and common reed leaves permitted an average daily weight gain of 35.4 g/d between weaning (35 days) and slaughter age (77 days); whereas feed conversion ratio was of 3.8. Sulla hay at same stage (flowering) combined in the diet with fig-tree leaves in a simplified formula based only on raw material available locally also permitted a good level of growth of the rabbits: an average daily gain of 37.6 g/d and an average feed conversion ratio of 3.3.

Much attention must be paid for local raw materials, in particular for Sulla flexuosa which could be considered as a good and balanced fibre and protein source for the growing rabbit and comparable to the standards forages such as alfalfa and ryegrass.

Key words: nutritive value, growth performance, digestibility, growing rabbit, Sulla (*Hedysarum flexuosum*), common reed leaves (*Phragmites australis*), Fig-tree leaves (*Ficus carica*), growth and feed efficiency.

ASCCI BWTUL N WEKSUM : ASKHDEM ISSAFAREN YELLAN DI LDZAIR

YARNA IDITAWIN LES FIBRES

Lxsas lmkla igarzen yarna arxisen dyiwen seg iaquren iwnerni ntarbega bwtul bksum di ldzair. Isafaren isitswaxdam elmakla gwtal igtnuzun di ssuq assagi etasen slketra silkharej dimi ighlayit.

Les fibres ilaq adilit di lmkla bwtul ; lhat ishaynes yarna snarnayet deg ayen iditak. La luzerne (*Medicago sativa*) dnetath igtwakhdamen atas iwaken adawi les fibres di lmkla bwtul di ddunit sumatha dildzair abada.

Iswi lkhdmayagi daken anissin aktar kra isafaren iditawin les fibres, iglan dagui di ldzair ak dunaruth ensent di lmkla bwtul dekemkan la luzerne. Isafaren agui d Tasulla (*Hedysarum flexuosum*), ifarawen ughanim (*Phragmites australis*) akdh ifarawen tneqlin (*Ficus carica*).

Ayen iditawi usaghur Tsulla mathdjudjeg isaweth 8,96 MJ/kg MS ED akd 71,1g/kg MS PD, mayla adtwahuc uqbel adjudjg tasulla ttawid 9,2 MJ/kg MS ED akd 145 g/kg MS de PD. Ifarawen nughanim tawind attas n les fibres (NDF : 642 g/kg) lamani ayen enidhen xussen (ED ulac akd 29,04 g/kg PD). Nsemlal dgiweth elmakla tasulla yedjudjgen akd ifarawen ughanim. Iwtal itican enarnane 35,4 g/dgas akd IC 3,8. Dilmakla enidhen, tasulla akd ifarawen tneqlin snarnat iwtal 37,6 g/dgas akd IC 3,3.

Isafaren agui afydhek innudagh ilaq adner lwelha ghursen abadha tasulla iglhan attas iyewtal yana igzemren attef amkan n la luzerne.

Imslayen Tsura : Anarni, Awtul, Ayen dtawi lmkla, Tasulla (*Hedysarum flexuosum*), Ifarawen ughanim (*Phragmites australis*), Ifarawen tneqlin (*Ficus carica*).

ملخص

تغذية الأرنب لأنتاج اللحم: استخدام بعض مصادر الألياف المتاحة محليا في الجزائر

ارتفاع سعر المواد الغذائية هي واحدة من العقبات الرئيسية لتطوير تربية الأرانب في الجزائر. يتم استيراد ما يقرب جميع المواد الخام التي تشكل هذه المواد الغذائية ذلك سعره مبالغ فيه.

الألياف الغذائية ضرورية في تغذية الأرانب. البرسيم المجفف هو المصدر الرئيسي في العالم بصفة عامة والجزائر على وجه الخصوص. هدف هذه الأطروحة هو وصف بعض مصادر المواد الخام المتاحة محليا والألياف لاختبار قدرتهم على استبدال البرسيم المجفف في تغذية الأرانب. ويتم اختبار المواد الخام: سولا (*Hedysarum flexuosum*)، أوراق القصب (*Phragmites australis*) وأوراق التين (*Ficus carica*).

وقد رت القيمة الغذائية من سولا في المرحلة المزهرة $71,1 \text{ g/kg MS PD}$ و $8,96 \text{ MJ/kg MS d'ED}$ في حين كان $145 \text{ g/kg MS de PD}$ و $9,2 \text{ MJ/kg MS d'ED}$ في مرحلة المهد. أوراق القصب مصدر للألياف (NDF: 642 غرام / كغ الإجمالي) مع الحد الأدنى من القيمة الغذائية (ED لا شيء 29.04 g/kg PD). سولا في وأوراق القصب مشترك يكون مكسبا بلغ المتوسط اليومي لل $35,4$ غرام يوميا و 3.8 من CI. أيضا، سولا في نفس المرحلة المرتبطة، في اختبار آخر مع أوراق التين في صيغة مبسطة تعتمد على المواد الخام المحلية سمح مكسب يوميا 37.6 غ ، و 3.3 IC.

المواد الخام الهيدروسة تستحق اهتماما متزايدا، خاصة سولا (*Hedysarum flexuosum*) كن اعتبارها التي يم مصدرا جيدا للألياف متوازن للأرانب والقابلة للمقارنة مع جودة الأعلاف الأخرى.

الكلمات المفتاحية : أرنب فى مرحلة النمو، النمو، القيمة الغذائية، سولا (*Hedysarum flexuosum*).

أوراق القصب (*Phragmites australis*) ، أوراق التين (*Ficus carica*)

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'élevage du lapin en Algérie est relancé ces dernières années après une tentative de développement qui a échoué durant les années 1970. De nouveaux élevages voient le jour régulièrement à travers tout le pays, sur les fonds propres des éleveurs ou bien avec l'aide des différents programmes mis en place par l'État pour le développement de l'agriculture et/ou la résorption du chômage. Aussi, le lapin se voit de plus en plus proposé sur la carte des restaurants et sur les étals de volaillers et de bouchers.

Parmi les problèmes que rencontre cette filière naissante, l'absence de reproducteurs améliorés, le prix élevé et la qualité des aliments en sont les plus importants.

Concernant les reproducteurs, beaucoup d'espoirs sont placés dans la souche synthétique en cours de création au niveau de l'institut technique des élevages.

Concernant l'alimentation, le problème est tout autre. Sur le plan de la quantité et de la disponibilité, la situation s'est nettement améliorée et plusieurs unités d'aliments de bétail sont maintenant équipées de presse à granuler et ont intégré dans leur gamme l'aliment lapin. Par contre, du point de vue économique, le coût alimentaire correspondant à 60% du coût de production, le prix élevé de l'aliment demeure l'un des obstacles majeurs au développement de cette filière. En grande partie, les matières premières qui composent cet aliment sont importées et reviennent excessivement chères; c'est le cas de la luzerne, du tourteau de soja, du maïs... etc. À titre indicatif, le prix de l'aliment unique (mixte), le seul disponible sur le marché, a été de 4000 DA le quintal en juin 2012. De plus, la cherté des matières premières importées contribue indirectement au déséquilibre des aliments proposés sur le marché. En effet, plus la matière première est chèrement payée plus l'on cherche à diminuer son taux d'incorporation dans la formule alimentaire et à la remplacer par celle dont le prix est le plus bas, et souvent sans se soucier des apports nutritifs de l'aliment ainsi fabriqué.

Depuis plus de deux décennies maintenant, plusieurs travaux de recherches ont été initiés au niveau du laboratoire de recherche dirigé par le Pr Berchiche à l'université M.MAMMERI de Tizi-Ouzou, sur les possibilités de substituer ces matières importées par celles disponibles localement.

Le présent travail a donc pour objectif principal de contribuer à la connaissance de quelques matières premières sources de fibres, disponibles localement et susceptibles d'être incorporées dans les aliments granulés pour le lapin en croissance en remplacement de la luzerne.

Compte tenu de la thématique étudiée, nous avons axé l'état de l'art sur : I) les besoins alimentaires des lapins et la valeur nutritive des matières premières II) les matières premières sources de fibres en alimentation du lapin.

ÉTAT DE L'ART

1. Alimentation du lapin en croissance : besoins et valeur nutritive des matières premières.

1.1. Les besoins alimentaires

Après le sevrage, le lapin continue sa croissance et ses besoins alimentaires augmentent et en quantité et en qualité. Il est de ce fait nécessaire de mettre à sa disposition un aliment complet équilibré et granulé. Cet aliment doit être formulé pour couvrir les besoins nutritionnels de ces animaux et leur permettre d'extérioriser leur potentiel de croissance avec un indice de consommation le plus bas possible.

L'aliment est donc à la fois l'un des principaux facteurs explicatifs des performances d'élevage et le premier poste des coûts de production.

Parmi les étapes de la formulation des aliments complets et équilibrés, la détermination des besoins nutritifs des lapins et la valeur nutritive des matières premières en sont les plus importantes.

Depuis le début de la rationalisation de l'élevage cunicole, vers la fin des années 1960, les besoins nutritionnels des lapins et les apports recommandés sont sans cesse actualisés selon les avancées de la recherche. Ainsi, des besoins recommandés de Lebas (1975) en passant par ceux de NRC (1977), de Lebas (1979), de l'INRA (1984 et 1989), de Lebas *et al.* (1984), Lebas (1989), Maertens (1992), Gidenne (1996), Lebas *et al.* (1996), Gidenne (2000, 2003), Lebas (2004) à ceux de De Blas et Mateos (2010), beaucoup d'améliorations et de précisions ont été apportées. Des progrès très significatifs ont été réalisés dans ce domaine. Au début de la rationalisation (années soixante) les recommandations alimentaires étaient basées surtout sur l'empirisme et beaucoup plus rarement sur une explication physiologique (Lebas, 1983), autrement dit sur des expérimentations au cours desquelles sont comparées les performances obtenues avec des aliments de composition connue. Aujourd'hui, plusieurs autres paramètres entrent dans la définition de la "performance" (cf. synthèses de Coleman et Moore, 2003; Maertens, 2009a et 2010, Xiccato et Trocino, 2010) notamment les effets des aliments sur la santé des animaux. Ainsi, pour le lapin en croissance, Gidenne (1996) a proposé de prendre en compte le critère de morbidité en particulier pour mieux définir le rôle des différentes classes de fibres (Lebas *et al.*, 1998; De Blas *et al.*, 1999; Gidenne, 2000 ; Gidenne et Lebas, 2002 ; Gidenne, 2003 ; Gidenne *et al.*, 2010b; De Blas, 2012), et analyser les relations entre apports de fibres et d'amidon (Gidenne, 1996). De plus, la distinction de besoins spécifiques pour la période post-sevrage (Fortun-Lamothe et Gidenne, 2003) et la période de finition (fin

d'engraissement) permet de mieux ajuster les apports protéiques aux besoins, et ainsi selon Maertens (1999), de réduire de 30 à 40 % les rejets azotés sans détériorer les performances zootechniques. Plus récemment, l'importance des relations entre la nutrition et la santé du lapin en croissance a été soulignée par plusieurs auteurs, dont le rôle de l'écosystème caecal (Gidenne *et al.*, 2008) où celui des apports protéiques (Carabano *et al.*, 2009). Les résultats de ces nouvelles préoccupations des chercheurs surtout les travaux de l'équipe de l'INRA de Toulouse (France) sur les besoins des lapins en fibres et les relations avec la pathologie digestive (cf. synthèses de De Blas *et al.*, 1999 ; Lebas *et al.*, 1998 et celles de Gidenne, 2000 et 2003) peuvent se concrétiser en proposant deux groupes de recommandations alimentaires (Lebas, 2004) selon que l'on cherche à maximiser la productivité ou bien la santé du cheptel. Il est en effet difficile de concilier ces objectifs, mais surtout coûteux. Désormais, de nouvelles recommandations concernent, par exemple, la réduction des apports en protéines selon les synthèses de Carabano *et al.* (2009), De Blas et Mateos (2010) et De Blas (2012); la prise en compte des protéines indigestibles qu'il faudrait minimiser (Carabano *et al.*, 2008) , la prise en compte du paramètre "fibres digestibles" ou "DgF" (Gidenne, 2003 ; 2010b) pour mieux apprécier le rôle des fibres; la prise en compte des effets des aliments sur l'environnement (Maertens *et al.*, 1997 ; Maertens, 1999 ; Maertens *et al.*, 2005 ; Xiccato *et al.*, 2005 ; Calvet *et al.*, 2008), comme c'est le cas chez le poulet (Nguyen *et al.*, 2012); l'utilisation des fibres dites "solubles" en association plutôt qu'en remplacement de l'amidon (Trocino *et al.*, 2011); la prise en compte des nouvelles recommandations en fibres et amidon pour les lapins autour du sevrage (Gidenne and García, 2006); et tout récemment les nouvelles stratégies de limitation de l'ingestion après le sevrage (Gidenne *et al.*, 2012) .

À moyen terme, les connaissances plus détaillées du facies microbien au niveau du tractus digestif du lapin notamment au niveau du caecum (Carabano *et al.*, 2006 ; Michelland *et al.*, 2010a et b, 2011, Combes *et al.*, 2011 ; Abecia *et al.*, 2012...etc.) permettront une meilleure maîtrise de cet écosystème à travers l'alimentation. D'autres questions demeurent et les résultats de recherche les concernant restent contradictoires comme c'est le cas, par exemple, du rôle de l'amidon sur la synthèse des acides gras volatils dans le caecum notamment l'acétate et le propionate (Blas et Gidenne, 2010 vs Trocino *et al.*, 2011 et Papadomichelakis *et al.*, 2011), de l'effet du taux de fibres dites "solubles" sur la muqueuse intestinale (Alvarez *et al.*, 2007 et Gomez-Conde *et al.*, 2007 et 2009 vs Trocino *et al.*, 2010 et Trocino *et al.*, 2011), l'interaction entre les fibres digestibles et les protéines (Gidenne *et al.*, 2001; Xiccato *et al.*, 2011) ; ...etc.

L'estimation de la valeur nutritive des matières premières est probablement une des questions les plus laborieuses, étant donné le grand nombre de ressources potentiellement valorisables par le lapin. C'est aussi une question complexe, du fait de la disparité des résultats obtenus selon les méthodes de détermination (Villamide *et al.*, 2003). Une des causes majeures de ces disparités provient du fait que le lapin est un herbivore monogastrique et que l'aliment est presque obligatoirement composé de plusieurs ingrédients, puisqu'il doit couvrir non seulement les besoins de croissance, mais aussi ceux de santé en lien avec son fonctionnement digestif. Ainsi, les tables de composition et de valeur nutritive des matières premières utilisées pour la formulation des aliments destinés aux lapins en élevage rationnel sont périodiquement complétées et corrigées selon l'avancée des recherches. Depuis les tables américaines du National Research Council (NRC, 1977) à celles de De Blas et Mateos (2010), en passant par celles de Cheeke (1987), celles de l'INRA français (1984, 1989, 2004), de Maertens *et al.* (1990) qui ont travaillé sur les tables hollandaises, les tables espagnoles FEDNA (1997, 2003 et 2010), celles de Lebas *et al.* (1984 et 1996), de Villamide *et al.* (1998), elles sont sans cesse complétées et affinées malgré les divergences qui subsistent entre elles (Perez, 2004). Une attention particulière doit cependant être accordée aux tables du groupe EGRAN (European Group on Rabbit Nutrition; cf. présentation de Gidenne, 1999) publiées par Maertens *et al.* (2002) et qui représentent la synthèse la plus complète à ce jour: 53 matières premières utilisées en alimentation des lapins en élevage rationnel caractérisées par 23 paramètres analytiques ainsi que les valeurs en énergie digestible et protéines digestibles. À noter qu'au préalable, une première proposition pour des tables européennes communes a été publiée par Villamide *et al.* (1998) en version anglaise et par Perez *et al.* (1998) en version française. Il est à noter que ces tables de l'EGRAN sont le résultat de la standardisation, par ce même groupe de travail, de la méthode de mesure *in vivo* de la digestibilité des aliments (Perez *et al.*, 1995), mais aussi de l'harmonisation des procédures de calcul pour l'estimation de la valeur nutritive des matières premières au sein des mélanges alimentaires c'est-à-dire déterminée par la méthode indirecte (Villamide *et al.*, 2001). À signaler aussi, le grand projet de tables online "Feedipedia" en cours de réalisation. Ces tables de valeurs alimentaires pour les animaux des régions tropicales et méditerranéennes" sont un projet collaboratif entre l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique Française), le CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement) et l'AFZ (Association Française de Zootechnie). Ce projet a aussi le soutien de la FAO (Food and Agriculture Organisation), il vise à la création de tables d'alimentation exhaustives, destinées aux utilisateurs d'aliments de ces régions (Tran *et al.*, 2010 et 2011). Ces tables procureront

des informations nutritionnelles sur tous les aliments qu'ils soient conventionnels ou non et pour les animaux de rente les plus importants, dont les lapins. Des scientifiques spécialistes en alimentation cunicole comme F. Lebas et J.M. Perez y participent. La publication de ces tables est prévue pour 2013. Plus de 200 aliments sont d'ores et déjà décrits et consultables sur le site www.trc.zootechnie.fr

1.2. Méthodes de mesure de la valeur nutritive des matières premières

Pour rappel, la valeur nutritive des matières premières pour le lapin en croissance 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).

La **méthode directe** consiste à distribuer aux lapins comme seul aliment la matière première dont on veut déterminer la valeur nutritive. Pour cela, il faudra que cette dernière soit suffisamment équilibrée (notamment sa concentration en fibres et protéines) et appétente. On calculera ainsi sa valeur énergétique et protéique après mesure de la digestibilité de cette "matière-aliment". Dans la synthèse de Lebas (2004), sur 542 essais d'alimentation couvrant 30 années de publications (1973-2003), la méthode directe a été utilisée dans 24 études seulement et n'a concerné que 17 matières premières différentes. La cause en est que la plupart des matières premières ne sont pas équilibrées du point de vue nutritionnel par rapport aux exigences des lapins. Aussi, les **méthodes indirectes** sont le plus souvent utilisées pour estimer la valeur nutritive chez le lapin en croissance.

Parmi ces méthodes, la méthode d'estimation **par différence** consiste à remplacer une certaine quantité unique de l'aliment de base par la matière première à tester, puis de mesurer la digestibilité des deux aliments (aliment de base et aliment expérimental). La valeur nutritive (ED et PD) de la matière sera alors estimée après calcul par différence de sa digestibilité par rapport au régime de base. Lorsque l'on utilise plus d'un taux d'incorporation, on parle alors de **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 deux ou plusieurs niveaux distincts dans un même régime témoin dit aussi régime de base. La valeur de la matière première étudiée correspondant à une incorporation de 100% est ensuite estimée par régression.

Même si la méthode la plus fiable de savoir si une matière première peut être utilisée en alimentation du lapin est de le demander aux lapins eux-mêmes (Lebas, 2004), la valeur nutritive d'une matière première peut aussi être estimée par des **équations de prédiction** basées sur la composition chimique de cette dernière, comme par exemple dans le cas de la luzerne (Perez *et al.*, 1990). La **digestibilité *in vitro*** (Ramos *et al.*, 1992 ; Ramos et Carabano, 1996; Villamide *et al.*, 2009) et la **Spectrométrie proche infrarouge** (Xiccato *et al.*, 1999, 2003 ; Pérez-Marín *et al.*, 2012) peuvent aussi être utilisées pour estimer la valeur nutritive des matières premières destinées au lapin, mais les équations de prédictions manquent de précision et ces techniques sont peu utilisées.

Parmi les difficultés d'estimation d'une valeur nutritive d'une matière première (sources d'imprécision) on peut citer: 1- les variations de composition chimique de la matière selon son origine, ce qui est le cas par exemple pour les luzernes ou les coproduits de céréales; 2- l'incertitude des besoins des animaux; 3- le principe d'additivité qui est parfois non respecté (Froidmont et Leterme, 2005), notamment chez le lapin dans le cas de mélange de sources de fibres ou selon le taux de fibres de l'aliment.

2. Matières premières sources de fibres en alimentation du lapin

Les fibres sont des composants majeurs des aliments pour lapins, leur concentration atteint couramment 35 à 40% de NDF (Figure 1). Elles sont importantes pour la régulation du transit digestif et ont un effet favorable sur l'activité microbienne caecale et sur la santé digestive du lapin en croissance (Lebas *et al.*, 1998 ; De Blas *et al.*, 1999 ; Gidenne, 2000 et 2003 ; Gidenne et Garcia, 2006 ; Gidenne *et al.*, 2008 ; Garcia *et al.*, 2009 ; Gidenne *et al.*, 2010a).

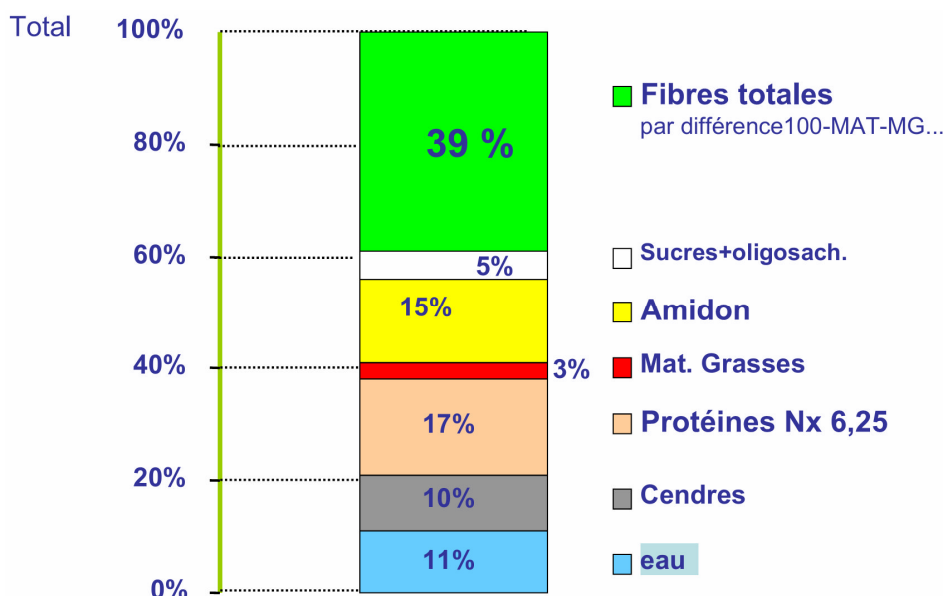


Figure 1. Principaux nutriments dans un aliment "standard" pour lapin en croissance (Gidenne, 2010)

Les résultats des nombreuses recherches réalisées sur le sujet, notamment par l'équipe de l'INRA de Toulouse en France, ont fait évoluer considérablement les recommandations en fibres pour les lapins (Gidenne, 2003 ; Lebas, 2004 ; Gidenne et Garcia, 2006) que ce soit en quantité et/ou en qualité (quantité et qualité d'ADF, apports en fibres digestibles, en lignine; Tableau 1). En plus des effets "connus" des fibres sur le transit et la santé des lapins, on s'intéresse aussi à leur impact sur la qualité de la viande (Marguenda *et al.*, 2012 ; Papadomichelakis *et al.*, 2012).

Compte tenu de leurs besoins spécifiques en fibres, les lapins peuvent valoriser des matières premières inutilisables chez d'autres espèces. De ce fait, un grand nombre de produits (sous-produits de récoltes, fourrages, sous-produits industriels, ...etc.) peuvent être incorporés dans les aliments destinés aux lapins. Cette capacité à valoriser des ingrédients fibreux est justement l'un des arguments en faveur de l'élevage cunicole. En pratique, cependant, les

fourrages sont incorporés entre 30 et 50 % dans les aliments composés (Fernandez-Carmona *et al.*, 1998; Maertens, 2009b).

Tableau 1. Recommandations en fibres et en amidon (g/kg)^a en vue d'une prévention des risques digestifs chez le lapin après sevrage (Gidenne *et al.*, 2010b)

	INRA		Technical University of Madrid	
	Post weaning (28–42 days old)	Growing (42–70 days old)	Post weaning (25–39 days old)	Growing (39–70 days old)
Neutral detergent fibre (NDF)	≥310	≥270	300≤ NDF <360	320≤ NDF <350
Lignocellulose (ADF)	≥190	≥170	–	160≤ ADF <185
Lignin (ADL)	≥55	≥50	–	≥55
Cellulose (ADF – ADL)	≥130	≥110	–	–
Ratio lignins/cellulose	>0.40	>0.40	–	–
Hemicelluloses (NDF – ADF)	>120	>100	–	–
DgF ^b /ADF	≤1.3	≤1.3	–	–
Neutral detergent soluble fibre ^c	–	–	120	–
Particles >0.3 mm	–	–	–	>210
Starch	–	–	<200	145< starch <175

ADF, acid detergent fibre; ADL, acid detergent lignin; DgF, digestible fibre; NDF, neutral detergent fibre.

^aAs fed basis, corrected to a dry matter content of 900 g kg⁻¹.

^bHemicelluloses (NDF – ADF) + water-insoluble pectins.

^cAccording to Hall *et al.* (1997).

Dans la formulation classique des aliments pour le lapin en élevage rationnel, les fibres sont surtout apportées par la luzerne déshydratée, les issues de céréales, les pulpes de betteraves, et aussi par certains tourteaux, comme le tourteau de tournesol non décortiqué notamment en Europe (Lebas et Djago, 2001). En Afrique du Nord, ce sont la luzerne, les coproduits de céréales et la paille de blé qui en sont les principales sources de fibres. La composition en parois cellulaires variant considérablement d'une source de fibres à une autre (Figure 2), un mélange de plusieurs sources est souvent nécessaire pour atteindre les recommandations lors de la formulation des aliments pour lapins.

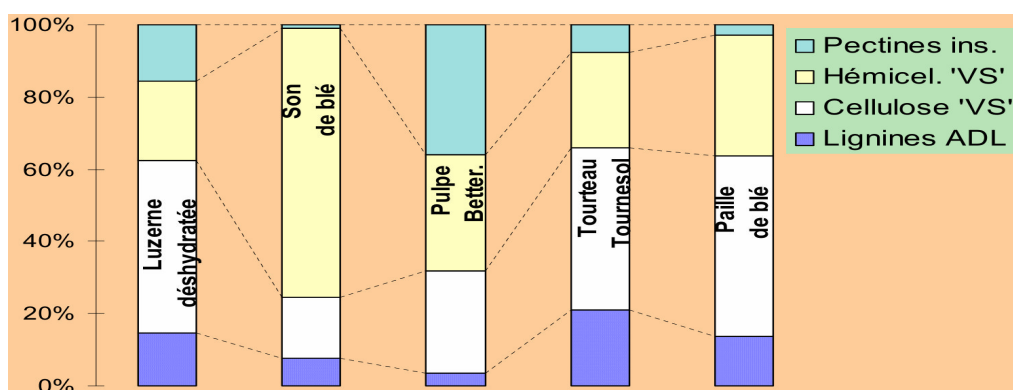


Figure 2. Exemple de composition en constituants pariétaux (% des fibres insolubles) de quelques sources de fibres couramment utilisées en alimentation cunicole (Gidenne, 2010).

La luzerne (*Medicago sativa L.*), incorporée souvent à hauteur de 30 %, est sans conteste la matière première la plus utilisée dans la formulation des aliments pour les lapins en élevage rationnel (Lebas, 1987), comme source de fibres et aussi de protéines. Ce type de matières premières (source de fibres riche en protéines) est recherché par les formulateurs. Selon Combes et Cauquil (2006), la luzerne permet aussi d'enrichir la viande des lapins en acides gras poly-insaturés de la classe des oméga 3; et cela aiderait même les lapins à mieux résister au stress thermique selon Liu *et al.* (2010). Cependant, la culture de la luzerne est connue pour être tributaire de l'irrigation alors que dans beaucoup de pays notamment ceux d'Afrique du Nord les ressources en eau sont très limitées. De ce fait, des recherches sont régulièrement entreprises pour tenter de remplacer la luzerne par des matières premières locales. Ainsi, à titre indicatif, dans la synthèse de Lebas (2004) sur l'utilisation des matières premières dans l'alimentation du lapin, nous avons recensé 43 études sur 150 ayant porté sur l'essai d'incorporation des fourrages dans l'aliment des lapins en substitution de la luzerne.

Pour ce qui est des sous-produits industriels utilisés principalement comme sources de fibres, un grand nombre peut être utilisé en alimentation des lapins. Dans sa même synthèse de 2004 Lebas en a recensé 27 variant des drêches de brasserie au contenu du rumen. Cependant, l'auteur a attiré l'attention sur le risque de Mycotoxines si ces sous produits ne sont pas traités rapidement, car ils sont généralement humides à la sortie du processus de fabrication.

D'autres sources de fibres sont utilisées dans la formulation des aliments pour lapins, et leurs compositions chimiques et caractéristiques nutritionnelles sont régulièrement complétées dans les différentes tables de composition. Dans sa synthèse de 2003, Gidenne en a recensé 26 (Tableau 2)

Tableau 2. Composition en fibres de quelques matières premières utilisées dans les aliments lapins, avec les critères utilisés dans les recommandations en fibres pour les lapins en croissance (Gidenne, 2003).

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

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

Les progrès réalisés sur la maîtrise de l'alimentation du lapin en élevage rationnel sont importants. La meilleure connaissance de la physiologie digestive de cet animal a permis une nette avancée dans les recommandations de ses besoins alimentaires. Il reste cependant d'autres progrès à réaliser en particulier dans la compréhension de l'écosystème microbien au niveau du caecum, le rôle des fibres dites "solubles", l'efficacité alimentaire, ...etc.

À l'instar d'autres pays en voie de développement (Quansah et Makkar, 2012), le grand chantier dans ce domaine en Algérie demeure la caractérisation des matières premières locales et l'étude de la possibilité de leur incorporation dans les aliments granulés pour lapins en vue d'accroître l'autonomie de la cuniculture algérienne.

Références bibliographiques.

- Abecia L., Rodríguez-Romero N., Yañez-Ruiz D.R., Fondevila M. 2012. Biodiversity and fermentative activity of caecal microbial communities in wild and farm rabbits from Spain. *Anaerobe*, 18, 344-349.
- Alvarez J.L., Margüenda I., García-Rebollar P., Carabano R., De Blas J.C., Corujo A., García-Ruiz A.I. 2007. Effects of type and level of fibre on digestive physiology and performance in reproducing and growing rabbits. *World Rabbit Sci.* 15, 9–17.
- 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.
- Calvet S., Estellés F., Hermida B., Blumetto O., Torres A.G. 2008. Experimental balance to estimate efficiency in the use of nitrogen in rabbit breeding. *World Rabbit Sci.*, 16: 205 - 211
- Carabano, R. Badiola, I., Chamorro, S., Garcia, J., Garcia-Ruiz, A.I., Garcia-Rebollar, P., Gomez-Conde, M.S., Gutierrez, I., Nicodemus, N., Villamide, M.J., de Blas, J.C., 2008. New trends in rabbit feeding: Influence of nutrition on intestinal health. *Span. J. Agric. Res.* 6:15-25.
- Carabano R., Badiola I., Licois D., Gidenne T. 2006. The digestive ecosystem and its control through nutritional or feeding strategies. In: Maertens L., Coudert P. (Eds.), *Recent Advances in Rabbit Sciences*. Ilvo, Merelbeke, Belgium, 211–227.
- Carabano R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas J.C. 2009. New concepts and objectives for protein–amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Science* 17, 1–14.
- Cheeke P. R. 1987. *Rabbit Feeding and Nutrition*. Academic Press Inc., Orlando, Florida.
- Coleman S.W., Moore J.E. 2003. Feed quality and animal performance. *Field Crops Research*, 84: 17–29
- Combes S., Cauquil L., 2006. Viande de lapin et oméga 3 : Une alimentation riche en luzerne permet d'enrichir la viande des lapins en oméga 3. *Viande et Produits Carnés*, 25 (2) 31-35.
- Combes S., Michelland R. J., Monteils V., Cauquil L., Soulié V., Tran N. U., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2011. *Postnatal development of the rabbit caecal microbiota composition and activity*. *FEMS Microbiology Ecology*, 77: 680–689.

- De Blas J. C. 2012. Nutritional impact on health and performance in intensively reared rabbits. *Animal, FirstView Article*: pp 1-10 DOI: 10.1017/S1751731112000213
- 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 C., García J., Carabano R. 1999. Role of fibre in rabbit diets. A review. *Ann. Zootech.* 48; 3-13
- FEDNA. 1997. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. De Blas C., Mateos G.G., Rebollar P.G. eds. FEDNA, Elanco.
- FEDNA. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos 2ª eds.). *de Blas C., Mateos G.G., Rebollar P.G. (eds.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 p.*
- FEDNA. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (3rd ed.), de Blas, C., Mateos, G.G., García-Rebollar, P. (Eds). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, Spain.
- Fernandez-Carmona J., Bernat F., Cervera C., Pascual J.J. 1998. High lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Science, Vol. 6(2), 237-240.*
- Fortun-Lamothe L., Gidenne T., 2003. Besoins nutritionnels du lapereau et stratégies d'alimentation autour du sevrage. *INRA Prod. Anim.*, 16, 39-47
- Froidmont E., Leterme P. 2005. La valorisation des protéagineux dans l'alimentation du bétail. *Dixième Carrefour des Productions animales : "L'élevage : hier, aujourd'hui, demain. Quelles attentes ? Pour quels enjeux ?".* Exposé collégial des chercheurs du CRA-W et de la FUSAGx.
<http://www.gembloux.ulg.ac.be/zt/Publications/10e%20Carrefour/Froidmont.pdf>
- García J., Gómez-Conde M., Pérez de Rozas A., Badiola I., Villamide M.J., de Blas C., Carabaño R. 2009. Role of type of fibre on intestinal microbiota and performance in rabbits. *Giornate di Coniglicoltura ASIC, Italy, 11-23.*
- 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., 1999. EGRAN: An European Group for Rabbit Nutrition. Presentation and activity. *World Rabbit Sci.*, 7, 101-106
- Gidenne T. 2000. Recent advances in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements. A review. *World Rabbit Science* 8: 23-32.

- Gidenne T. 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science* 81(2-3): 105-117.
- Gidenne T. 2010. Nutrition, alimentation et santé du lapin. In: *La maîtrise sanitaire dans un élevage de lapin en 2010. Session de formation ASFC, 1er Juin 2010*. <http://www.asfc-lapin.com/Docs/Activite/Sessions-Formations/2010/04-ASFC%20Juin02010-GIDENNE-nutrition&maitrise-sanitaire.pdf>
- Gidenne T., Lebas F. 2002. Role of dietary fibre in rabbit nutrition and in digestive troubles prevention. *2nd Rabbit Congress of the America, Habana City, Cuba, June 19-22, 2002*, 47-59.
- Gidenne T., García J. 2006. Nutritional strategies improving the digestive health of the weaned rabbit. In: *Maertens L., Coudert P. (Eds.), Recent Advances in Rabbit Sciences. Ilvo, Merelbeke, Belgium*, 229–238.
- Gidenne T., Kerdiles V., Jehl N., Arveux P., Briens C., Eckenfelder B., Fortune H., Montessuy S., Muraz G., Stephan S., 2001. An increase of dietary ratio "digestible fibre/ crude protein" doe not affect the performances of the growing rabbit but reduce enteritis incidence: preliminary results of a multi-site study., In *Proc.: 9ème J. Rech. Cunicoles, Bolet G. (Ed.) 28 & 29 nov. 2001, Paris, France, ITAVI publ. Paris*, 65-68.
- Gidenne T., Combes S., Licois D., Carabaño R., Badiola I., Garcia J., 2008. Ecosystème caecal et nutrition du lapin : interactions avec la santé digestive. *INRA Prod. Anim.*, 21, 239-250.
- Gidenne T., Carabaño R., García J., De Blas C. 2010a. Fibre Digestion. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 66-82.
- Gidenne T., García J., Lebas F. Licois D. 2010b. Nutrition and Feeding Strategy: Interactions with Pathology. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 179-199.
- Gidenne T., Combes S., Fortun-Lamothe L. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: a review. *Animal*, 6:9, 1407–1419
- Gómez-Conde M.S., García J., Chamorro S., Eiras P., García-Rebollar P.G., Perez De Rozas A., Badiola I., De Blas J., Carabano R., 2007. Neutral detergent-soluble fiber improves gut barrier function in twenty-five-day-old weaned rabbits. *J. Anim. Sci.* 85, 3313–3321.
- Gómez-Conde M.S., Pérez de Rozas A., Badiola I., Pérez-Alba L., de Blas C., Carabaño R., García J. 2009. Effect of neutral detergent soluble fibre on digestion, intestinal

- microbiota and performance in twenty five day old weaned rabbits. *Livest. Sci.* 125: 192-198.
- INRA 1984. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles. *INRA ed.*
- INRA 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles (2^e édition). *INRA ed.*
- INRA. 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2^{ème} Edition revue et corrigée. *INRA Editions, Paris, France.*
- Lebas F., 1975. Le lapin de chair, ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique. *ITAVI éditeur (Paris)* 50 p.
- Lebas F., 1979. Nutrition et alimentation du lapin: les besoins. *Cuniculture*, 6, 159-160 et 207-208.
- Lebas F., 1983. Bases physiologiques du besoin protéique des lapins. Analyse critique des recommandations. 4^{ème} *Symposium International Métabol. Nut. azotés. Les Colloques de l'INRA, n°16*, 323-341 et *Cuni-Sciences*, 1, 16-21
- Lebas F. 1987. La luzerne déshydratée et le lapin. *Cuni Sciences Vol. 4, Fasc. 1*, 11-22
- Lebas, F. 1989. Besoins nutritionnels des lapins: revue bibliographique et perspectives. *Cuni-Sci.*, 5: 1-28.
- Lebas F. 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proc. 8th of World Rabbit Congress, Puebla, Mexico* 686-736. <http://cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2000-2009/2004-Lebas-WRC-Revue-sources-matiere-premieres-Puebla.pdf>
- Lebas F., Djago A.Y. 2001. Valorisation alimentaire de la paille par le lapin en croissance. 9^{ème} *Journ. Rech. Cunicole* : 77- 80.
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G., 1984. Le lapin, élevage et pathologie. *FAO. Rome.*
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G., 1996. Le lapin, élevage et pathologie. 2^{ème} édition révisée, *FAO. Rome*, 223 p.
- Lebas F., Gidenne T., Perez J.M., Licois D. 1998. Nutrition and pathology. In: The nutrition of the rabbit. Ed. De Blas. & Wiseman), *CABI publishing, Wallingford, UK*, 197-214.
- Liu H. W., Dong X.F., Tong J. M., Zhang Q. 2010. Alfalfa polysaccharides improve the growth performance and antioxidant status of heat-stressed rabbits. *Livestock Science* 131, 88-93

- Maertens L. 1999. Towards reduced feeding costs, dietary safety and minimal mineral excretion in rabbits: a review and opinion article. *World Rabbit Sci.*, 7, 65-74.
- Maertens L. 1992. Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. *J. Appl. Rabbit Res.* 15, 889–913.
- Maertens L. 2009a. Possibilities to reduce the feed conversion in rabbit production. In: *Proceedings Giornate di Coniglicoltura ASIC 2009, Forlì, Italy*, . 1-10.
- Maertens L., 2009b. Feeding rabbits. In: *Kellems R. and D.C. Church (Ed.), Livestock Feeds and Feeding (6th Edition), Prentice Hall, Pearson Education, Upper Saddle River, NJ (USA)*, 488-508.
- Maertens L. 2010. Feeding Systems for Intensive Production. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 253-266.
- Maertens L., Cavani C., Petracci M. 2005. Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. *World Rabbit Sci.* 13: 3-16
- Maertens L., Janssen, W.M.M., Steenland, E., Wolfers, D.F., Branje, H.E.B., Jager, F. 1990. Tables de composition, de digestibilité et de valeur énergétique des matières premières pour lapins. In: *Proceedings of the 5èmes Journées de la Recherche Cunicole, Vol. 2. Comm. no. 57. INRA-ITAVI, Paris, France, pp. 1–9.*
- Maertens L., Lebas F. 1989. Mesure de la valeur énergétique des aliments et des matières premières chez le lapin : une approche critique. *Cuni-Sciences - Vol. 5 -Fasc. 2.* 35-46.
- Maertens L., Luzi F., De Groote G. 1997. Effect of dietary protein and amino acids on the performance, carcass composition and N-excretion of growing rabbits. *Ann. Zootech.*, 46, 255-268.
- 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 Science* 10, 157–166.
- Margüenda I., Nicodemus N., Vadillo S., Sevilla L., García-Rebollar P., Villarroel M., Romero C., Carabaño R. 2012. Effect of dietary type and level of fibre on rabbit carcass yield and its microbiological characteristics. *Livestock Science* 145, 7–12
- Michelland R. J., Combes S., Monteils V., Cauquil L., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2011. Rapid adaptation of the bacterial community in the growing rabbit caecum after a change in dietary fibre supply. *Animal*, 5, 1761-1768
- Michelland R.J., Combes S., Monteils V., Cauquil L., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2010a. Comparison of the archaeal community in the fermentative compartments and feces of the cow and the rabbit. *Anaerobe* ,16, 4, 396-401.

- Michelland R.J., Combes S., Monteils V., Cauquil L., Gidenne T., Fortun-Lamothe L. 2010b. Molecular analysis of the bacterial community in the digestive tract of rabbit. *Anaerobe*, 2, 61-65.
- Nguyen T.T.H., Bouvarel I., Ponchant P., Van der Werf H. 2012. Using environmental constraints to formulate low-impact poultry feeds. *Journal of Cleaner Production* 28 215-224
- NRC.1977. Nutrient Requirements of Rabbits. 2nd revised ed. National Academy of Science, National Research Council, Washington, DC, USA.
- Papadomichelakis G., Karagiannidou A., Anastasopoulos V., Fegeros K. 2012. Effect of high dietary digestible fibre content on the fatty acid composition of two muscles in fattening rabbits. *Livestock Science* 129, 159 – 165
- Papadomichelakis G., Mountzouris K. C., Paraskevakis N., Fegeros K. 2011. Caecum odd-numbered and branched-chain fatty acid composition in response to dietary changes in fattening rabbits. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 95: 707–716.
- Perez J.M. 2004. Valeurs nutritives pour les lapins. In: Sauvart 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^{ème} Edition revue et corrigée. INRA Editions, Paris, France. 51-54
- Perez J.M., Lebas F., Lamboley B., 1990. Valeur alimentaire de la luzerne deshydratée après ensilage: digestibilité, efficacité azotée et utilisation par le lapin en croissance, In *Proc.: 5 ème J. Rech. Cunicoles Fr., ITAVI-INRA (Ed.) 11-12 décembre, Paris, France, ITAVI publ. Paris, France, 58.51-58.11*.
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3: 41-43.
- Perez J.M., Maertens L., Villamide M.J., De Blas C., 1998. Tables de composition et de valeur nutritive des aliments destinés au lapin: conclusions d'un groupe de travail européen. 7^{èmes} Journ. Rech. Cunicole Fr., Lyon. Ed. INRA-ITAVI, 141-146
- Pérez-Marín D., Fearn T., Guerrero J.E., Garrido-Varo A. 2012. Improving NIRS predictions of ingredient composition in compound feedingstuffs using Bayesian non-parametric calibrations. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 110, 108– 112

- Quansah E.S., Makkar H.P.S. 2012. Use of lesser-known plants and plant parts as animal feed resources in tropical regions. *FAO, Animal Production and Health Working Paper*, 8.
- Ramos M.A., Carabano R., 1996. Nutritive evaluation of rabbit diets by an in vitro method. *Proc. 6th World Rabbit Congress, 9-12 July 1996, Toulouse, France, vol. 1. ITAVI, Paris, 277-282*
- Ramos M.A., Carabailo R., Boisen S., 1992. An *in vitro* method for estimating digestibility in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 938-946.
- Tran G., Heuzé V., Bastianelli D., Archimede H., Sauvant D. 2010. Tables of nutritive value for farm animals in tropical and Mediterranean regions: an important asset for improving the use of local feed resources. *Advances in Animal Biosciences, Vol. 1 - Issue 02: International Symposium on Sustainable Animal Production in the Tropics: Farming in a Changing World*.
- Tran G., Heuzé V., Bastianelli D., Archimede H., Sauvant D. 2011. Tables de valeurs alimentaires pour les animaux des régions tropicales et Méditerranéennes : un facteur-clé pour une meilleure utilisation des ressources alimentaires locales. *Renc. Rech. Ruminants*, 18, 153.
- Trocino A., Fragkiadakis M., Majolini D., Carabano R., Xiccato G. 2011. Effect of the increase of dietary starch and soluble fibre on digestive efficiency and growth performance of meat rabbits. *Animal Feed Science and Technology* 165, 265–277
- Trocino A., Fragkiadakis M., Radaelli G., Xiccato G., 2010. Effect of dietary soluble fibre level and protein source on growth, digestion, caecal activity and health of fattening rabbits. *World Rabbit Sci.* 18, 199–210.
- 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., 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, 283–294.
- 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 Sci. Technol.*, 109: 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: 19-26.

- 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), 89-102.*
- Villamide M.J., Maertens L., De Blas C. 2010. Feed Evaluation. *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 151-162.*
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Energy and protein metabolism and requirements. *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 83-118.*
- Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L., Bittante G. 2005. Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in northern Italy. *Ital. J. Anim. Sci., 4, 3, 103-111.*
- Xiccato G., Trocino A., Carazzolo A., Meurens M., Maertens L., Carabaño R. 1999. Nutritive evaluation and ingredient prediction of compound feeds for rabbits by near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Anim. Feed Sci. Technol. 77, 201–212.*
- Xiccato G., Trocino A., De Boever, J.L., Maertens L., Carabaño R., Pascual J.J., Perez J.M., Gidenne T., Falcão e Cunha L. 2003 Prediction of chemical composition, nutritive value and ingredient composition of European compound feeds for rabbits by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). *Animal Feed Science and Technology 104, 153–168.*
- Xiccato G., Trocino A., Majolini D., Fragkiadakis M., Tazzoli M., 2011. Effect of decreasing dietary protein level and replacing starch with soluble fibre on digestive physiology and performance of growing rabbits. *Animal 5, 1179- 1187.*

OBJECTIFS

Depuis plus de deux décennies maintenant, plusieurs travaux de recherches ont été initiés au niveau du laboratoire de recherche dirigé par le Pr Berchiche à l'université M.MAMMERI de Tizi-Ouzou, en collaboration avec l'équipe "cunicole" de l'INRA de Toulouse (France), sur les possibilités de substituer les matières importées notamment la luzerne et le tourteau de soja par celles qui sont disponibles en Algérie.

Cette Thèse s'insère dans cette thématique de recherche visant à accroître l'autonomie de la cuniculture algérienne. Elle a pour objectif principal de contribuer à la caractérisation de quelques matières premières sources de fibres, disponibles localement et susceptibles d'être incorporées dans les aliments granulés pour le lapin en croissance, en remplacement des sources importées telles que la luzerne déshydratée. Elle est principalement composée d'articles où sont présentés, après une introduction générale incluant un état de l'art, les résultats de cinq expérimentations (Figure 3).

Le premier et le deuxième essai seront consacrés à la détermination de la valeur nutritive du Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pour le lapin en croissance à deux différents stades de développement (début bourgeonnement et floraison). Le choix de cette légumineuse qu'est *Hedysarum flexuosum* a été motivé par sa composition chimique intéressante, sa disponibilité dans la région et le fait qu'elle ne soit pas incorporée dans les aliments granulés en élevage rationnel, car sa valeur nutritive pour le lapin n'est pas connue.

Nous nous intéresserons ensuite aux feuilles de roseau commun (*Phragmites australis*) vu leur composition chimique ainsi que leur grande disponibilité au niveau local. On cherchera à déterminer la valeur nutritive de ces feuilles, dans le but de les insérer comme source de fibres dans les aliments granulés pour lapins.

Après avoir déterminé la valeur nutritive du foin de Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) et des feuilles de roseau commun (*Phragmites australis*), on cherchera, dans un quatrième essai, la possibilité d'associer ces deux matières premières (Sulla et feuilles de roseau) dans un même aliment.

Dans le cinquième essai, nous mesurerons la réponse zootechnique du lapin en termes de croissance et de santé à un aliment granulé complet formulé à base de foin de Sulla et, cette fois-ci, des feuilles figuier (*Ficus carica*). Les feuilles de cet arbre, après récolte des fruits et aoûtement, sont couramment utilisées dans l'alimentation du bétail. Elles sont riches en fibres.

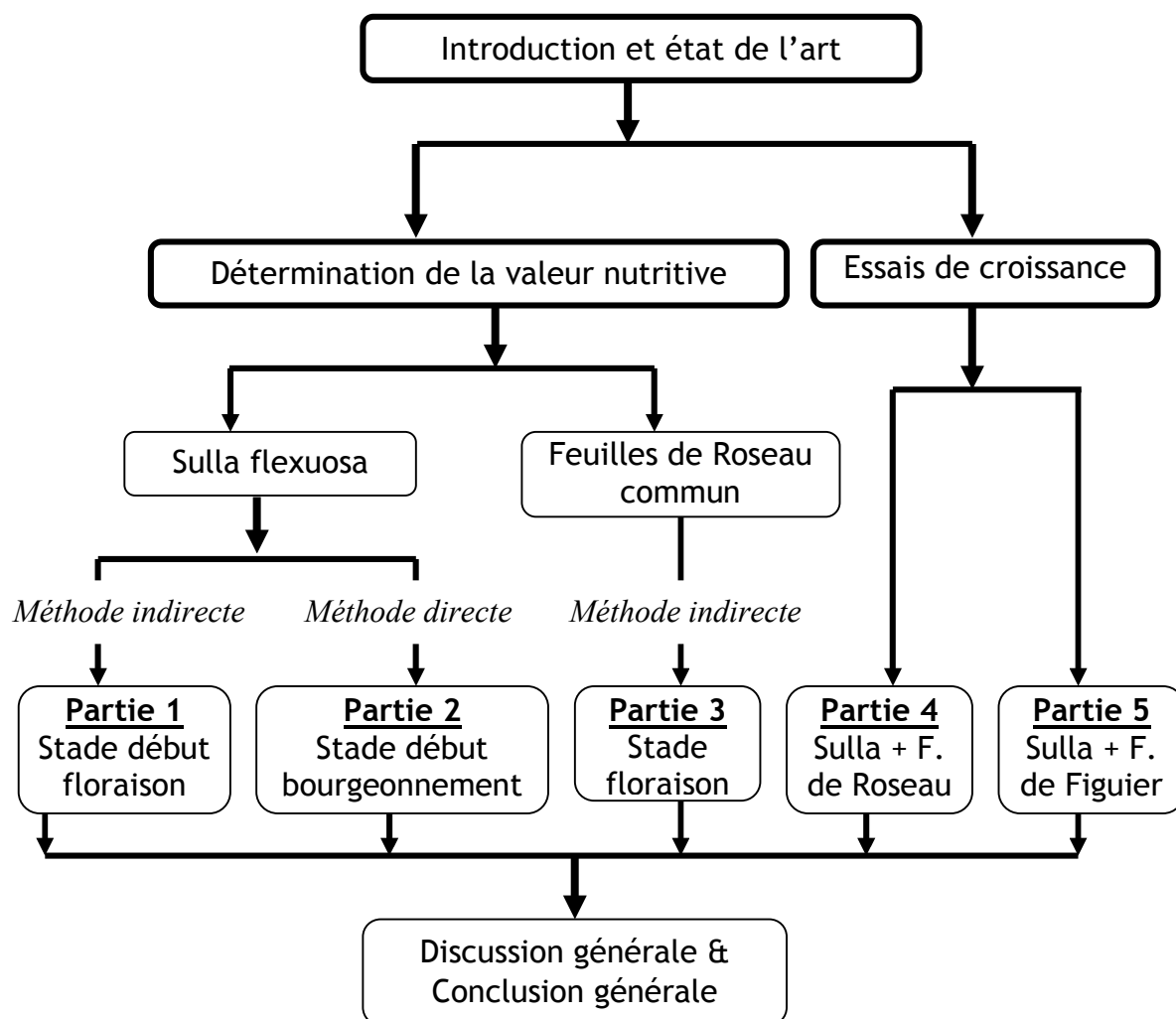


Figure 3. Organisation des parties de la thèse



© KADI S.A. 2012

PARTIE 1: DÉTERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DU FOIN DE SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*), AU STADE FLORAISON, POUR LE LAPIN EN CROISSANCE

Les sources de fibres en alimentation du lapin sont très diverses, ainsi les tables EGRAN (Maertens *et al.*, 2002) en présentent 17. Cependant, la plus utilisée reste la luzerne déshydratée, car elle apporte non seulement les fibres, mais aussi des protéines en quantités appréciables (12 à 18% brut) et relativement digestibles (56 à 62%). Eu égard à ses caractéristiques nutritionnelles, la luzerne est aussi très utilisée en alimentation du gros bétail et notamment celle des vaches laitières. De ce fait, la demande en cette légumineuse augmente continuellement ce qui n'est pas sans incidence sur son prix sur le marché mondial.

Parmi les sources alternatives à la luzerne en alimentation du lapin, plusieurs fourrages et coproduits des industries agroalimentaires sont périodiquement testés et proposés dans la littérature scientifique. Cependant, la majorité de ces matières premières alternatives sont des sources quasi exclusives de fibres. Par conséquent, leur incorporation effective dans les formules alimentaires fait augmenter la "contrainte protéine" et nécessite donc d'augmenter les taux d'incorporation des sources protéiques notamment le tourteau de soja. D'où la recherche de sources alternatives riches en fibres, mais apportant aussi des protéines.

Parmi les légumineuses disponibles en Algérie et utilisées en alimentation animale, le Sulla appartenant au genre *Hedysarum* présente une composition chimique intéressante. Il est rapporté dans plusieurs travaux scientifiques sur le genre *Hedysarum*, notamment ceux dirigés par le Pr Abdelguerfi de l'ENSA d'El-Harrach et ceux du Dr Issolah de l'INRAA, que pas moins de 10 espèces de ce genre sont répertoriées en Algérie, d'où ce genre *Hedysarum* serait d'ailleurs originaire selon les derniers travaux scientifiques dans le domaine notamment celui de Chennaoui-Kourda *et al.* (2012). L'espèce disponible en Kabylie notamment à Tizi-Ouzou est *Hedysarum flexuosum*. Son utilisation en alimentation du lapin est signalée en élevage traditionnel. Cependant, elle n'est pas incorporée dans les aliments granulés en élevage rationnel, car sa valeur nutritive pour le lapin n'est pas connue et sa disponibilité peu importante sous forme conservable (séchée).

Notre premier essai a donc pour objet de déterminer la valeur nutritive du foin de cette espèce (*Hedysarum flexuosum*) de Sulla pour le lapin en croissance, en mesurant la digestibilité d'aliments à taux d'incorporation croissant de Sulla, pour estimer par la méthode de régression sa concentration en énergie et protéine digestible.

VALEUR NUTRITIVE DU FOIN DE SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*), ET SES EFFETS SUR LES PERFORMANCES ET LES CARACTÉRISTIQUES DE LA CARCASSE DES LAPINS EN CROISSANCE

WORLD RABBIT SCIENCE. 2011, 19:151-159

Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T.

Mots clés : lapin, foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*), performance de croissance, valeur nutritive.

Résumé:

La valeur nutritive et l'utilisation potentielle du foin de Sulla [*Hedysarum flexuosum*, g/kg brut: 885 matière sèche, 438 neutral detergent fibre (NDF), 337 acid detergent fibre (ADF), 80 acid detergent lignin et 147 protéines brutes (CP)] pour le lapin en croissance a été étudiée par la méthode de régression, en comparant 3 aliments contenant du foin de Sulla (S) à des taux d'incorporation croissants: 0% (témoin, S0), 15 % (S15) et 30% (S30) en substitution du régime de base (294 g NDF et 179 g CP/kg). Trois groupes de 30 lapins, logés en cages individuelles, ont été alimentés *ad libitum* avec les trois aliments, du sevrage (35 j, poids moyen: 572 ± 93g) jusqu'à 84 j d'âge. La digestibilité apparente fécale des aliments a été mesurée entre 42 et 46 jours d'âge sur 10 lapins par groupe. La concentration en énergie digestible (ED) du foin de Sulla, estimée par régression, a été de 8.96±0.57 MJ/kg MS, soit 7% de plus que celle de la farine de luzerne standard, ce qui serait expliqué par la digestibilité élevée de sa fraction NDF du Sulla (54.9%). La digestibilité des protéines du foin de Sulla a été estimée à 42.8%, correspondant à une concentration en protéines digestibles de 71.1±8.9g/kg MS. Même à un taux d'incorporation élevé dans l'aliment (30%), le foin de Sulla n'a pas détérioré la vitesse de croissance (36.0 g/j en moyenne), ni la consommation alimentaire (119 g/j en moyenne) ou la santé des lapins. L'indice de consommation a été meilleur pour l'aliment contenant le taux d'incorporation modéré du foin de Sulla (15%) que pour celui contenant le taux élevé (3.14 vs. 3.36, P < 0.001). Le statut sanitaire et les performances d'abattages n'ont pas été affectés par le taux d'incorporation du foin de Sulla. Par conséquent, le foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) pourrait être considéré comme une bonne source de fibres pour le lapin, en remplacement de la farine de luzerne.

NUTRITIVE VALUE OF SUN-DRIED SULLA HAY (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) AND ITS EFFECT ON PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF GROWING RABBITS



World Rabbit Sci. 2011, 19: 151 - 159
doi:10.4995/wrs.2011.848
© WRSA, UPV, 2003

NUTRITIVE VALUE OF SUN-DRIED SULLA HAY (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) AND ITS EFFECT ON PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF GROWING RABBITS

Kadi S.A.^{*†}, Guermah H. *, Bannelier C.^{†‡§}, Berchiche M. *, Gidenne T.^{†‡§}

^{*}Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques,
Université M. Mammeri, TIZI-OUZOU, Algérie.

[†]INRA, UMR1289 Tissus Animaux Nutrition Digestion Ecosystème et Métabolisme,
F-31326 CASTANET-TOLOSAN, France.

[‡]Université de Toulouse, INPT ENSAT, UMR1289 Tissus Animaux Nutrition Digestion Ecosystème et Métabolisme,
F-31326 CASTANET-TOLOSAN, France.

[§]ENVIT, UMR1289 Tissus Animaux Nutrition Digestion Ecosystème et Métabolisme,
F-31076 TOULOUSE, France.

I. ABSTRACT

The nutritive value and potential use of sundried Sulla hay [*Hedysarum flexuosum*, g/kg as fed: 885 dry matter, 438 neutral detergent fibre (NDF), 337 acid detergent fibre (ADF), 80 acid detergent lignin and 147 crude protein (CP)] for the growing rabbits was studied by comparing 3 diets (regression method) containing an increasing incorporation rate of Sulla hay (S): 0% (control, S0), 15 % (S15) and 30% (S30) in substitution to the control diet (294 g NDF and 179 g CP/ kg). Three groups of 30 rabbits (individually caged) were fed *ad libitum* the three diets from weaning (35 d, mean weight: 572 ± 93 g) to 84 d of age. The faecal digestibility of the diets was measured between 42 and 46 days of age on 10 rabbits per group. The digestible energy (DE) concentration of the Sulla hay estimated by regression was 8.96 ± 0.57 MJ/kg DM, thus 7% higher than standard alfalfa meal, which would be accounted for its high NDF digestibility (54.9%). The digestibility of crude protein of Sulla was estimated to be 42.8%, corresponding to a digestible crude protein concentration of 71.1 ± 8.9 g/kg DM. Even at a high incorporation rate in the feed (30%) Sulla hay did not produce adverse effects on the animal growth (mean 36.0 g/d), feed intake (mean 119 g/d) or health. Feed conversion was better for a moderate rate of inclusion of Sulla in the diet (about 15%) than for higher rate of inclusion (3.14 vs. 3.36, $P < 0.001$). Health status or slaughter traits were not affected by the Sulla incorporation rate. Thus, the sundried Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) could be considered as a good fibre source for the rabbit, in replacement of alfalfa meal.

Keywords: rabbit, sulla hay (*Hedysarum flexuosum*), growth performance, nutritive value.

II. INTRODUCTION

In Algeria, one of the main limiting factors to the development of rabbit production remains the absence of balanced pellet feeds available at an acceptable price, because the supply of fibrous raw material remains difficult. Although expensive, imported dehydrated alfalfa (*Medicago sativa*) is the most utilized fibre source in diet formulation for the growing rabbit. Therefore, alternatives are required to produce balanced pelleted feeds using local raw materials, available at a lower price.

Hedysarum flexuosum is part of the genus *Hedysarum* L. often called “Sulla” and also known as Italian or Spanish sainfoin, French honeysuckle or sweet vetch. It is a short-lived perennial leguminous plant (family Fabaceae) originating from the western Mediterranean region and North Africa (Ben Fadhel *et al.*, 2006). Both *H. flexuosum* and *H. coronarium* are used in forage production (De Koning *et al.*, 2003) and the two ones most available in Algeria (Abdelguerfi-Berrekia *et al.*, 1991) where they are extensively grown as a 2-year forage crop for grazing or hay production (Issolah and Khalfallah, 2010). In recent literature the plant has been also referred to as *Sulla flexuosa* (Choi and Ohashi, 2003). There is a great similarity between *H. coronarium* -the only cultivated Sulla species- and *H. flexuosum* (Chennaoui-Kourda *et al.*, 2007). The latter is characterized by its small size flowers purplish crimsons (intense red in *H. coronarium*), its pods flexuous and its set up port facilitating mowing (Abdelguerfi-Berrekia *et al.*, 1991; Ben Fadhel *et al.*, 2006).

In Algeria, *H. flexuosum* produce 50 T green matter/ha (approximately 20% dry matter) with two cuts (Chouaki *et al.*, 2006), whereas in Australian conditions it is around 9.5 T dry matter/ha (De Koning *et al.*, 2003). Sulla is highly palatable and used in feeding of sheep (Molle *et al.*, 2003), goats (Bonanno *et al.*, 2007) or cows (Ramirez-Restrepo and Barry, 2005). In rabbit nutrition, Cucchiara (1989) included dehydrated *H. coronarium* up to 35% in total replacement of dehydrated alfalfa in fattening rabbits diet obtaining better performances. Thus we aimed to determine the nutritive value of Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) sun dried hay for the growing rabbit and the effect of Sulla dietary inclusion on performance and carcass characteristics.

III. MATERIALS AND METHODS

III. A. EXPERIMENTAL DESIGN AND FEEDS

A total of 90 rabbits of Algerian white local population (Zerrouki *et al.*, 2008) were used to assess the nutritive value of Sulla and its effect on growth, in a private unit of rabbit breeding

(farm temperature ranging from 15 to 23° C and under a 7:00–19:00 lighting schedule) located in Tizi-Ouzou area, Algeria. Chemical analyses were conducted at INRA laboratories of Toulouse (UMR 1289 Tandem) in France.

The mature *Sulla* plants were collected manually during spring period, at the beginning of the flowering stage, beside M. Mammeri University in Tizi-Ouzou area, and sun dried. Samples of *Sulla* were collected in the feed mill factory after grinding (sieves with a diameter of 3 mm) in order to determine its chemical composition. Three pelleted diets were formulated with an increasing *Sulla* hay inclusion level (0, 15, 30%). The ingredients and chemical composition of diets are shown in Table 2. A basal mixture was formulated to fit with nutritional requirement of the growing rabbit (De Blas and Mateos, 2010) that contained dehydrated alfalfa, maize and soya bean meal as main ingredients. Three experimental diets containing an increasing incorporation rate of *Sulla* hay were prepared by substituting the basal diet, without minerals and premix, with 0, 15 or 30 % of *Sulla* hay (S0, S15, S30, Table 2). Mineral and premix were added to all diets at a fixed amount of 2%. The mixture was then pelleted (4 mm diameter, 9 mm length).

III.B. ANIMALS AND MEASUREMENTS

Rabbits were weaned at 35 d old (mean weight: 572 ± 93 g), allotted in three groups (30 per diet), according to weaning weight and litter origin. They were placed in wire mesh individual cages (56 x 38 x 28 cm) in flat deck disposition till 84 d old.

During the 7 weeks of the experiment, rabbits were fed *ad libitum* one of the 3 diets, with a weekly control of live weight and feed consumption and a daily control of mortality, following the recommendations for applied nutrition experiments in rabbits of the EGRAN (Fernández-Carmona *et al.*, 2005). Fresh water was always available.

After a 7 days adaptation period (42 d old), 10 rabbits per group were selected for the digestibility trial, following the European reference method described by Perez *et al.* (1995). Their 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.

Diets and faeces were analysed according to the EGRAN recommendations (EGRAN, 2001).

At the end of the experiment, 10 rabbits per group were slaughtered (without fasting) at 10 a.m. in controlled conditions, according to Blasco and Ouhayoun (1996), and recorded the weight of full digestive tract, cold carcass, liver and perirenal fat.

III.C. CHEMICAL ANALYSES

The chemical analyses were performed at INRA (UMR 1289 TANDEM) on diets, faeces (10 per group) and on the sulla hay, according to ISO methods and considering the recommendations proposed by the EGRAN group (EGRAN, 2001): dry matter (ISO 6496:1999), crude ash (ISO 5984:2002), crude protein (N×6.25, Dumas method, ISO 16634-2:2009), energy (ISO 9831:1998) and fibres (NDF, ADF and acid detergent lignin (ADL)) according to sequential method of Van Soest, ashless, without sodium sulphite, and using crucibles (Tecator apparatus) (AFNOR 1997, ISO 16472:2006 and ISO 13906:2008).

III.D. STATISTICAL ANALYSES

Data were analyzed as a completely randomized design with type of diet as the main source of variation by using the GLM procedure of SAS software (OnlineDoc®, SAS Inst., Cary, NC). Means comparison were done by using the test of Scheffe. The linear effect of Sulla hay incorporation was analysed with the REG procedure of SAS. The nutritive value of Sulla hay has been calculated according to the regression and substitution methods described by Villamide *et al.* (2001).

IV. RESULTS AND DISCUSSION

IV.A. SULLA HAY COMPOSITION AND EXPERIMENTAL FEEDS

As for all forages, the composition of the Sulla plant depends on the vegetative stage at cut. At the beginning of the flowering stage, the Sulla hay had a high fibre content (33.7% ADF, Table 1), with other fibre fractions comparable to Alfalfa meal (Maertens *et al.*, 2002). Sulla also contained an appreciable amount of crude protein (14.7%), also similar to that found classically in Alfalfa.

Table 1. Chemical composition of the sun-dried sulla hay¹

g/kg raw basis	sun-dried Sulla hay
Dry matter	885
Crude ash	125
Crude protein (N x 6.25)	147
Neutral detergent fibre	438
Acid detergent fibre	337
Acid detergent lignin	80
Gross energy, MJ/kg	15.07

¹ analytical value of a sample from the material incorporated in the pelleted feeds (S0, S15, S30)

The chemical composition of *H. flexuosum* hay used here was similar to that reported by Cucchiara (1989) for *H. coronarium*. However, the Sulla hay presented a relatively high level of ash (12.5%, Table 1) as reported by Arab *et al.*(2009) for *H. coronarium* under similar climatic conditions. Thus, we can classify the Sulla hay as a balanced fibre source for rabbit, also rich in protein that is close to the composition of alfalfa meal. As expected, the dietary incorporation of Sulla increased sharply the fibre content of the diets (S15, S30) while the crude protein level decreased (Table 2).

Table 2. Ingredient and chemical composition of experimental diets

Ingredient, % as fed	S0	S15	S30
Sulla hay sun-dried		15.00	30.00
Dehydrated Alfalfa	30.00	25.41	20.81
Wheat bran	17.00	14.40	11.80
Soybean meal	20.00	16.94	13.88
Maize	25.00	21.17	17.35
Crude olive cake	6.00	5.08	4.16
Sodium chloride	1.00	1.00	1.00
Vitamin/mineral premix	1.00	1.00	1.00
Chemical composition, g/kg, raw basis			
Dry matter	882	896	892
Crude ash	65	71	81
Crude protein (Nx6.25)	179	164	161
NDF	294	374	473
ADF	154	198	274
ADL	48	62	69
Gross energy, MJ/kg	16.36	16.41	16.51

¹Provided by Bouhzila S. A (Sétif, Algeria). Mineral and vitamin composition (g/kg premix): Se, 0.025; Mg, 5; Mn, 7.5; Zn, 7.5; I, 0.12; Fe, 3.6; Cu, 2.25; Co, 0.04; thiamin, 0.1; riboflavin, 0.45; calcium d-pantothenate, 0.6; pyridoxine, 0.15; biotin, 0.0015; nicotinic acid, 2; choline chloride, 35; folic acid, 0.4; vitamin K₃, 0.2; dl- α -tocopheryl acetate, 1.35; biotin, 0.0015; folic acid, 0.04; cyanocobalamin, 0.0006; vitamin A, 850000 IU; vitamin D3, 170000 IU.

IV.B. HEALTH STATUS, FEED INTAKE AND GROWTH OF ANIMALS

Throughout the experiment, the health status of rabbits was good, since only 1 rabbit died in the groups S0 and S30, and only two in the group S15 (no antibiotic treatment was used during the trial).

Although we choose an unbalanced feed formulation, to assess the nutritive contribution of the Sulla hay, growth and intake over the whole fattening period did not differ among the three groups (Table 3). Moreover the growth performances reached a high level of 37.2 g/d,

while the feed intake averaged 122 g/d (mean for the 35-84d period). However, the feed conversion rate was significantly better ($P < 0.001$) for a 15% Sulla inclusion compared to the two other groups (3.14 vs 3.35), since feed intake was slightly lower and growth slightly higher ($P = 0.334$ and 0.171 , respectively). Indeed, during the post-weaning period (35-56d) the intake of S15 group was lower than the two other groups (-5%) while the growth was similar among the three groups.

Table 3. Effect of dietary level of inclusion of Sulla hay on feed intake and growth of rabbits.

	Experimental diets			SEM	P
	S0	S15	S30		
n [†]	29	28	29		
Period 35-56 d					
Live weight at 35 d, g	561	563	565	27.7	0.73
Live weight at 56 d, g	1431	1405	1385	40.3	0.71
Weight gain, g/d	40.1	39.2	39.4	0.85	0.77
Daily intake, g/d	101 ^{ab}	95.3 ^b	106 ^a	3.01	0.043
Feed conversion, g/g	2.62 ^a	2.42 ^b	2.77 ^a	0.05	<0.001
Period 56-84 d					
Live weight at 84 d, g	2423	2419	2342	54.6	0.50
Weight gain, g/d	35.9	36.0	33.9	0.84	0.14
Daily intake, g/d	142	136	133	3.29	0.13
Feed conversion, g/g	3.96 ^a	3.72 ^b	3.89 ^{ab}	0.06	0.026
Period 35-84 d					
Weight gain, g/d	37.6	38.0	35.9	0.80	0.17
Daily intake, g/d	125	122	119	2.59	0.33
Feed conversion, g/g	3.34 ^a	3.14 ^b	3.36 ^a	0.04	<0.001

[†]n: number of rabbits at the end of experimental period.

Mean values in the same raw with a different superscript differ, $P < 0.05$.

These performances reached a relatively high level, taking into account the genetic potential of our rabbit line. They were about 25% higher than those generally obtained with rabbits of the coloured local population (28 g/d) (Berchiche and Kadi, 2002; Lakabi *et al.*, 2008; Guemour *et al.*, 2010).

IV.C. SLAUGHTER PERFORMANCES

Since average daily gain is high (37 g/d), the average slaughter live weight (Table 4) obtained at 84 days (2407g) was about 20% higher than that generally obtained with rabbits of the coloured local population at the same age (Berchiche *et al.*, 2000; Lakabi *et al.*, 2008; Guemour *et al.*, 2010). The incorporation of Sulla hay did not impair the slaughter traits. The dressing out percentage (59%) was lower than that reported by Lakabi *et al.* (2008) but higher

than that obtained by Gemour *et al.* (2010). Compared with that usually obtained with selected lines and in intensive conditions, this dressing out percentage was similar to the values observed by Dalle Zotte *et al.* (2009) and Lazzaroni *et al.* (2009). Besides, since our average carcass weight reached 1460 g, and it fits with the market weight as reported by Kadi *et al.* (2008).

Perirenal fat, expressed as a percentage of live weight, was lower ($P = 0.001$) when rabbits received diets with Sulla hay but without effect of the incorporation rate (Table 4). The percentage of perirenal fat obtained here is better than that reported by Lazzaroni *et al.* (2009) (1.9 %) and similar to that obtained by Dalle Zotte *et al.* (2009) (1.24 %). These results might suggest a positive effect of Sulla on the adiposity of the carcass as reported for lambs by Priolo *et al.* (2005). Further investigations with balanced diets are necessary to determine the effect of this raw material on rabbit carcass.

Table 4. Effect of dietary level of inclusion of Sulla hay on slaughter traits of rabbits¹

	Experimental diets			SEM ²	P
	S0	S15	S30		
Live weight, g	2507	2434	2281	89.2	0.21
full digestive tract, % live weight	17.0	17.0	17.4	0.44	0.75
Cold carcass weight, g	1509	1391	1474	50.9	0.24
Liver weight, g	113	86	95	9.29	0.14
Perirenal fat, % live weight	1.77 ^a	1.24 ^b	1.16 ^b	0.11	0.001
Dressing out percentage, %	59.2	59.3	58.9	0.47	0.83

¹ Slaughter at 12 weeks of age. ² n = 10.

Mean values in the same row with a different superscript differ, $P < 0.05$.

IV.D. NUTRITIVE VALUE OF THE SULLA HAY

As usual, a close relationship was observed between the digestibility of the dry matter and that of energy (Table 5). For the majority of the diets, the digestibility of energy is 1 to 2 points less than that of the dry matter (Maertens and Van Herck, 2001).

The digestibility coefficient of energy and crude protein was not affected by Sulla incorporation level (Table 5), suggesting that nutritive value of sulla hay might be close to basal diet (S0).

Table 5. Effect of dietary level of inclusion of sulla hay on faecal digestibility coefficients (%) and nutritive value of experimental diets in growing rabbits between 42 and 46 d of age

	Experimental diets			<i>SEM</i> ^{<i>l</i>}	<i>P</i>
	S0	S15	S30		
Digestibility coefficients (%)					
Dry matter	63.5	62.6	61.1	0.82	0.27
Organic matter	63.6	62.5	61.3	0.75	0.16
Energy	60.7	60.5	58.4	0.88	0.28
Crude protein	68.1	66.5	63.6	1.33	0.17
Neutral detergent fibre ^u	22.0 ^c	37.1 ^b	46.7 ^a	1.20	<0.001
Acid detergent fibre ^u	21.9 ^c	32.6 ^b	43.6 ^a	1.58	<0.001
Dietary nutritive value					
DP (g/kg raw basis) ^{u2}	117 ^a	111 ^a	100 ^b	1.6	<0.01
DE (MJ/kg raw basis) ³	9.51	9.54	9.01	0.14	0.064
Ratio DP/DE (g/Mj, raw basis) ^u	12.31 ^a	11.63 ^{ab}	11.14 ^b	0.69	<0.01

¹n = 10.

²DP: digestible crude protein.

³DE: digestible energy.

Mean values in the same row with a different superscript differ, P < 0.05.

^u: Significant linear effect (P<0.05)

In return, the fibre digestion was linearly improved with Sulla hay dietary inclusion. For instance, the NDF and ADF digestibility doubled from S0 to S30, suggesting that Sulla should contain fibre fractions that are highly digestible for the rabbit, such pectins (Gidenne *et al.*, 2010). Thus, the Sulla contains cell wall polysaccharides that could be more valuable for the rabbit than those contained in alfalfa meal and wheat bran (main fibre source in S0). In fact, sulla NDF digestibility calculated by regression was 54.9%.

Using the digestibility coefficient for energy and protein obtained on the three feeds, we obtained the equation to predict by the regression method the digestible energy (DE (MJ/kg) = 9.619 – 0.0169 S (%); R²= 0.20; being S: Sulla) and protein (DP (g/kg) = 118.2 – 0.55 S (%); R²= 0.55; P = 0.001) of sun-dried Sulla hay. Accordingly and using the calculation procedure proposed by Villamide *et al.* (2001), the digestible energy concentration of the sun-dried sulla hay reached a value of 7.93±0.57 MJ/kg raw basis. The energy value of our Sulla hay was thus 7% higher than the mean value proposed for "alfalfa meal 15" in the European table (Maertens *et al.*, 2002). Moreover, the standard error for the predicted value of digestible

energy was low (7.2 %), and within the standards reported in the bibliography (Villamide, 1996). For a moderate inclusion rate (lower than 15%), we can estimate that the DE content of the Sulla would be even higher: 9.67 ± 0.10 MJ DE/kg when calculated by difference between S0 and S15 diets and 7.88 between S0 and S30. This high energy value of the Sulla, compared to Alfalfa, may be originated by the high digestibility of its fibre fraction as reported by Cucchiara (1989) for *H.coronarium*.

In return, the digestible protein content (DPC) of the sun-dried Sulla hay reached a moderate value of 62.9 ± 8.9 g DCP/kg raw basis, that corresponded to a crude protein digestibility of 42.8%. In comparison, CP digestibility reported for Alfalfa meal is 15 units higher (58%, Maertens *et al.*, 2002). Besides, the standard error for the predicted value of digestible protein content was relatively high (14.1 %). This moderate digestible protein content should be related to the potentially high tannin concentration in *H. flexuosum*, as found for *H. Coronarium* (Stienezen *et al.*, 1996; Amato *et al.*, 2005). However, for moderate inclusion rate (lower than 15%), the DCP content of the Sulla would be higher: 78.6 ± 1.61 g DCP/kg (raw basis) when calculated by difference between S0 and S15 diets and 63.1 between S0 and S30.

V. CONCLUSION

The nutritive value obtained for sundried Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) was higher (8.96 ± 0.57 MJ DE/kg DM and 71.1 ± 8.9 g DCP/kg DM) than alfalfa meal. Sundried Sulla hay could thus be considered as a good and balanced fibre source for the growing rabbit, in replacement to alfalfa meal.

However, further experiments are necessary to confirm the present results and to determine the maximum incorporation rates for this raw material in balance feeds without impairment of performances.

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Yazid Louchami who placed at our disposal his rabbitry and the assistance that it provided us during the follow-up of the experiment, Farid Djellal and Hanachi Zemih for their assistance in the experimental trial and Muriel Segura for her help in biochemical analyses (INRA, UMR 1289 TANDEM, Castanet-Tolosan, France).

This work was partially financed by the CMEP project (05 MDU 667).

VII. RÉFÉRENCES

- 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.
- AFNOR. 1997. Norme Française homologuée, Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. *AFNOR publ., Paris. NF V 18-122, pp 11*.
- Amato G, Di Miceli G, Giambalvo D, Scarpello C, Stringi L. 2005. Condensed tannins content in sulla (*Hedysarum coronarium* L.) as affected by environment, genotype and growth stage. In: Bullitta S. (ed). *Bioactive compounds in pasture species for phytotherapy and animal welfare. Digital Space Publishing, Sassari, 41-51*
- Arab H., Haddi M.L., Mehennaoui S. 2009. Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones arides et semi-arides en Algérie. *Sciences & Technologie C*, – 30: 50-58.
- Ben Fadhel N., Afif M., Boussaïd M. 2006. Structuration de la diversité génétique de *Hedysarum flexuosum* en Algérie et au Maroc. Implications sur sa conservation. *Fourrages*, 186 : 229-240.
- Berchiche M., Kadi S.A. 2002. The kabyle rabbits (Algeria). Rabbit Genetic Resources in Mediterranean Countries. *Options méditerranéennes, Série B: Études et recherches*, 38: 11-20.
- Berchiche M., Kadi S. A., Lebas F. 2000. Valorisation of wheat byproducts by growing rabbits of local Algerian population. In *Proc.: 7th World Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain. Vol.C: 119-124*.
- Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and Terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4: 93-99.
- Bonanno A., Di Grigoli A., Stringi L., Di Miceli G., Giambalvo D., Tornambè G., Vargetto D., Alicata M. L. 2007. Intake and milk production of goats grazing Sulla forage under different stocking rates. *Ital.J.Anim.Sci.*, 6 : 605-607.
- Chennaoui-Kourda H., Marghali S., Marrakchi M., Trifi-Farah N. 2007. Genetic diversity of Sulla genus (*Hedysarea*) and related species using Inter-simple Sequence Repeat (ISSR) markers. *Biochemical Systematics and Ecolog.*, 35:682-688.
- Choi B.H., Ohashi H. 2003. Generic criteria and infrageneric system for *Hedysarum* and related genera (Papilionoideae-Leguminosae). *Taxon*, 52:567-576.

- Chouaki S, Bessedik F, Chebouti A, Maamri F, Oumata S, Kheldoun S, Hamana M-F, Douzene M, Bellah F, Kheldoun A. 2006. *Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. INRAA/FAO / Juin 2006. 92 p.*
- Cucchiara R. 1989. Sulla in the nutrition of meat rabbits. *Rivista di Coniglicoltura*, 26:39-42.
- 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., Princz Z., Metzger Sz., Szabó A., Radnai I., Biró-Németh E., Orova Z., Szendro Zs. 2009. Response of fattening rabbits reared under different housing conditions. 2. Carcass and meat quality. *Livest. Sci.*, 122:39–47.
- De Blas C., Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 222-232.
- De Koning C., Lloyd D., Hughes S., McLachlan D., Crocker G., Boschma S., Craig A. 2003. Hedysarum, a new temperate forage legume with great potential - Field Evaluation. *Proceedings of the 11th Australian Agronomy Conference, 2-6 Feb. 2003, Geelong, Victoria.*
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.
- Fernandez-Carmona J., Blas E., Pascual J.J., Maertens L., Gidenne T., Xiccato G., Garcia J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228.
- Gidenne T., Carabaño R., García J., De Blas C. 2010. Fibre Digestion. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 66-82.
- Guemour D., Bannelier C., Della A., Gidenne T. 2010. Nutritive value of sun-dried grape pomace, incorporated at a low level in complete feed for the rabbit bred under magrebian conditions. *World Rabbit Sci.*, 18:17-25.
- Hoskin S.O., Barry T.N. 1999. Growth and carcass production of young farmed deer grazing sulla (*Hedysarum coronarium*), chicory (*Cichorium intybus*), or perennial ryegrass (*Lolium perenne*)/white clover (*Trifolium repens*) pasture in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 42: 83-92.
- International Standardization Organization. 1998. Animal feeding stuffs animal products, and faeces or urine - Determination of gross calorific value. Bomb calorimeter method. *Norme internationale ISO 9831. Available at: <http://www.iso.org>.*

- International Standardization Organization. 1999. Animal feeding stuffs Determination of moisture and other volatile matter content. *Norme internationale ISO 6496*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2002. Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. *Norme internationale ISO 5984* Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2006. Animal feeding stuffs Determination of amylase-treated neutral detergent fibre content (aNDF). *Norme internationale ISO 16472*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2008. Animal feeding stuffs Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents. *Norme internationale ISO 13906*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2009. Food products. Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content. Part 2: Cereals, pulses and milled cereal products. *Norme internationale ISO 16634-2*. Available at: <http://www.iso.org>.
- Issolah R., Khalfallah N. 2010. Variation of the bloom and fruiting within fourteen Algerian populations of Sulla. *Options Méditerranéennes, série A*. 92: 135-138.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2008. Commercialisation of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona, Italy*.
- Lakabi D., Lounaouci G., Berchiche M., Lebas F., Lamothe L. 2008. The effects of the complete replacement of barley and soybean meal with hard wheat by-products on diet digestibility, growth and slaughter traits of local Algerian rabbit population. *World Rabbit Sci.*, 16: 99-106.
- Lazzaroni C., Biagini D., Lussiana C. 2009. Different rearing systems for fattening rabbits: Performance and carcass characteristics. *Meat Science* 82 : 200–204
- Maertens L., Van Herck A. 2001. Digestibilité de quelques matières premières couramment utilisées dans l'alimentation du lapin. *9^{èmes} Journ. Rech. Cunicole Paris, 2001*, 81-84
- 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.
- Molle G., Decandia M., Fois N., Ligios S., Cabiddu A., Sitzia M. 2003. The performance of Mediterranean dairy sheep given access to sulla (*L.*) and annual ryegrass (*Lolium rigidum* Gaudin) pastures in different time proportions. *Small Rumin. Res.*, 49: 319-328.
- 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.,

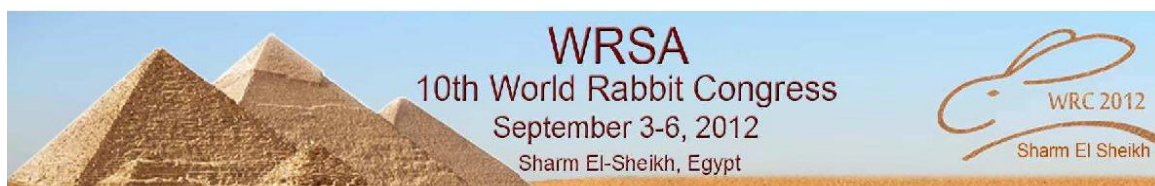
- Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3: 41-43.
- Piluzza G., Bullitta S., Deroma M., Odoardi M. 2000. The accumulation of condensed tannins in local populations of Sulla. *Cah. Options Méditerran.*, 45: 199–202.
- Priolo A., Bella M., Lanza M., Galofaro V., Biondi L., Barbagallo D., Ben Salem H., Pennisi P. 2005. Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. *Small Ruminant Research* 59: 281–288.
- Ramirez-Restrepo C.A., Barry T.N. 2005. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants: Review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 120: 179–201
- Stienezen M., Waghorn G.C., Douglas G.B. 1996. Digestibility and effects of condensed tannins on digestion of sulla (*Hedysarum coronariuim*) when fed to sheep. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 39: 215-221.
- 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., 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. Poductivity of rabbit does of a white population in Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008. Verona, Italy.*



PARTIE 2 : DÉTERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DU SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) AU STADE DEBUT BOURGEONNEMENT POUR LE LAPIN EN CROISSANCE

Les résultats obtenus dans le premier essai concernant la valeur nutritive du Sulla se sont avérés très intéressants s'agissant d'un fourrage: près de 9 MJ/kg MS d'énergie digestible et 71 g/kg MS de protéines digestibles. Cependant, le Sulla utilisé dans cet essai a été récolté au stade floraison (tardif), période pendant laquelle les éleveurs de gros bétail ont l'habitude de faucher cette plante pour être séchée, bottelée et conservée. Il est connu que le stade de coupe influence la valeur nutritive des fourrages et celle ci diminue avec l'âge. Quelle serait alors les apports du Sulla s'il est récolté à un stade phénologique précoce ?

Nous avons donc mis en place un deuxième essai pour déterminer la valeur nutritive, pour le lapin en croissance, du Sulla flexuosa au stade début bourgeonnement avec, cette fois-ci, la méthode directe comme préconisé pour les matières premières équilibrées.



Letter of Acceptance

Reference paper Code No: **N006**

Dear Prof. Dr.: **Kadi S.A.**

We are pleased to inform you that your paper entitled:

Nutritive value of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a sole feed for growing rabbits

Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Oudai H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T.

kadisiammar@yahoo.fr

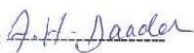
has been accepted for presentation in the *10th World Rabbit Congress* that will be held in *Sharm El-Sheikh, Egypt*, during 3-6 September 2012.

Please quote the above reference number for future correspondence concerning your presentation.

You are kindly asked to submit your registrations of form and fees according to the regulations announced in Congress website, in case you did not submit yet.

Thank you so much for your interest in participation in the Congress and we look forward to meeting you in September.

Sincerely,

Signature: 
Prof. Dr. Ahmed Daader
Congress President



VALEUR NUTRITIVE DU SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) EN VERT UTILISÉ SEULE EN ALIMENTATION DU LAPIN EN CROISSANCE

Article en préparation

Mots clés : Lapin en croissance, digestibilité, Sulla en vert (*Hedysarum flexuosum*), performances de croissance, Valeur nutritive.

Résumé :

Pour déterminer la valeur nutritive du Sulla (*Hedysarum flexuosum*), contenant par kg MS : matière organique (OM) 84,3; protéines brutes (PC) 22,5; fibres au détergent neutre (NDF) 49,0; fibres au détergent acide (ADF) 34,3; lignine détergent acide (ADL) 10,8% , seize lapins de population locale blanche (un lapin par cage), sevré à 35J d'âge (poids vif moyen: 541 ± 29 g) ont été alimentés *ad libitum* avec uniquement du Sulla en vert durant cinq semaines. La digestibilité apparente du Sulla a été mesurée entre 49 et 53 jours d'âge sur 12 lapins. La digestibilité de DM, OM, CP, NDF et ADF était de 52,3; 52; 64,4; 35,5 et 28%, respectivement. La consommation moyenne de matière sèche a été de 114,2 g/j (125,6 g/kg $PV^{0.75}$ /j), alors que celle des protéines digestibles a été de 17,7g/j (19,5 g/kg $PV^{0.75}$ /j) et celle de l'énergie digestible (DE) de 1,05 MJ/j (1,15 MJ/kg $PV^{0.75}$ /j). Cette quantité d'éléments nutritifs digestibles a permis non seulement de satisfaire les besoins d'entretien, mais aussi de réaliser une croissance de 18,9 g/j. La concentration en énergie digestible du Sulla frais a été estimée à $9,2 \pm 0,15$ MJ/kg MS, alors que la digestibilité des protéines brutes a été estimée à 64,4%, correspondant à une concentration en protéines digestibles de $145 \pm 1,8$ g/kg MS. Fauché à un stade phénologique précoce, le Sulla pourrait donc être considéré comme une bonne source équilibrée de fibres pour le lapin en croissance et comparable aux autres fourrages de qualité tels que la luzerne et le ray-grass.

NUTRITIVE VALUE OF FRESH SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) AS SOLE FEED FOR GROWING RABBITS

Article in préparation

I. ABSTRACT

For determining the nutritive value of Sulla (*Hedysarum flexuosum*), containing organic matter (OM) 84.3; crude protein (CP) 22.5; neutral detergent fibre (NDF) 49.0; acid detergent fibre (ADF) 34.3; acid detergent lignin (ADL) 10.8 % on dry matter (DM) basis, sixteen rabbits of Algerian white local population (individually caged) weaned at 35d old (mean body weight: 541 ± 29 g) were fed *ad libitum* fresh green Sulla as a sole feed during five weeks. The faecal digestibility of the Sulla was measured between 49 and 53 days of age on 12 rabbits. The digestibility of DM, OM, CP, NDF and ADF was 52.3; 52; 64.4; 35.5 and 28%, respectively. The average DM intake reached 114.2 g/d ($125.6 \text{ g/kg LW}^{0.75}$), while the digestible CP intake was 17.7g/d ($19.5 \text{ g/kg LW}^{0.75}$) and that of digestible energy (DE) was 1.05 MJ/d ($1.15 \text{ MJ/kg LW}^{0.75}$). These digestible nutrients intake allowed to meet not only the maintenance requirement, but also to support a growth rate of 18.9 g/d. The digestible energy concentration of the fresh Sulla was calculated as $9.2 \pm 0.15 \text{ MJ/kg DM}$, while the digestibility of crude protein was estimated to 64.4%, corresponding to a digestible crude protein concentration of $145 \pm 1.8 \text{ g DCP/kg DM}$. Harvested at young stage of growth, Sulla could thus be considered as a good and balanced fibre source for the growing rabbit and comparable to other good quality forages such as alfalfa and ryegrass.

Key words: growing rabbit, digestibility, fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*), growth performance, nutritive value.

II. INTRODUCTION

One of the advantages of rabbit production in lesser developing countries is that rabbits can valorise forages and agricultural by-products that are not suitable for human consumption. Unfortunately, one of the chief limits to rabbit production in these countries and particularly in Algeria has always been the lack of information on feeding with local resources especially green forages sources. Indeed, very little is known about the nutritional value, chemical composition and anti-nutritional factors of these fresh raw materials, and how they affect the digestive system or their inclusion limits in rabbit diets. Therefore, there is a need to identify suitable forages that will be incorporated in rabbit's diets and support low-cost meat production.

Sulla (*Hedysarum flexuosum* L., syn. *Sulla flexuosa* [L.] Medik), short-lived perennial leguminous plant (Fabaceae) originating from the western Mediterranean region and North Africa, is one of these interesting local resource (Issolah *et al.* 2011). In a previous study on this fodder at flowering stage and at the hay state, Kadi *et al.* (2011) estimated its nutritive value by the regression method, with a digestible energy (DE) content of 8.9 MJ/kg DM and with a digestible crude protein (DCP) content of 71.1 g DCP/kg DM.

According to Carabano and Fraga (1992), fibrous raw materials containing a significant amount of protein are very suitable for rabbit feeding. Because the chemical composition of the Sulla (*Hedysarum flexuosum*) is relatively balanced respect to DE and DCP levels (Kadi *et al.*, 2011), its highly palatable for the rabbit, and thus it can be used as a sole feed.

Therefore, we aimed to assess the feeding value of the fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*), whole plant, by conducting a growth and a digestibility trial to evaluate directly its nutritive value as recommended for this type of feedstuffs by Villamide *et al.* (2010b).

III. MATERIALS AND METHODS

III. A. ANIMALS

Sixteen rabbits of Algerian white local population weaned at 35 d of age (mean weight: 541± 29 g) were used to assess the nutritive value of Sulla and its effect on growth. They were placed in wire mesh individual cages (56 x 38 x 28 cm) in flat deck disposition till 70 d old.

III. B. DIETS

Fresh whole plant Sulla (*Hedysarum flexuosum*) was used to determine the nutritive value of Sulla in growing rabbits. The green forage of Sulla was harvested manually, daily in the

morning and spread out in the rabbitry. It was supplied the following day (24 h after harvesting) with the aim to reduce its moisture content which is around 85 % at this early stage of growth (Molle *et al.*, 2008; Arab *et al.*, 2009). Rabbits receive the forage *ad libitum* as sole feed. Permanent access to clean fresh water is available using an automatic watering trough.

The morphological stage of Sulla was classified as early bud according to the stage classification system for Sulla reported by Borreani *et al.* (2003). This morphological stage is defined by those authors as corresponding to appearance of first floral bud.

Samples of Sulla were collected throughout the digestibility trial period, mixed and stored in polyethylene bag at –20 °C until the chemical analysis (Table 2).

III. C. GROWTH TRIAL

The experiment took place between April and May, temperature ranging from 15 to 23°C. During the 5 weeks of the experiment, rabbits were fed *ad libitum* green fresh Sulla as sole feed. Refusal of fresh Sulla was weighed before next morning feeding to determine the intake for the previous day. Live weights of the animals were recorded weekly and control of mortality was performed daily, following the recommendations for applied nutrition experiments in rabbits of the EGRAN (Fernández-Carmona *et al.*, 2005).

III. D. Digestibility trial

After a 14 days adaptation period (49 d old), 12 rabbits were selected for the digestibility trial, following the European reference method described by Perez *et al.* (1995). The cages were equipped with a wirenet 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. One sample of Sulla was taken each day, at the moment of the distribution for rabbits, during the 4 days of collection. A sample of the day is then taken to the laboratory for determination of its dry matter.

III. E. Analytical methods

The chemical analyses were performed at INRA laboratory (UMR 1289 TANDEM) in France, on the Sulla forage and faeces (12 samples), according to ISO methods and considering the recommendations proposed by the EGRAN group (EGRAN, 2001): dry matter (ISO 6496:1999), crude ash (ISO 5984:2002), crude protein (N×6.25, Dumas method, ISO 16634-2:2009), energy (ISO 9831:1998) and fibres (NDF, ADF and acid detergent lignin

(ADL)) according to sequential method of Van Soest (AFNOR 1997, ISO 16472:2006 and ISO 13906:2008).

III. F. Statistical analysis

Because only one diet was used in this study no mean comparison was possible. Results are only presented with mean and standard error.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

IV. A. Nutritive value

The chemical composition and apparent digestibility coefficients of the Sulla consumed by rabbits are shown in Table 1.

The crude protein content was very high (225 g/kg DM) for a fresh forage, and was higher than that reported for dehydrated lucerne (200 g/kg DM) by Villamide *et al.*(2010b). However, protein content of the fresh Sulla used in this essay was also higher than the values obtained by Kadi *et al.* (2011) for the same plant at flowering stage and as hay (sundried) (225 vs 166 g/kg DM). In addition to the fact that the protein content of a forage hay is very variable and mainly depending on its maturation state and drying process (Villamide *et al.*, 2010a), the difference can be explained by the unavoidable loss of leaves during hay collection (after sun drying) that have a high protein content. Under similar climatic conditions, Arab *et al.* (2009) reported a content of 22 g/kg DM for *H. coronarium*, while Borreani *et al.* (2003) reported a crude protein concentration of ranging from 116 to 295 g/kg DM, according to cultivars and morphological stage.

Although the gross energy (GE) concentration in complete raw materials does not provide useful information on the availability and utilization of dietary energy by the animal (Xiccato and Trocino, 2010), it gives in the case of unstudied raw material, a first appreciation. The gross energy content of Sulla used here was substantial: 10.3 MJ/kg raw basis and 17.8 MJ/kg DM. It's near to the value given by Perez *et al.* (1998) for lucerne 19 (17,9 MJ/kg DM) and Kadi *et al.* (2011) for the same forage grown in the same environmental conditions but harvested at late growth stage and sundried (17,1 MJ kg⁻¹DM). The Sulla GE remained nearly constant during the growing cycle as noted by Borreani *et al.* (2003) for *Hedysarum coronarium* L.

As reported by Kadi *et al.* (2011), *H. flexuosum* could be considered as balanced fibre source for the rabbit. Its NDF content was important (490 g/kg DM) and higher than the values

reported for lucerne 18 (384 g/ kg DM) or for wheat bran (460 g/ kg DM, Villamide *et al.*, 2010b), nowadays the main fibre sources used in feed formulation for rabbit in Algeria. For *H. coronarium* L., one other species of the genus *Hedysarum*, also available in Algeria, Borreani *et al.* (2003) reported that its NDF content ranged from 200 to 616 g kg⁻¹DM according to cultivars and morphological stage.

The ADF level of Sulla used here exceed 340 g/ kg DM and was higher than the value reported by Villamide *et al.* (2010b) for lucerne 18 (300 g/ kg DM) and Perez *et al.* (1998) for lucerne 19 (298 g/ kg DM).

For ADL level, Sulla is also remarkable. Whereas most young forages contain less than 50 g lignin / kg (Gidenne *et al.*, 2010), Sulla reached 62.3 g/ kg raw basis and 107.6 g/ kg DM.

This value is near the one reported by Arab *et al.* (2009) for *H.coronarium* harvested at the same stage of maturity under similar climatic conditions (114 g/ kg DM).

Table 1: Composition and digestibility coefficients of fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) given a sole ration for growing rabbits.

	Sulla composition*		Digestibility (%)	
	g/kg raw basis	g/kg DM	Mean (%)	SE
Dry Matter (DM)	579		52.3	2.31
Organic matter (OM)	488	843	52.0	2.26
Ash	90	157	-	-
Crude protein (CP)	130	225	64.4	1.13
Neutral detergent fibre (NDF)	284	490	35.5	3.39
Acid detergent fibre (ADF)	199	343	28.0	3.18
Acid detergent lignin (ADL)	62	108	19.4	13.85
Energy (MJ/kg DM)	10.27	17.75	51.6	0.84
<i>Dietary nutritive value</i>				
DP (g) ¹	84.0	145	145	2.56
DE (MJ) ²	5.30	9.16	9.16	0.15

* Composite sample of Sulla offered during the digestibility period, ¹ DP: digestible crude protein. ² DE: digestible energy.

The apparent digestibility coefficient of Sulla's protein was 64.4% a normal value for forages and similar to the value reported by Fernandez-Carmona *et al.* (1998) for lucerne hay (64%), but slightly lower than that reported for ryegrass (67 %) by Fernandez-Carmona *et al.* (2001). It corresponds to a digestible crude protein concentration of 145.1±1.75 g/kg DM basis. According to Villamide *et al.* (2010a), protein digestion in young rabbits is limited for

forages. This apparent digestibility coefficient is much higher than that estimated by Kadi *et al.* (2011) for crude protein of the same plant as hay and at flowering stage (42.8% corresponding to a digestible crude protein concentration of 71.1 g/kg DM). This situation can be due to the difference in proteins content of Sulla used in the two essays (166.1 vs 225.1 g/kg DM) and that, in this trial, Sulla is harvested at earlier stage of maturity. According to Villamide *et al.* (2010a), an increase in the CP content of a feedstuff increases its CPd because the proportional contribution of endogenous nitrogen to faecal nitrogen decreases. Also, the quality of forages can vary greatly because of maturity and harvesting (Cervera *et al.*, 2010) as reported by García *et al.* (1995) for lucerne.

It can be pointed out that when using the equation proposed by Villamide and Fraga (1998) for predicting DCP in forages, the result obtained is slightly higher (148.65 vs 145.1g/kg DM).

The apparent digestibility coefficient of Sulla's energy was 51.6 %, in the norms generally recorded with forages and that vary from 45 to 65 % (Villamide *et al.*, 2010a). This energy digestibility corresponds to 9.2 MJ/kg DM with a standard error of 0.15 calculated by the equation proposed by Villamide (1996) for estimation of the energy values of feed ingredients by direct method. The energy value obtained in this assay is slightly higher than that reported for the same forage but at advanced maturity stage and determined by regression method by Kadi *et al.* (2011) (9.2 vs 8.9 MJ/kg DM basis). In addition to the difference of harvest stage, the difference can be explained by the method of determination and high levels of soluble fibre. According to Villamide *et al.* (2003), the estimations from the multiple regression method under evaluate the dietary DE and DCP values. Indeed, De Blas and Carabaño (1996) observed a 30% overestimation of the energy value of sugar beet pulp when determined directly, related to a longer retention time of digesta in the caecum with high levels of soluble fibre (Villamide *et al.*, 2010b). In addition, drying and pelleting may alter the nutritive value (Lebas *et al.*, 1975).

Furthermore, NDF and ADF digestibility was high (35.5 and 28 respectively) suggesting, as suspected by Kadi *et al.* (2011), that Sulla should contain fibre fractions that are highly digestible for the rabbit, such pectins (Gidenne *et al.*, 2010). Thus, the Sulla contains cell wall polysaccharides that could be valuable for the rabbit.

V. B. Growth trial

Growth parameters of rabbits fed green Sulla are shown in Table 2. The average daily weight gain decreased from 26.5 g/d in the first week to 11.1 g/d in the fourth week of the essay

(next-to-last week) with an average of 18.9 g/d and a high dispersion (6.2 to 36.9 g/ d). In the last week (fifth), the quasi-totality (81%) of rabbits lost weight (-8.4 ± 2.4 g/ d). Because of their peculiar digestive physiology, rabbits are capable of achieving a good growth performance on high-fibre diets (Cheeke, 1986). But above fibre level of 180-210 ADF g kg^{-1} , fattening rabbits are not able to maintain DE intake, and high-fibre diets (over 350 g ADF kg^{-1} DM) decrease the average daily gain and feed conversion rate by 30% and 50%, respectively (De Blas and Mateos, 2010). Also, this impairment might be explained by the highest levels of fibre in the Sulla at this stage of maturity (flowering) especially ADF which reached 381 g/ kg DM and increases sanitary risk (mortality plus morbidity; Feugier *et al.*, 2006).

Table 2: Growth performances of rabbits fed fresh Sulla as a sole feed

Particulars	Mean $\pm$ SEM	Range
Number of rabbits	16	-
Initial body weight (35d), g	541 ± 29	404 – 746
Final body weight (70 d), g	980 ± 59.4	632 – 1303
Average body weight during trial period (g)	859 ± 77	541 - 1040
Period 35 – 49 d,		
Body weight at 49 d, g	874 ± 43	508 – 1137
Weight gain, g/d	22.4 ± 2.0	8.9 – 30.1
Daily intake, g/d, raw basis	214.3 ± 12	197.3 – 231.2
Daily intake, g/d, DM basis	124.1 ± 7	114.2 – 134
Feed conversion, g/g, DM basis	5.2 ± 0.2	5.1 – 5.3
Period 49 – 63 d,		
Body weight at 63 d, g	1039 ± 53	671 – 1134
Weight gain, g/d	14.2 ± 1.2	5.9 – 19.8
Daily intake, g/d, raw basis	185.9 ± 6	186.1 – 197.3
Daily intake, g/d, DM basis	107.7 ± 5.7	101.1 – 114.2
Feed conversion, g/g; DM basis	6.9 ± 1	5.3 – 9.1
Period 35 – 63 d,		
Weight gain, g/d	18.9 ± 3.3	6.2 - 36.9
Daily intake, g/d, raw matter basis	197.3 ± 11	174 – 231
Daily intake, g/d, DM basis	114.2 ± 7.1	69.5 – 133.9
Feed conversion, g/g, DM basis	6.5 ± 1	5.1 - 9.1

The Sulla had a high palatability for rabbits as indicated by the high voluntary dry matter intake (Table 2). Indeed, rabbits showed a rapid adaptation to fresh Sulla since their growth rate reaches 22.4 g/d during the post-weaning period (35 – 47 wk) for a daily feed intake of 124 g DM corresponding to 214 g as fed basis. As usually, this growth decreased (by 56 % in

this case) in the second half of the fattening period. For the whole period (35 – 63 d), the daily intake reached 114 ± 7.1 g DM and 197 ± 11 g as fresh matter, what is lower than that reported by Singh *et al.* (1997) for robinia leaves (*Robinia pseudoacacia*) (145 g/d DM) also distributed fresh. Perez *et al.* (1998) reported also an higher DM intake of alfalfa as sole feed (137 g/d) but dehydrated and pelleted which known to increase feed intake. For wilted leucaena (*Leucaena leucocephala*), Raharjo *et al.* (1986) reported a consumption of 106 g/d of DM. According to De Blas *et al.* (1986), high fibre diets enlarge the digestive tract of rabbits what allows to increase the ingested quantities. Also, 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. Furthermore, Lebas (1983) noted that although rabbits are not able to obtain as much energy from the fiber as ruminants, they can consume a large quantity of feed sufficient to meet their energy requirement.

Feed conversion ratio (FCR) value exceeded on average 6 and ranging from 5.1 to 9.1. It deteriorates linearly with stage of maturity (from 5.1 in the 1st wk to 9.1 in the 4th wk). Compared to data obtained with rabbits fed a forage as sole feed, our values were widely better than the 11.6 g DM.g⁻¹ reported by Singh *et al.* (1997) with rabbits fed robinia (*Robinia pseudoacacia*) leaves, or the 17.7 g DM g⁻¹ reported by Raharjo *et al.* (1988) with rabbits fed rice bran and the 9.5 g DM g⁻¹ found by Linga *et al.* (2003) with rabbits fed Labab hay (*Lablab purpureus*).

The higher DM intake resulted in higher intake of other nutrients such as crude proteins (Table 3). Average daily intake of digestible crude protein (DCP) (17.7 ± 1.1 g/d) and of digestible energy (1045.3 ± 65 kJ/ d) permitted a substantial growth (18.9 ± 3.3 g/d for the whole period).

Table 3: Nutrient intake of rabbits fed fresh Sulla as a sole feed during period 35 to 63 d

Particulars	Mean $\pm$ SEM	Range
Number of rabbits	16	-
Dry matter intake (DMI) (g/ d)	114.2 ± 7.1	69.5 – 133.9
DMI/kg W ^{0.75} (g/ d)	125.6 ± 15.4	98 – 169
Crude Protein Intake (CPI) (g/ d)	25.7 ± 1.6	22.7 - 30.2
Digestible CPI (g/ d)	17.7 ± 1.1	15.7 - 20.7
Digestible CPI (g/kg W ^{0.75})	19.5 ± 2.4	15 - 26
DE intake (kJ/ d)	1045.3 ± 65	925 - 1225
DE intake (kJ/kg W ^{0.75} /d)	1149 ± 141.2	898 - 1542

Digestible CP intake was substantial (17.7 ± 1.1 g/d) for a forage. This can be explained by the ingestion of leaves where the proteins of forage plants are concentrated. According to Gidenne and Lebas (2005), rabbits, as many herbivores, prefer to eat the leaves rather than the stem of a plant. This Digestible CPI was higher than the value of 11.2 g/d reported by Deshmukh *et al.* (1993) for fresh mulberry (*Morus alba*) leaves even with same crude protein content (22.1 g/kg DM for mulberry leaves and 22.5 g/kg DM for Sulla used here). The difference could be due to the higher dry matter intake of Sulla (114 vs 59 g/d for mulberry leaves).

Average DE intake was much higher than that recommended by Xiccato and Trocino (2010) for maintenance of body weights of rabbits (1149 vs 430 kJ/day/kg $LW^{0.75}$), what permitted not only to widely cover the maintenance requirements but also to achieve a substantial growth. This can be explained by the high dry matter intake but also by the good DE content of sulla which is near 9 MJ/kg DM as reported by Kadi *et al.* (2011) and confirmed here (9.2 MJ/kg DM).

VI. CONCLUSION

The nutritive value of the fresh Sulla (*Hedysarum flexuosum*) collected at early stage of maturity reached 9.2 ± 0.15 MJ DE/kg DM and 145.1 ± 1.7 g DCP/kg DM. Compared with the values obtained for the same but sun-dried feedstuff at flowering stage by Kadi *et al.* (2011), the DE concentration of the fresh Sulla was similar (8.9 MJ/kg DM) while the DCP was more than twice as high (71.1 g/kg DM).

Harvested at young stage of growth, Sulla could be considered as a good and balanced fibre source for the growing rabbit and was comparable to other good quality forages such as alfalfa and ryegrass.

VII. RÉFÉRENCES

- AFNOR. 1997. Norme Française homologuée, Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. *AFNOR publ., Paris. NF V 18-122, pp 11.*
- Arab H., Haddi M.L., Mehennaoui S. 2009. Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones arides et semi-arides en Algerie. *Sciences & Technologie C – 30: 50-58.*

- Borreani G., Roggero P., Sulas L., Valente M.E. 2003. Quantifying Morphological Stage to Predict the Nutritive Value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *Agron. J.* 95:1608-1617.
- Carabano R., Fraga M.J. 1992. The use of local feeds for rabbits. *Options Méditerranéennes, Série Séminaires*, 17, 141-158.
- Cervera C., Fernández Carmona J. 2010. Nutrition and the Climatic Environment. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 267- 284.
- Cheeke P. R. 1986. Potentials of Rabbit Production in Tropical and Subtropical Agricultural Systems. *J. Anim. Sci.* 63:1581-1586.
- De Blas C., Carabaño R. 1996. A review on the energy value of sugar beet pulp for rabbits. *World Rabbit Sci.*, 4 : 33-36.
- De Blas J.C., Santoma G., Carabano R., Fraga M.J., 1986. Fibre and starch levels in fattening rabbit diets. *J. Anim. Sci.* 63, 1897–1904.
- De Blas C., Mateos G.G. 2010. Feed Formulation. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 222-232.
- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Takalikar D.A., Digraskar S.U. 1993. Nutritional effect of mulberry (*morus alba*) leaves as sole ration of adult rabbits. *World Rabbit Sci.*, 1: 67-69.
- EGRAN, 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.* 9, 57-64.
- Fernandez-Carmona J., Bernat F., Cervera C., Pascual J.J., 1998. High lucerne diets for growing rabbits. *World Rabbit Sci.*, 6: 237-240.
- Fernandez-Carmona J., Cervera C., Moya J., Pascual J.J. 2001. Feeding ryegrass hay to growing rabbits, a note. *World Rabbit Sci.*, 9: 95-99.
- Fernandez-Carmona J., Blas E., Pascual J.J., Maertens L., Gidenne T., Xiccato G., Garcia J., 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228.
- Feugier A., Smit M.N., Fortun-Lamothe L., Gidenne T. 2006. Fibre and protein requirements of early weaned rabbits and the interaction with weaning age: effects on digestive health and growth performance. *Animal Science* 82, 493–500.
- Fraga M. J., Ayala P. P., Carabano R., De Blas J.C. 1991. Effect of type of fiber on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *J. Anim. Sci.*, 69:1566-1574

- 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.
- Gidenne T., Carabaño R., García J., De Blas C. 2010. Fibre Digestion. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 66-82.
- Gidenne, T. Lebas, F. 2005. Le comportement alimentaire du lapin. In: *Proc. 11^{èmes} Journées Recherche Cunicole*, 29-30 novembre, Paris, France, pp. 183-196.
- International Standardization Organization. 1998. Animal feeding stuffs animal products, and faeces or urine - Determination of gross calorific value. Bomb calorimeter method. *Norme internationale ISO 9831*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 1999. Animal feeding stuffs Determination of moisture and other volatile matter content. *Norme internationale ISO 6496*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2002. Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. *Norme internationale ISO 5984* Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2006. Animal feeding stuffs Determination of amylase-treated neutral detergent fibre content (aNDF). *Norme internationale ISO 16472*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2008. Animal feeding stuffs Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents. *Norme internationale ISO 13906*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2009. Food products. Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content. Part 2: Cereals, pulses and milled cereal products. *Norme internationale ISO 16634-2*. Available at: www.iso.org.
- Issolah R., Beloued A., Yahiaoui S. 2011. Preliminary inventory of the species associated to *Sulla coronaria* (L.) Medik. (fabaceae) IN northeastern Algeria. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 17(1): 83-101.
- Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Nutritive value of sun-dried sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19: 151-159.
- Lebas F. 1983. Small scale rabbit production. Feeding and Management System. *World Anim. Rev.* 46:11-17.

- Lebas F., Dolz J., Espaignet A. 1975. Effect of drying conditions of dehydrated lucerne on growth performances of rabbits receiving diets containing lucerne. *Annal. Zootech.* 24:144.
- Linga S.S., Lukefahr S.D., Lukefahr M.J. 2003. Feeding of *Lablab purpureus* forage with molasses blocks or sugar cane stalks to rabbit fryers in subtropical south Texas. *Livestock Production Science*, 80: 201-209
- Molle G., Decandia M., Cabiddu A., Landau S.Y., Cannas A. 2008. An update on the nutrition of dairy sheep grazing mediterranean pastures. *Small Ruminant Research*, 77: 93-112
- Perez J.M., Lebas F., Gidenne T., Maertens L., Xiccato G., Parigi-Bini R., Dalle Zotte A., Cossu M.E., Carazzolo A., Villamide M.J., Carabaño R., Fraga M.J., Ramos M.A., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., Falcao E Cunha L., Bengala Freire J. 1995. European reference method for in-vivo determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 3: 41-43.
- Perez J.M., Lamboley B., Beranger C., 1998. Valeur nutritive de différentes luzernes déshydratées utilisées seules ou en mélange dans le régime du lapin en croissance. *7èmes Journ. Rech. Cunicole Fr., Lyon, 13-14/05/1998, ITAVI Ed., Paris: 129-132.*
- Schlolaut M., 1987. Angora rabbit housing and management. *Journal of Applied Rabbit Research* 10, 164-168.
- Singh P., Chaudhary C., Vermaa K., Pathak N.N. 1007. Nutritive value of robinia (*Robinia pseudoacacia*) leaves in growing soviet chinchilla rabbits. *World Rabbit Sci.*, 5:135-137.
- Raharjo, Y.C., Cheeke, P.R. and Patton, N.M. 1988. Evaluation of tropical forages and rice by-products as rabbit feeds. *J. Appl. Rabbit. Res.* 9: 201-211.
- Raharjo, Y. C., P. R. Cheeke, N. M. Patron and K. Supriyati. 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.
- Villamide M.J., Fraga M.J. 1998. Prediction of the digestible crude protein and protein digestibility of feed ingredients for rabbits from chemical analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 70: 221-224.
- 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 Sci. Technol.*, 109: 195-207

- Villamide M.J., Maertens L., De Blas C. 2010b. Feed Evaluation. *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 151-162.*
- Villamide M.J., Nicodemus N., Fraga M.J., Carabaño R. 2010a. Protein Digestion *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 39-55.*
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Energy and Protein Metabolism and Requirements. *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 83-118.*



PARTIE 3: DÉTERMINATION DE LA VALEUR NUTRITIVE DES FEUILLES DE ROSEAU COMMUN (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) ET LEURS EFFETS SUR LES PERFORMANCES ET LES CARACTÉRISTIQUES DE LA CARCASSE DES LAPINS EN ENGRAISSEMENT

Dans le même objectif de recherche de matières premières alternatives pour alimenter les lapins en croissance dans les conditions locales, nous nous sommes intéressés aux feuilles du roseau commun (*Phragmites australis*). Cette graminée vivace de la famille des Poaceae est typique des milieux humides et pousse surtout au bord des étangs, des cours d'eau et des talus des routes. C'est une plante à très grande tige (jusqu'à 6 m) qui repousse chaque année grâce à des rhizomes profondément ancrés dans le sol. Ces feuilles qui sont très grandes (30 – 70 cm) et très larges sont surtout utilisées dans l'alimentation des ruminants et des équins, mais aussi des lapins en élevage traditionnel.

La composition chimique de ces feuilles, ainsi que leur grande disponibilité au niveau local nous ont incité à déterminer leur valeur nutritive, dans le but de les insérer comme source de fibres dans les aliments granulés pour lapins.



Letter of Acceptance

Reference paper Code No: **N007**

Dear Prof. Dr.: **Kadi S.A.**

We are pleased to inform you that your paper entitled:

Nutritive value of common reed (*Phragmites australis*) leaves for rabbits

Kadi S.A., Ouendi M., Slimani M., Selmani K., Bannelier C. , Berchiche M., Gidenne T.

kadisiammar@yahoo.fr

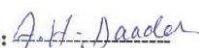
has been accepted for presentation in the **10th World Rabbit Congress** that will be held in **Sharm El-Sheikh, Egypt**, during 3-6 September 2012.

Please quote the above reference number for future correspondence concerning your presentation.

You are kindly asked to submit your registrations of form and fees according to the regulations announced in Congress website, in case you did not submit yet.

Thank you so much for your interest in participation in the Congress and we look forward to meeting you in September.

Sincerely,

Signature: 

Prof. Dr. Ahmed Daader
Congress President



VALEUR NUTRITIVE DES FEUILLES DE ROSEAU (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) ET LEURS EFFETS SUR LES PERFORMANCES ET LES CARACTÉRISTIQUES DE LA CARCASSE DES LAPINS EN ENGRAISSEMENT

Article en préparation

Mots clés : lapins en croissance; feuilles de Roseau (*Phragmites australis*), performance de croissance, valeur nutritive

Résumé:

La valeur nutritive des feuilles de Roseau (CRL) (*Phragmites australis*), pour le lapin en croissance, a été étudiée en comparant trois aliments (méthode de régression) contenant des taux croissants de feuilles de roseau: 0% (témoin, CRL0), 15% (CRL15) et 30% (CRL30) en substitution de l'aliment témoin (356 g NDF et 197 g PB/ kg). Trois lots de 30 lapins (un lapin/cage) ont été alimentés *ad libitum* avec l'un des trois aliments du sevrage (35 j, poids vif moyen: 722 ± 270 g) jusqu'à l'âge de 77 j. La digestibilité fécale des régimes a été mesurée entre 42 et 46 jours d'âge, sur 3 groupes de 10 lapereaux nourris à volonté depuis le sevrage (35j). La concentration en énergie digestible "ED" des feuilles de Roseau estimée par régression a été nulle (-1.8 ± 0.29 MJ/kg brut) ce qui classe ce fourrage comme source de lest favorisant le transit digestif. La digestibilité moyenne des protéines brutes des feuilles de Roseau a été estimée à 28.5% ce qui correspond à une teneur en protéines digestibles de 29 ± 5.6 g/kg brut. L'incorporation des feuilles de Roseau a détérioré la vitesse de croissance (34.2 vs 31.5 g/j, durant la période 35-77j respectivement sans (CRL0) ou avec les feuilles de Roseau (CRL15 et CRL30) $p=0.002$), ce qui a fait augmenter l'indice de consommation, surtout avec le taux d'incorporation le plus élevé (CRL30). Le statut sanitaire et les principaux paramètres de la carcasse ne sont pas affectés par le taux d'incorporation des feuilles de Roseau. Par conséquent, les feuilles de Roseau (*Phragmites australis*), récoltées tardivement, peuvent être considérées comme source de fibres à très faible valeur énergétique et protéique.

NUTRITIVE VALUE OF SUN-DRIED COMMON REED (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) LEAVES, AND IT'S EFFECT ON PERFORMANCE AND CARCASS CHARACTERISTICS OF THE GROWING RABBITS

Article in preparation

Keywords: growing rabbit, digestion, Reed leaves (*Phragmites australis*), growth performance, nutritive value.

I. ABSTRACT

The nutritive value and potential use of sun-dried common reed (*Phragmites australis*) leaves "CRL", for the growing rabbits was studied by comparing 3 diets (regression method) containing an increasing incorporation rate of CRL: 0% (control, CRL0), 15 % (CRL15) and 30% (CRL30) in substitution to the control diet (356 g NDF and 197 g CP/ kg). Three groups of 37 rabbits (individually caged) were fed *ad libitum* the three diets from weaning (35 d, mean weight: 722 ± 142 g) to 77 d of age. The faecal digestibility of the diets was measured between 42 and 46 days of age on 10 rabbits per group. CRL can be considered as a roughage since it contained 64% of NDF (38% of ADF) and 10.2% of crude protein. The digestible energy (DE) content of CRL calculated by regression was null (-1.8 ± 0.29 MJ/kg as fed) that classed this roughage as a source of ballast, probably active for transit stimulation. The digestibility of crude protein reached 28.5%, corresponding to a digestible crude protein concentration of 29.0 ± 5.6 g/kg as fed basis. Incorporation of CRL in feeds impair the rabbit growth (34.2 vs 31.5 g/d during the period 35-77d respectively without (CRL0) or with CRL (CRL15 and CRL30), $p=0.002$); consequently, feed conversion ratio is impaired with the high incorporation rate in feed (30%). Health status or main slaughter traits were not affected by the common reed leaves incorporation rate. Thus, the sundried common reed leaves (*Phragmites australis*) had very poor nutritive value for growing rabbits and can be considered as fibrous feedstuffs with low digestibility.

II. INTRODUCTION

In Algeria and other maghrebian countries (Morocco, Tunisia), the dehydrated alfalfa (*Medicago sativa*) and the wheat by-products are the main fibre sources for rabbit feeds formulation. Alfalfa is imported and become very expensive. Therefore, alternatives are required to produce balanced pelleted feeds using local raw materials, available at a lower price. For instance, recent studies reported the interest of using the Sulla (*Hedysarum flexuosum*) as a fibre and proteic source when incorporated in a complete pelleted feed for the growing rabbit (Kadi *et al.*, 2011).

Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud. (Poaceae), (previously *P. communis* or *P. Phragmites*) is a large perennial rhizomatous grass often called common reed and also known as giant reed, giant reedgrass, Roseau, Roseau cane, yellow cane and cane (Uchytel, 1992). It's an invading plant with perhaps the largest geographical distribution of any flowering plant in the world and found on every continent except Antarctica (Brix, 1999). It is a tall plant (2.0 - 4.0 m) common in and near freshwater, brackish and alkaline wetlands in the temperate zones world-wide (Marks *et al.*, 1994). According to the same authors, *Phragmites* is frequently regarded as an aggressive and unwanted invader because it's typically the dominant species on areas that it occupies (Lavoie, 2008). *Phragmites* has been used throughout history for the production of non-food commodities such as paper pulp, roofing and building materials, litter material as well as heating and also as forage feed (Allirand and Gosse, 1995; Kiviat and Hamilton, 2001). Recently, Zhao *et al.* (2011) reported that *P. australis* biomass has a great potential for producing biofuel.

Early in the growing season, common Reed is high-quality forage for cattle and horses (Majchrzak, 1992), for goat (Sun *et al.*, 2008) but also for ostrich (Cilliers and Angel, 1999). The use of whole plant of common Reed (*Phragmites australis*) as a potential source of roughage in ruminant nutrition was investigated by Baran *et al.* (2002). The authors concluded for possibility of using this feedstuff as a partial replacement of roughage for ruminants.

Reed leaves are tough, lanceolate, often 20 to 40 cm long and 1 to 4 cm wide (Blossey *et al.*, 2002). According to geographic origin, Hansen *et al.* (2007) reported a number of leaves per shoot which reaches 15 leaves in October for a number of shoot per tank which reaches 169.

Reed leaves are already used as forage in some traditional rabbitries in Algeria (Kadi *et al.*, unpublished data), and could be a potential source of fibre and protein since the crude protein

content reached 12.7% (De La Cruz, 1983). To our knowledge, there are no reports in the literature respect to the effect of dehydrated Reed leaves incorporation in pelleted complete feed for the growing rabbit.

Thus we aimed to determine the nutritive value of common reed (*Phragmites australis*) sun dried leaves for the growing rabbit.

III. MATERIALS AND METHODS

III. A. EXPERIMENTAL DESIGN AND FEEDS

A total of 111 rabbits of Algerian white local population (Zerrouki *et al.*, 2008) were used to assess the nutritive value of common reed leaves and its effect on growth, in the rabbitry (15 to 23°C, 7:00–19:00 lighting schedule) of the centre of vocational training of Mechtras located near Tizi-Ouzou in Algeria. Chemical analyses were conducted at INRA of Toulouse (UMR 1289 Tandem, France).

The common Reed were harvested after flowering stage at the end of autumn, when their colour begin to change from initially fully green to bright yellow, in the center of vocational training of Mechtras in Tizi-Ouzou area. Then, the leaves were manually separated from stems and sun dried. Samples of dried common reed leaves "CRL" were collected in the feed mill factory after grinding (sieves with a diameter of 3 mm) in order to determine its chemical composition (Table 1). Three pelleted diets were formulated with an increasing CRL inclusion level (0, 15, and 30%, Table 2). A basal mixture was formulated to fit with nutritional requirement of the growing rabbit (De Blas and Mateos, 2010) and contained dehydrated alfalfa, maize and soya bean meal as main ingredients. Three experimental diets containing an increasing incorporation rate of common reed leaves were prepared by substituting the basal diet, without minerals and premix, with 0, 15 or 30 % of dried common reed leaves (CRL0, CRL15, CRL30, Table 2). Mineral and premix were added to all diets at a fixed amount of 2%. The mixture was then pelleted (4 mm diameter, 9 mm length).

III. B. ANIMALS AND MEASUREMENTS

Rabbits were weaned at 35 d old (mean weight: 722 ± 142 g), allotted in three groups (37 per diet), according to weaning weight and litter origin. They were placed in wire mesh individual cages (56 x 38 x 28 cm) in flat deck disposition till 77 d old.

During the 6 wk of the experiment, rabbits were fed *ad libitum* one of the 3 diets, with a weekly control of live weight and feed consumption and a daily control of mortality,

following the recommendations for applied nutrition experiments in rabbits of the EGRAN (Fernández-Carmona *et al.*, 2005). Fresh water was always available.

After a 7 days adaptation period (42 d old), 10 rabbits per group were selected for the digestibility trial, following the European reference method described by Perez *et al.* 1995). Their 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.

Diets and faeces were analysed according to the EGRAN recommendations (EGRAN, 2001).

At the end of the experiment, 18 rabbits per group were slaughtered (without fasting) at 10 a.m. in controlled conditions, according to Blasco and Ouhayoun (1996), to record the weight of skin, full digestive tract, hot carcass and liver.

III. C. CHEMICAL ANALYSES

The chemical analyses were performed at INRA (UMR 1289 TANDEM) on diets, faeces (10 per group) and on the common reed leaves, according to ISO methods and considering the recommendations proposed by the EGRAN group (EGRAN, 2001): dry matter (ISO 6496:1999), crude ash (ISO 5984:2002), crude protein (N×6.25, Dumas method, ISO 16634-2:2009), energy (ISO 9831:1998) and fibres (NDF, ADF and acid detergent lignin (ADL)) according to sequential method of Van Soest, ashless, without sodium sulphite, and using crucibles (Tecator apparatus) (AFNOR 1997, ISO 16472:2006 and ISO 13906:2008).

III. D. Statistical analyses

Data were analyzed as a completely randomized design with type of diet as the main source of variation by using the GLM procedure of SAS software (OnlineDoc®, SAS Inst., Cary, NC). Means comparison were done by using the test of Scheffé. The linear effect of common reed leaves incorporation was analysed with the REG procedure of SAS. The nutritive value of common reed leaves has been calculated according to the regression and substitution methods described by Villamide *et al.* (2001).

IV. RESULTS AND DISCUSSION

IV. A. SUN-DRIED COMMON REED LEAVES COMPOSITION AND EXPERIMENTAL FEEDS

According to their chemical composition (Table 1), CRL can be classified as a very fibrous feedstuffs, with values close to those found by Sun *et al.* (2008) but for the whole plant. This may be due to the earlier stage of growth of plants used by those authors and to the latest

stage of maturity of leaves used in our trial. At the maturity stage, NDF concentration reached 64.2% , with other fibre fractions comparable to the most fibrous feedstuffs as wheat straw or grape pomace (Maertens *et al.*, 2002).

CRL contained a moderate amount of crude protein (10.2%) close to that reported by De la Cruz (1983) (12.7%) but higher than that reported for some fibrous feedstuffs usually used in rabbit feed formulation as beet pulp, grape seed meal or wheat straw. In return, CRL presented a relatively high level of ash (12.1%, Table 1), higher than that reported for the same raw material by Ho (1981; 9.1 %) and De la Cruz (1983; 8.6%), mostly owing to their content of silica (Schaller *et al.*, 2011) and can also be attributed to soil contamination. However, this ash content is in interval reported by Nikolajevskij (1971; between 10 and 18 %) and comparable to that reported by Kadi *et al.* (2011) for Sulla hay (12.5%).

Accordingly, the crude ash level of the diets increased from 9.4 in CRL0 to 10.6% in CRL30.

As expected, the dietary incorporation of common reed leaves increased the NDF level from 35 (CRL0) to 43% (CRL30), while the crude protein level decreased by three units (Table 1).

Table 1. Ingredient and chemical composition of experimental diets and of sun-dried Reed Leaves (CRL)

Ingredient, % as fed	CRL0	CRL15	CRL30	CRL
Common reed leaves sun-dried	-	15.00	30.00	
Dehydrated Alfalfa	30.00	25.41	20.81	
Wheat bran	17.00	14.40	11.80	
Soybean meal	20.00	16.94	13.88	
Corn grain	25.00	21.17	17.35	
Crude olive cake	6.00	5.08	4.16	
Sodium chloride	1.00	1.00	1.00	
Vitamin/mineral premix	1.00	1.00	1.00	
Chemical composition, g/kg, raw basis				
Dry matter	890	899	894	932
Crude ash	94	102	106	121
Crude protein (Nx6.25)	197	181	164	102
NDF	356	388	431	642
ADF	170	199	228	380
ADL	53	64	71	107
Gross energy, MJ/kg	16.95	17.01	16.68	17.3

[†] analytical value of a sample from the material incorporated in the pelleted feeds (CRL0, CRL15, and CRL30)

IV. B. NUTRITIVE VALUE OF THE COMMON REED LEAVES

As expected, the dry matter digestibility decreased linearly from CRL0 to CRL30, according to the CRL dietary incorporation (Table 2). Classically, when the dietary fibre level increased the diet digestion is reduced, because of the lower digestion of fibrous components (Gidenne *et al.* 2010a). As usual, a close relationship was observed between the digestibility of organic matter and that of energy. For the majority of the diets, the digestibility of energy is 1 to 2 points less than that of organic matter (Maertens and Van Herck, 2001).

Table 2. Effect of CRL dietary incorporation level on faecal digestibility coefficients (%) and nutritive value of experimental diets in growing rabbits between 42 and 46 d of age.

	Experimental diets			SEM ^l	P
	CRL0	CRL15	CRL30		
Digestibility coefficients (%)					
Dry matter ^u	57.1 ^a	44.8 ^b	38.3 ^c	0.25	<0.001
Organic matter ^u	57.2 ^a	44.5 ^b	38.2 ^c	0.26	<0.001
Energy ^u	56.8 ^a	44.1 ^b	36.8 ^c	0.26	<0.001
Crude protein	63 ^a	58.6 ^b	58.5 ^b	0.74	0.001
Neutral detergent fibre ^u	33.9 ^a	25.1 ^b	11.1 ^c	1.51	<0.001
Acid detergent fibre ^u	22.6 ^a	17.7 ^{ab}	11.4 ^b	1.58	0.002
Dietary nutritive value					
DP (g/kg raw basis) ^{u2}	119 ^a	102 ^b	92 ^c	1.28	<0.001
DE (MJ/kg raw basis) ³	9.20 ^a	7.18 ^b	5.88 ^c	0.04	<0.001
Ratio DP/DE (g/, raw basis) ^u	12.94 ^a	14.22 ^b	15.65 ^c	0.20	<0.001

¹ n = 10. ² DP: digestible crude protein. ³ DE: digestible energy. ^u: Significant linear effect (P<0.05)
Mean values in the same row with a different superscript differ, P < 0.05.

The energy digestibility was very negatively influenced by CRL level, since it decreased by 20 points from CRL 0 to CRL 30 (p<0.001). This result agrees with literature (De Blas *et al.*, 1984, 1989; Gidenne *et al.*, 2010a) which established that the fibre content is the main factor affecting energy digestibility. According to Garcia *et al.* (2002) and Nicodemus *et al.* (2002), dietary inclusion of fibrous feedstuffs at levels of 100-150 g/kg has little effect on rabbit performance. However, an excessive substitution of lucerne hay with highly lignified sources of fibre, what is the case in this assay, depresses energy digestibility (Garcia *et al.*, 1999).

The crude protein digestibility is negatively influenced by CRL incorporation (58.5 % vs 63 %, $p=0.001$) and could be explained by the fact that proteins are associated with cell walls, a usually found in roughages, and their digestion is limited.

The fibre digestion was linearly impaired with CRL dietary inclusion. Indeed, the NDF and ADF digestibility was divided respectively by three and two from CRL0 to CRL30, probably due to an harvesting at the latest stage of maturity of CRL, which increased the content in cellulose, perhaps with high cristallinity for the cellulose molecule due to their content of silica as reported by Schaller *et al.* (2011). Indeed, dry fodders such as cereal straws are generally high in silica and may reach 9% (Gowda *et al.*, 2004).

Using the digestibility coefficient for energy and protein obtained on the three feeds, we obtained equations to predict by the regression method the digestible energy of CRL ($DE \text{ (MJ/kg)} = 9.081 - 0.1088 \text{ CRL (\%)}; R^2 = 0.97; P = 0.001$; being CRL: Common Reed leaves) and protein ($DP \text{ (g/kg)} = 117.91 - 0.89 \text{ CRL (\%)}; R^2 = 0.87; P = 0.0001$) of CRL. Accordingly and using the calculation procedure proposed by Villamide *et al.*(2001), the digestible energy obtained for sun dried common reed leaves was not different from zero ($-1.8 \pm 0.29 \text{ MJ/kg raw basis}$) and showed a relatively high standard error (16.1%). In rabbit nutrition there was few studies that dealt with highly fibrous raw material, such forages or by products. For instance, Garcia *et al.* (1996) reported a negative value (-4.6 MJ/kg DM), for DE for Sunflower Hulls, and even at a low substitution level (6 %). Besides, the DE value of CRL seemed to be similar to that of a wheat straw estimated by Lebas and Djago (2001) to be not significantly different from zero. For other species, the metabolisable energy of common reed whole plant is estimated to be 2.8 MJ/kg for fowl and 8.7 MJ/kg for ostriches (Cilliers and Angel, 1999).

The digestible protein content of the CRL was relatively low: $29.0 \pm 5.6 \text{g DCP/kg raw basis}$, which corresponded to a crude protein digestibility of 28.5%. This value is close to that of Cacao hulls (25 %) but much higher than that of sunflower hulls (15 %) and carob meal (20 %) of which the contents in fibres are much lower (Maertens *et al.*, 2002). The DCP of CRL was more than twice as high in pre-flowering green oat forage (12.4 g/kg) found by Deshmukh *at al.*(1990). Besides, the standard error for the predicted value of digestible protein content was relatively high (19 %). Although the CP digestibility variation is only slightly explained by the chemical composition (16 % according to Villamide *et al.*, 2010), this digestible protein content should to be related to the fibre concentration in Reed leaves as for the majority of fibrous feedstuffs in EGRAN tables reported by Maertens *et al.* (2002).

Besides, and as suggested by De Blas *et al.* (1989) for wheat straw, a high level of substitution of basal diet with a high fibre raw material, could underestimate their nutritive value.

As already underlined by Cheeke (1986), some tropical grasses, despite their lush appearance, are of very little feeding value to rabbits.

IV. A. HEALTH STATUS, FEED INTAKE AND GROWTH OF ANIMALS

Throughout the experiment, the health status of rabbits was good, since only 2 rabbits died in the groups CRL0 and 4 in CRL 15, but none in the group CRL 30 (no antibiotic treatment was used during the trial).

As we choose an unbalanced feed formulation, to assess the nutritive contribution of the CRL, growth and intake over the whole fattening period was better in control group (Table 3). According to Motta *et al.* (1996), an excessive substitution of lucerne hay with highly lignified sources of fibre impairs average daily gain and feed efficiency.

However, global growth rate exceed 30 g/d, while the feed intake vary significantly from 114 g/d in group CRL 15 to 129 g/d in group CRL 30. Consequently, the feed conversion ratio was significantly better ($P < 0.001$) for a control group and 15% CRL inclusion compared to 30% Reed leaves inclusion (3.6 vs 4.16). These results are in agreement with literature.

As usual, the growth rate was higher and the feed intake similar during the post-weaning period (35-56d) among the three groups. However, the adaptation of rabbits to CRL seems to be faster with low incorporation rate. Indeed, for a same feed intake, 113 g/d on average between CRL15 and CRL30, growth rate is markedly higher ($p < 0.001$) when rabbits fed diet with low incorporation rate of CRL (CRL15) than with high one (CRL30). Gidenne *et al.* (1991) underlined the early adaptation of rabbits to high-fibre diet if energy level is correct.

The performances deteriorated during the second period 56-77d of fattening with the decrease of growth rate and increase of feed intake especially in the CRL30 group. Consequently, the feed conversion ratio is the worst but similar in the three groups.

Table 3. Effect of CRL dietary incorporation on feed intake and growth of rabbits.

	Experimental diets			SEM	P
	CRL0	CRL15	CRL30		
n ¹	35	33	37		
Period 35-56 d					
Live weight at 35 d, g	720	729	716	45.4	0.98
Live weight at 56 d, g	1512	1508	1419	56.7	0.42
Weight gain, g/d	38.9 ^a	38.4 ^a	33.9 ^b	0.82	<0.001
Daily intake, g/d	106.0	118.8	107.0	4.0	0.048
Feed conversion, g/g	2.89	3.18	3.15	0.11	0.129
Period 56-77 d					
Live weight at 77 d, g	2130	2050	2020	55.7	0.35
Weight gain, g/d	29.5 ^a	26.5 ^b	28.6 ^{ab}	0.80	0.04
Daily intake, g/d	127.3 ^b	115.8 ^c	137.8 ^a	3.02	<0.001
Feed conversion, g/g	4.38	4.40	4.81	0.12	0.035
Period 35-77 d					
Weight gain, g/d	34.2 ^a	31.8 ^b	31.1 ^b	0.62	0.002
Daily intake, g/d	119.9 ^{ab}	114.4 ^b	129.5 ^a	2.85	0.001
Feed conversion, g/g	3.59 ^b	3.64 ^b	4.16 ^a	0.09	<0.001

¹n: number of rabbits at the end of experimental period.

Mean values in the same raw with a different superscript differ, P < 0.05

Accordingly, for the whole fattening period (35-77d), feed intake is 13% higher in CRL30 than in CRL15. As already found by Lebas (1975), this is the consequence of the capacity of the rabbits to control their DE ingestion when the energy dilution is the consequence of an increase of fibre content. However, as the DP lowering is less abrupt, the DP to DE ratio increases from 12.9 in CRL0 to 15.65 g/MJ in CRL30. Thus, the growth rate was not modified but with a sensible increase of feed conversion ratio as has been reported by several authors (Maertens, 1992; Lebas and Djago, 2001; Xiccato and Trocino, 2010). Besides, the amount of fibre level increases linearly with the incorporation rate of CRL and exceed the recommendations (Table 2) leading to an energy dilution of the diets (Table 3). In this situation, as expected, rabbits attempts to increase their feed intake to satisfy energetic needs but not sufficiently because of the high fibre level (Gidenne and Lebas, 2002) : 1.1, 0.82 and 0.76 MJ/day ingested respectively in CRL0, CRL15 and CRL30 for the whole period (35-77d) whereas protein intake are 14.26 d/day in CRL0 vs 11.66 and 11.91 respectively in CRL15 and CRL30 for the same period (35-77d). Thus, the energetic value of the diets CRL15 and CRL30 is much low (Table 2) than chemostatic regulation is not possible (Lebas *et al.*, 1996). It is well known that the rabbit regulates its energy intake from a dietary

digestible energy concentration of 9 MJ/kg whereas does not exceed 7.1 Mj/kg and 5.8 Mj/kg respectively in CRL 15 and CRL 30.

Furthermore, the presence of some toxic compounds in Reed leaves may also be considered to explain this low feed intake. Indeed, concerns about the toxicity of the Reed leaves justify themselves by the depollution potential of this plant. Although *P. australis* is prevalently a root bioaccumulator species (Bonanno, 2011), its leaves can accumulate metals to high concentrations (Baldantoni *et al.*, 2009). According to Windham *et al.*(2003), common reed leaf concentrations of mercury (Hg), one of the more toxic metals, is 0.04 mg/kg leading, in this study, to an approximate ingestion of 0,0047; 0,0045 and 0,0051 mg per day respectively in CRL0, CRL15 and CRL30; whereas Gidenne *et al.* (2010b) reported that maximum tolerable en mercury for rabbit is 0.01 mg per kg. It's also the case of lead (Pb) whose concentration in those leaves can vary from 1.07 to 2.98 mg/kg in June (Windham *et al.*, 2003), whereas the maximum experimented on rabbits without problems is 0.40 (Habeeb *et al.*,1997). For Zinc (Zn), Maximum experimented on rabbits without problems is 55 mg/kg (Abdel-Samee and El-Masry, 1992) whereas it's concentration in common reed leaves can reach 79.3 mg/kg (Windham *et al.*, 2003).

The growth performances reached in this trail are slightly lower than that reported for the same line fed diets containing Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) (Kadi *et al.*, 2011), due to nutritive value of CRL which is lower than that of Sulla hay (leguminous). Also, for control diets for which the formulae is similar in this later and present study, the daily weight gain and feed intake are, in absolute value, higher in the first study (37.6 vs 34.2 g/d and 125 vs 120 g/d respectively for growth and feed consumption). On the other hand, the growth performances recorded in this study (34.2 g/d in CRL0 and 31.4 g/d on average in CRL15 and CRL30) are widely higher than that reported by Lounaouci-Ouyed *et al.* (2011) for same rabbits line and in same breeding conditions (26.7 g/d).

Globally, rabbits used here reached a relatively high growth performances compared to those generally obtained with rabbits of local population "kabyle". For instance, they were about 11% higher than those reported by Lakabi-Ioualitene *et al.* (2008) and Guemour *et al.* (2010) but 32% higher than those reported by Lounaouci-Ouyed *et al.* (2009).

IV. B. SLAUGHTER PERFORMANCES

The average slaughter live weight (Table 4) obtained at 77 days (2309g) was usual in our breeding conditions with rabbits of white population. For instance, it's similar to that reported

by Kadi *et al.* (2011) for this line in the same breeding conditions. However, compared to live weight at slaughter usually reached by rabbits of local population “Kabyle”, it’s 60 % higher than that found by Guemour *et al.* (2010) and 26% than that reported by Lakabi-Ioualitene *et al.* (2008).

Table 4. Effect of dietary level of inclusion of common Reed leaves on slaughter traits of rabbits¹

	Experimental diets			SEM ²	P
	CRL0	CRL15	CRL30		
Slaughter weight (SLW), g	2310	2277	2341	50.4	0.73
Skin weight, g	248	237	240	8.0	0.39
Full digestive tract, g	340 ^b	363 ^b	409 ^a	10.2	<0.001
Hot carcass weight (HC), g	1619	1571	1569	38.2	0.33
Liver weight, g	81 ^{ab}	78 ^b	90 ^a	2.81	0.047
Dressing out percentage HC/SLW, %	70.1 ^a	69.3 ^a	67 ^b	9.9	<0.001

¹ Slaughter at 11 weeks of age. ² n = 18. Mean values in the same raw with a different superscript differ, P< 0.05.

As a consequence of the very low NDF digestibility of CRL, and of the increased fibre level of feeds with CRL incorporation, the weight of the full digestive tract increased linearly. This may be explained, as already underlined by Gidenne *et al.* (1991) and Gidenne (1992), by the physical adaptation of digestive tract of the rabbits to the increase in diet intake, consequence of high level of cell wall (43 % NDF in CRL30). Hence, the full digestive tract weight impair linearly dressing out percentage. As pointed out by Hernández and Dalle Zotte (2010), when a high dietary fibre level decreases the growth rate, slaughter yield falls due to increased digestive tract proportions. Indeed, Tao and Li (2006) reported that caecum weight and proportion of caecum weight to body weight increases when the dietary NDF concentration increased.

Globally, the dressing out percentage obtained here are similar than that reported by Lakabi-Ioualitene *et al.* (2008) but higher than that obtained by Gemour *et al.* (2010) both with coloured local population.

The carcass weight was not influenced by CRL inclusion rate, and reached an average weight of 1586 g, that is slightly higher than the local market weight (Kadi *et al.*, 2008).

Liver weight was influenced either by CRL incorporation but also by the rate of incorporation with, on average, values close to those reported in the literature (Eiben *et al.*, 2010). The fibre digestion was so low and linearly impaired with CRL dietary incorporation than it can be

suspected to increase liver weight. Recently, Papadomichelakis *et al.* (2012) reported that liver weight of rabbits decrease with increasing degradable fibre in the diet.

V. CONCLUSION

Sun dried Reed leaves is a very high fibre source for rabbit, with a moderate level in crude protein at maturity stage. However, the nutritive value for the growing rabbit appear relatively poor, either respect to its digestible energy (around zero) or to its digestible protein level (29g DP/kg as fed basis). Thus CRL can be considered as a high fibre feedstuffs with a potential role of "ballast" and transit stimulation. In perspectives, we should consider an earlier collection of the CRL, before the maturity stage, and expecting a lower mineral content and a higher protein concentration. Also, further investigations with balanced diets are necessary to determine the effect of Reed leaves on rabbit performance and health.

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Belaidi-Gater N., Louchami Y., Djaroun T., Haddad M., Yahi K., for their assistance in the experimental trial (center of vocational training of Mechtras, Algeria) and Carolle Bannelier for her help in biochemical analyses (INRA, UMR 1289 TANDEM, Castanet-Tolosan, France).

VII. RÉFÉRENCES

- Abdel-Samee, A.M. and El-Masry, K.A. 1992. Effect of drinking natural saline well water on some productive and reproductive performance of California and New-Zealand White rabbits maintained under north Sinai conditions. *Egyptian Journal of Rabbit Science* 2, 1-11.
- AFNOR. 1997. Norme Française homologuée, Aliments des animaux. Détermination séquentielle des constituants pariétaux. Méthode par traitement aux détergents neutre et acide et à l'acide sulfurique. *AFNOR publ., Paris. NF V 18-122, pp 11.*
- Allirand J. M., Gosse G. 1995. An above-ground biomass production model for a common reed (*Phragmites communis Trin.*) Stand. *Biomass and Bioenergy.*, 9: 441-448.
- Baldantoni D., Ligrone R., Alfani A. 2009. Macro- and trace-element concentrations in leaves and roots of *Phragmites australis* in a volcanic lake in Southern Italy. *Journal of Geochemical Exploration*, 101: 166-174.

- Baran M., Váradyová Z., Krácmár S., Hedbávny J. 2002. The common reed (*Phragmites australis*) as a source of roughage in ruminant nutrition. *ACTA VET. BRNO.*,71: 445-449.
- Blasco A., Ouhayoun J. 1996. Harmonization of criteria and Terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sci.*, 4: 93-99.
- Blossey B., Schwarzländer M., Häfliger P., Casagrande R., Tewksbury L., 2002. Common reed. In: *Driesche R.V., Lyon S., Blossey B., Hoddle M., Reardon, R. (Eds.), Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States. USDA Forest Service, Publication FHTET-2002-04,131-138.*
- Bonanno G. 2011. Trace element accumulation and distribution in the organs of *Phragmites australis* (common reed) and biomonitoring applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 74: 1057–1064.
- Brix H., 1999. Introduction: genetic diversity, ecophysiology and growth dynamics of reed (*Phragmites australis*). *Aquat. Bot.*, 64: 179-184.
- Cheeke P. R. 1986. Potentials of Rabbit Production in Tropical and Subtropical Agricultural Systems. *J Anim Sci* 1986. 63:1581-1586.
- Cilliers S.C., Angel C.R. 1999. Basic Concepts and Recent Advances in Digestion and Nutrition. In: Deeming D.C. (Eds.), *The Ostrich: Biology, Production and Health, CABI*,105-1278.
- De Blas, J.C., J.M. Rodriguez, G. Santoma and M.J. Fraga. 1984. The nutritive value of feeds for growing fattening rabbits. 1. Energy evaluation. *J. Appl. Rabbit Res.* 7:72-74.
- De Blas J.C., Villamide M.j., Carabano R. 1989. Nutritive value of cereal by-products for rabbits. 1. Wheat straw. *J. Appl. Rabbit Res.* 12:148-151.
- De Blas C., Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI*, 222-232.
- De la Cruz, A.A. 1983. Caloric values of marsh biota. *Mississippi -Alabama Sea Grant Consortium Publ. No. MASGP -83-006. Ocean Springs, Mississippi.* 32 p.
- Deshmukh S.V., Pathak N.N., Johari S.B. 1990. A note on the nutritional evaluation of pre-flowering oat (*Avena sativa*) forage for rabbits. *J. Appt. Rabbit Res.* 13: 93-94
- Eiben Cs., Végi B., Virág Gy, Gódor-Surmann K., Maró A., Odermatt M., Zsédely E., Tóth T., Schmidt J. 2010. Effect of different dietary ratios of sunflower and linseed oils on growth and carcass traits of rabbits. *Livest. Sci.*,131:15-22.
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.

- Fernandez-Carmona J., Blas E., Pascual J.J., Maertens L., Gidenne T., Xiccato G., Garcia J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228.
- Garcia J., Carabaño R., de Blas C. 1999. Effect of fiber source on cell wall digestibility and rate of passage in rabbits. *Journ. of Anim. Sci.*, 77: 898-905.
- Garcia J., Nicodemus N., Carabaño R., de Blas C. 2002. Effect of inclusion of defatted grape seed meal in the diet on digestion and performance of growing rabbits. *Journ. of Anim. Sci.*, 80: 162-170.
- Garcia J., Villamide M.J., De Blas J.C. 1996. Energy, protein and fibre digestibility of sunflower hulls, olive leaves and NaOH-treated barley straw for rabbits. *World Rabbit Sci.*, 4: 205-209.
- Gidenne T. 1992. Effect of fibre level, particle size and adaptation period on digestibility and rate of passage as measured at the ileum and in the faeces in the adult rabbit. *British Journal of Nutrition* 67, 133–146.
- Gidenne T., Scalabrini F., Marchais C. 1991. Adaptation digestive du lapin à la teneur en constituants pariétaux du régime. *Ann Zootech* 34, 73-84
- Gidenne T., Carabaño R., García J., De Blas C. 2010a. Fibre Digestion. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 66-82.
- Gidenne T., García J., Lebas F. Licois D. 2010b. Nutrition and Feeding Strategy: Interactions with Pathology. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 179-199.
- Gidenne T., Lebas F. 2002. Role of dietary fibre in rabbit nutrition and in digestive troubles prevention. *2nd Rabbit Congress of the America, Habana City, Cuba, June 19-22, 2002*, 47-59.
- Guemour D., Bannelier C., Della A., Gidenne T. 2010. Nutritive value of sun-dried grape pomace, incorporated at a low level in complete feed for the rabbit bred under magrebian conditions. *World Rabbit Sci.*, 18:17-25.
- Gowda N.K.S., Ramana J.V., Prasad C.S., Singh K. 2004. Micronutrient content of certain tropical conventional and unconventional feed resources of southern India. *Tropical Animal Health and Production*, 36 : 77-94
- Habeeb, A.A.M., Marai, I.F.M., El-Maghawry, A.M. and Gad, A.E. 1997. Physiological response of growing rabbit to different concentrations of salinity in drinking water under winter and hot summer conditions. *Egyptian Journal of Rabbit Science* 7, 81-94.

- Hansen D. L., Lambertini C., Jampeetong A., Brix H. 2007. Clone-specific differences in *Phragmites australis*: Effects of ploidy level and geographic origin. *Aquat. Bot.*, 86: 269-279.
- Hernández P., Dalle Zotte A. 2010. Diet and Rabbit Meat Quality. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 163-178.
- Ho Y. B. 1981. Mineral composition of *Phragmites australis* in Scottish lochs as related to eutrophication. I. Seasonal changes in organs. *Hydrobiologia* 85, 227-237
- International Standardization Organization. 1998. Animal feeding stuffs animal products, and faeces or urine - Determination of gross calorific value. Bomb calorimeter method. *Norme internationale ISO 9831*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 1999. Animal feeding stuffs Determination of moisture and other volatile matter content. *Norme internationale ISO 6496*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2002. Animal feeding stuffs. Determination of crude ash. *Norme internationale ISO 5984* Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2006. Animal feeding stuffs Determination of amylase-treated neutral detergent fibre content (aNDF). *Norme internationale ISO 16472*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2008. Animal feeding stuffs Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents. *Norme internationale ISO 13906*. Available at: <http://www.iso.org>.
- International Standardization Organization. 2009. Food products. Determination of the total nitrogen content by combustion according to the Dumas principle and calculation of the crude protein content. Part 2: Cereals, pulses and milled cereal products. *Norme internationale ISO 16634-2*. Available at: <http://www.iso.org>.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M. 2008. Commercialisation of rabbit's meat in Tizi-Ouzou area, Algeria. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona, Italy*.
- Kadi, S.A., Guermah, H., Bannelier C., Berchiche, M., Gidenne, T. 2011. Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19: 151-159.
- Kiviat E., Hamilton E. 2001. *Phragmites* use by Native North Americans. *Aquat. Bot.*, 69 : 341-357.
- Lakabi-Ioualitene D., Lounaouci-Ouyed G, Berchiche M., Lebas F., Lamothe L. 2008. The effects of the complete replacement of barley and soybean meal with hard wheat by-

- products on diet digestibility, growth and slaughter traits of local Algerian rabbit population. *World Rabbit Sci.*, 16: 99-106.
- Lavoie C. 2008. Envahissement du roseau commun le long des corridors autoroutiers: état de situation, causes et gestion. *Rapport final Réalisé pour le compte du ministère des Transports du Québec*. 160p.
- Lebas F. 1975. Influence de la teneur en énergie de l'aliment sur les performances de croissance chez le lapin. *Ann. Zootech.*, 24: 281-288.
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébault R.G., 1996. Le lapin, élevage et pathologie. *FAO. Rome*, 223 p.
- Lebas F., Djago A.Y. 2001. Valorisation alimentaire de la paille par le lapin en croissance. *9^{ème} Journ. Rech. Cunicole* : 77- 80.
- Lounaouci-Ouyed G., Lakabi D., Berchiche M., Lebas F. 2009. Effets d'un apport de paille en complément d'un aliment granulé pauvre en fibres sur la digestion, la croissance et le rendement à l'abattage de lapins de population locale algérienne. *13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 17-18 novembre 2009, Le Mans, France.
- Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Effets de l'incorporation de taux élevés (50 à 60%) de son de blé dur sur la mortalité, la digestibilité, la croissance et la composition corporelle de lapins de population blanche dans les conditions de production algériennes. *14^{ème} Journ. Rech. Cunicole* : 13-16.
- Maertens L., 1992. Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15, 889-913.
- Majchrzak Y. 1992. Evolution des communautés végétales de marais tourbeux soumises au pâturage de bovins et d'équins. Application pour la gestion conservatoire d'une zone humide, le marais de Lavours (Ain, France). PhD Thesis, Grenoble I university, France.
- Marks M., Lapin B., Randall J. 1994. *Phragmites australis* (P. communis): threats, management, and monitoring. *Natural Areas Journal* 14: 285-294.
- Maertens L., Van Herck A. 2001. Digestibilité de quelques matières premières couramment utilisées dans l'alimentation du lapin. *9^{èmes} Journ. Rech. Cunicole Paris, 2001*, 81-84
- 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.
- Motta Ferreira W., Fraga M.J., Carabaño R. 1996. Inclusion of grape pomace, in substitution for alfalfa hay, in diets for growing rabbits. *Anim. Sci.*, 63: 167-174.

- Nicodemus, N., Carabaño, R., García, J., Méndez, J., Blas, J. C. de. 1999. Performance response of lactating and growing rabbits to dietary lignin content. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 80: 43–54.
- Nicodemus N., Garcia J., Carabaño R., de Blas C. 2002. Effect of the inclusion of sunflower hulls in the diet on performance, disaccharidase activity in the small intestine and caecal traits of growing rabbits. *Anim. Sci.*, 75: 237-243.
- Nikolajevskij V.G. 1971. Research into the biology of the common reed (*Phragmites communis* Trin.) in the U.S.S.R.. *Folia Geobot. Phytotax., Praha*, 6: 221-230.
- Papadomichelakis G., Zoidis E., Fegeros K. 2012. Dietarily induced changes in liver composition and weight of fattening rabbits. *Livest. Sci.*, 144: 190–196
- 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.
- Schaller J., Brackhage C., Gessner M. O., Baüker E., Gert Dudel E. 2011. Silicon supply modifies C:N:P stoichiometry and growth of *Phragmites australis*. *Plant Biology*. doi: 10.1111/j.1438-8677.2011.00537.x
- Sun Z., Zhou D., Ferreira L.M.M., Zhong Q., Lou Y. 2008. Diet composition, herbage intake and digestibility in Inner Mongolian Cashmere goats grazing on native *Leymus chinensis* plant communities. *Livest. Sci.*, 116: 146-155.
- Tao Z.Y., Li F.C. 2006. Effects of dietary neutral detergent fibre (NDF) on production performance, nutrient utilization, caecum fermentation and fibrolytic activity in 2–3 month New Zealand rabbits. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 90, 467–473.
- Uchytel R.J. 1992. *Phragmites australis*. In: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory, Fire Effects Information System. <http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html>. 19p.
- Villamide M.J., Maertens L., Cervera C., Perez J.M., Xiccato G. 2001. A critical approach of the calculation procedures to be used in digestibility determination of feed ingredients for rabbits. *World Rabbit Sci.*, 9: 19-26.
- Villamide M.J., Nicodemus N., Fraga M.J., Carabaño R. 2010. Protein Digestion In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 39-55.

- Windham L., Weis J.S., Weis P. 2003. Uptake and distribution of metals in two dominant salt marsh macrophytes, *Spartina alterniflora* (cordgrass) and *Phragmites australis* (common reed). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56,63-72.
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Energy and Protein Metabolism and Requirements. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 83-118.
- Zerrouki N., 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*.
- Zhao H., Yan H., Zhang C., Liu X., Xue Y., Qiao Y., Tian Y., Qin S. 2011. Pyrolytic characteristics and kinetics of *Phragmites Australis*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-6.



PARTIE 4: ASSOCIATION DU FOIN DE SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) ET DES FEUILLES SÈCHES DE ROSEAU (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) POUR ALIMENTER LES LAPINS EN ENGRAISSEMENT

Après avoir déterminé la valeur nutritive, pour lapins en croissance, du Sulla (*Hedysarum flexuosum*) au stade floraison sous forme de foin (partie 1) et au stade bourgeonnement en vert (partie 2) et après avoir aussi déterminé la valeur nutritive des feuilles de roseau (*Phragmites australis*, partie 3), nous avons testé dans cette quatrième partie, la possibilité d'associer ces deux matières premières (Sulla et feuilles de roseau) dans un même aliment. Nous avons donc mesuré la réponse zootechnique du lapin en termes de croissance et de santé, à un aliment granulé complet formulé à base de foin de Sulla et de feuilles de roseau.

ASSOCIATION OF SULLA HAY (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) AND COMMON REED LEAVES (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) IN DIET OF FATTENING RABBITS: EFFECT EN GROWTH PERFORMANCES

Article in preparation

Keywords: Rabbit, Growth performances, Reed leaves, *Phragmites australis*, Sulla hay, *Hedysarum flexuosum*.

Abstract:

Association of Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common reed leaves (*Phragmites australis*) in diet of fattening rabbits: effect en growth performances

Fifty five Algerian white population rabbits were used to study the effect of the incorporation of Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common Reed leaves (*Phragmites australis*) in a pelleted feed on the growth of rabbits. At weaning (35 d, 673±69 g), the rabbits were divided in two groups, individually caged and received *ad libitum* one of the two diets during 42 d. The control diet contained barley, dehydrated alfalfa, soya bean meal and wheat bran. The other diet (RS) was formulated to totally substitute barley and dehydrated alfalfa with Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) and common Reed leaves (*Phragmites australis*). Feed intake and growth were good in the two groups during the first period of fattening (35-56 d), on average 107 g/d and 38 g/d. The feed intake increased distinctly in the RS group during the second period of fattening (150 vs 126; $p<.0001$) for a similar growth rate (32 g/d). Accordingly, for the whole fattening period (35-77 d) the growth rate was similar between the two groups (35.4 g/d) while the feed conversion was higher ($p<0.01$) in RS group (3.86 vs 3.23). This confirmed that using these two local fibre sources in a pelleted feed was valuable for fattening rabbit.

ASSOCIATION DU FOIN DE SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) ET DES FEUILLES DE ROSEAU (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) DANS L'ALIMENT DU LAPIN EN ENGRAISSEMENT: EFFET SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE

Article en préparation

Mots clés: Lapin, Performances de croissance, Feuilles de Roseau, *Phragmites australis*, Foin de Sulla, *Hedysarum flexuosum*.

I. RÉSUMÉ

Cinquante-cinq lapins de population locale blanche ont été utilisés pour étudier l'effet de l'incorporation du foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) et des feuilles de Roseau (*Phragmites australis*) sur la croissance du lapin. Au sevrage (35 j, 673±69 g), les lapins ont été repartis en deux lots, logés individuellement et recevaient *ad libitum* un des deux aliments durant 42j. L'aliment témoin (T) contient de l'orge, de la luzerne déshydratée, du tourteau de soja et du son de blé. L'aliment expérimental (RS) a été formulé pour remplacer totalement l'orge et la luzerne déshydratée avec du foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) et des feuilles de Roseau (*Phragmites australis*). La consommation et la vitesse de croissance ont été très bonnes et au même niveau dans les deux lots, durant la première moitié de la période d'engraissement (35-56 j), soit en moyenne 107 g/j et 38 g/j. La consommation a nettement augmenté dans le lot RS durant la deuxième période d'engraissement (150 vs 126 ; $p<.0001$) pour une vitesse de croissance similaire (32 g/j). De ce fait, sur la période totale (35-77 j), la vitesse de croissance est au même niveau dans les deux lots (35,4 g/j), et l'indice de consommation est plus élevé pour le lot RS (3,86 vs 3,23; $P<0,01$). Ceci confirme donc l'intérêt d'une utilisation combinée de ces deux sources de fibres dans un aliment granulé pour lapins en engraissement.

II. INTRODUCTION

Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*), légumineuse disponible localement présente une valeur nutritive appréciable pour les lapins en engraissement : 8,96 MJ/kg MS d'énergie digestible et 71 g/kg MS de protéines digestibles selon Kadi *et al.* (2011).

De même, les feuilles de Roseau (*Phragmites australis*), disponibles en grande quantité et non valorisées, sont une bonne source de fibres pour le lapin en engraissement. Selon Kadi *et al.* (2012), elles contiennent au stade de maturité (en % de MS) 69% NDF, 41% ADF et 11,5% d'ADL alors que leur apports en ED et PD sont très faibles: apports nuls en ED et 32 g/kg MS de protéines digestibles.

Après la détermination de la valeur nutritive de ces deux matières premières, l'on se propose d'étudier dans cet essai la possibilité de les associer dans un même aliment granulé pour le lapin en engraissement.

L'objectif de cet essai est donc, d'étudier l'effet de l'incorporation du foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) et des feuilles de Roseau (*Phragmites australis*) dans l'aliment sur les performances zootechniques des lapins en croissance.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

III.A. LES ALIMENTS EXPERIMENTAUX

Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*) a été récolté, au printemps (stade début floraison), au niveau de la région de Oued-Aissi à Tizi-Ouzou et séché naturellement par étalage au soleil au niveau du CFPA de Mechtras où sont, aussi, récoltées (durant l'été) et séchées les feuilles de Roseau (*Phragmites australis*). Ces deux matières premières sont ensuite broyées et acheminées à l'UAB SARL "Production locale" sise à Bouzareah (Alger) pour la fabrication des aliments granulés.

Un aliment expérimental "RS" contenant 20% de foin de Sulla et 20% de feuilles séchées de Roseau (Tableau 1), en remplacement total de la luzerne et de l'orge, a été formulé pour répondre aux recommandations nutritionnelles des lapins en croissance (De Blas et Mateos, 2010). Il a été comparé à un aliment témoin (T) classique à base de luzerne et d'orge. Aucun anticoccidien ni antibiotique n'a été rajouté aux deux aliments.

III.B. LES ANIMAUX ET DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION

L'essai est réalisé au niveau du clapier pédagogique du CFPA de Mechtras. Un total de 55 lapereaux de population locale blanche, nés et sevrés au sein d'un clapier privé limitrophe du CFPA de Mechtras, ont été répartis selon le poids vif initial et l'origine de la portée, à raison de 25 pour le lot T et 30 pour le lot RS. Ils ont été placés dans des cages individuelles entièrement métalliques disposées en *flat-deck* et alimentés *ad libitum* avec un des deux aliments, durant 6 semaines. Le poids vif et la consommation alimentaire ont été mesurés chaque semaine. L'abreuvement a été automatique.

III.C. ANALYSES CHIMIQUES

Les analyses chimiques des aliments ont été réalisées au niveau de l'INRA (UMR 1289 TANDEM) de Toulouse (France), selon les procédures européennes harmonisées (EGRAN, 2001): humidité, cendres, matières azotées totales (N x 6,25, méthode Dumas, Leco), énergie, fibres (NDF, ADF et ADL) selon la méthode séquentielle de Van Soest.

III.D. ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance (procédure GLM logiciel SAS) en prenant en compte le facteur lot.

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV.A. CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DES ALIMENTS

La composition chimique des aliments (Tableau 1) a été en dessus des valeurs prévues par formulation pour les protéines brutes, mais en deçà des apports en ED attendues (formulation *vs* équation de prédiction). Pour ce qui est des fibres (NDF, ADF), leur niveau a dépassé les prévisions dans l'aliment T, mais était conforme dans l'aliment RS.

La teneur en minéraux est substantiellement augmentée par le foin de Sulla et les feuilles de roseau, les deux étant riches en minéraux (Tableau 1). L'incorporation du Sulla et des feuilles de roseau conduit logiquement à une augmentation du taux de fibres notamment NDF et ADF. De la même manière, l'incorporation du Sulla et des feuilles de roseau avec, respectivement, des teneurs en EB de 17,2 et 18,5 MJ/kg, a permis de maintenir la teneur en EB au même niveau que dans le témoin malgré l'absence de la luzerne, mais surtout de l'orge. Par contre, les concentrations en énergie digestible, égales au niveau des deux aliments, ne semblent pas atteindre les valeurs recommandées pour les lapins en engraissement. En plus du fait que

l'estimation de l'ED à partir des tables est inexacte (Fernández-Carmona *et al.*, 2004), cette situation serait liée, notamment dans l'aliment expérimental, aux apports nuls en énergie des feuilles de roseau comme rapporté par Kadi *et al.* (2012).

Tableau 1 : Composition des aliments expérimentaux

<i>Ingrédients (%)</i>	Aliment T	Aliment RS	Foin de Sulla [*]	Feuilles de Roseau ^{**}
Foin de Sulla	-	20		
Feuilles de Roseau	-	20		
Orge	20	-		
Luzerne déshydratée	35	-		
Tourteau de soja	13	14		
Son de blé	30,5	44,5		
Sel	0,5	0,5		
Premix ¹	1	1		
<i>Composition chimique, g/kg MS</i>				
Matière sèche	906	905	885	93,17
Matières minérales	117	151	142	130
Protéines brutes	201	212	165,7	110
NDF	360	440	486,4	690
ADF	185	206	345,3	410
ADL	51	55	90,3	115
EB, MJ/kg	18,29	18,38	17,02	18,25
ED, MJ/kg	9,59 ^u	9,17 ^u	8,9 [*]	1,8 ^{**}
PD, g/kg #	141 [#]	151 [#]	71 [*]	29 ^{**}
PD/ED, g/MJ, MS	14,8	16,5	-	-

¹Fourni par Bouhzila (Sétif, Algérie). Composition en Minéraux et vitamines (g/kg premix): Se, 0.025; Mg, 5; Mn, 7.5; Zn, 7.5; I, 0.12; Fe, 3.6; Cu, 2.25; Co, 0.04; thiamin, 0.1; riboflavin, 0.45; calcium d-pantothenate, 0.6; pyridoxine, 0.15; biotin, 0.0015; nicotinic acid, 2; choline chloride, 35; folic acid, 0.4; vitamin K₃, 0.2; dl-α-tocopheryl acetate, 1.35; **biotin, 0.0015; folic acid, 0.04; cyanocobalamin, 0.0006; vitamin A, 850000 IU; vitamin D3, 170000 IU.**

* : D'après Kadi *et al.* (2011) ; ** : d'après Kadi *et al.* (2012)

^u estimé par l'équation de De Blas (1994): ED Kcal/kg MS= 239 x (13,30 - 0,201 ADF (% MS) + 0,102 MAT (% MS)

[#] estimé par l'équation de Villamide et Fraga (1998): PD (g/kg) = - 34,67 + 0.876 x PB (g/kg)

Les apports protéiques des deux aliments dépassent largement les prévisions ainsi que les recommandations pour les lapins en croissance (De Blas et Mateos, 2010) et qui sont de 15%. Au niveau de l'aliment témoin, cela pourrait s'expliquer par la variation de la composition chimique des matières premières dont la provenance est diverse (Bastianelli *et al.*, 2009); alors que lors de la formulation l'on se base sur les tables disponibles dans la bibliographie. De plus, les deux aliments contiennent des quantités importantes de son de blé (30,5 et 44,5 % resp.) alors que ce dernier est connu pour la forte fluctuation de sa composition chimique selon la composition du blé et les conditions de mouture (Blas *et al.*, 2000). En Algérie, Boudouma (2009) signale que les caractéristiques chimiques du son de blé produit localement présentent une forte variabilité entre les moulins où ils sont produits, mais également au sein d'un même moulin permettant d'avoir, par exemple, des teneurs en protéines variant de 12,4 à

19,1% de MS. A titre d'exemple, pour étayer cette variation de composition chimique des matières premières utilisées, l'aliment témoin utilisé par Kadi *et al.* (2011) et celui utilisé par Kadi *et al.* (2012) dans l'essai de détermination de la valeur nutritive des feuilles de Roseau, sont composés des mêmes ingrédients et aux mêmes proportions (même formule alimentaire); fabriqués au niveau de la même unité d'aliment de bétail; avec une année d'intervalle, leur composition chimique est sensiblement différente notamment en minéraux, NDF, ADF et protéines avec, respectivement, 44,6 ; 21; 10,4 et 10% de différence.

Il est à remarquer qu'un rapide calcul théorique combinant la teneur en protéines et la composition centésimale (taux d'incorporation des matières premières) de l'aliment expérimental (RS) fait ressortir la possibilité de se passer totalement du tourteau de soja au profit soit du Sulla soit du son de blé. En effet, incorporé à 14% le tourteau de soja apporte 6 des 21 points de protéines de cet aliment, 6 points qui sont en excédent. Cet excès des apports en protéines dans les deux aliments conjugué au léger déficit en énergie conduit, logiquement, à rapport PD/ED élevé, qui dépasse largement les récentes recommandations. Selon Carabano *et al.* (2009), un rapport PD/ED de 9,5 est correct et ne paraît pas diminuer les performances de croissance si l'apport en acides aminés est correct.

IV.B. CROISSANCE ET CONSOMMATION ALIMENTAIRE

Au cours de l'expérimentation, 3 lapins ont été perdus dans le lot ayant consommé l'aliment RS alors qu'aucune mortalité n'a été enregistrée dans le lot témoin. Dans le lot RS, les pertes sont enregistrées à la première semaine ce qui peut être attribué au stress causé par le sevrage, au changement de clapier et l'installation en cages (De Blas *et al.*, 2012).

Durant la première période d'engraissement (35-56 j), les lapins ont évolué de la même manière dans les deux lots avec, comme observé généralement, de très bonnes performances (Tableau 2): une croissance de 38 g/j et un indice de consommation de 2,8 en moyenne.

Durant la deuxième période (56-77 j), les performances des lapins ayant consommé l'aliment RS se sont sensiblement détériorées. En effet, si la vitesse de croissance a été maintenue par rapport au lot témoin (près de 32 g/j en moyenne), ce n'est pas le cas des quantités consommées qui ont été beaucoup plus importantes (126 vs 150 g/j, $P < 0,001$). En conséquence, l'indice de consommation s'est sensiblement ($p = 0,021$) détérioré (4,02 vs 4,94). Cette situation serait en relation avec les apports énergétiques qui seraient insuffisants surtout dans l'aliment RS à cause des très faibles apports des feuilles de roseau.

Pour ce qui est de la période globale (35-77j), les deux aliments ont permis aux lapins de réaliser des poids vifs supérieurs à 2 kg en 6 semaines d'engraissement, avec un léger avantage à la limite de la signification pour l'aliment RS : 2,06 kg et 2,22 kg respectivement ($p=0,055$). La vitesse de croissance n'a pas été influencée par le type d'aliment et a été en moyenne de 35,4 g/j malgré l'excès en protéines. Selon Gidenne *et al.* (2010), un excès de protéines n'affecte pas la croissance, mais peut favoriser l'apparition de diarrhée, ce qui n'a pas été le cas dans cet essai.

Tableau 2 : Vitesse de croissance et consommation alimentaire

	Aliment T	Aliment RS	SEM	P
n ¹	25	27		
Période 35-56 j				
Poids vif à 35 j, g	601	745	69	0,15
Poids vif à 56 j, g	1411	1543	72	0,20
Gain de poids, g/j	38,6	37,3	0,83	0,30
Consommation alimentaire, g/j	101,0	113,8	5,1	0,083
Indice de consommation, g/g	2,63	2,88	0,12	0,16
Période 56-77 j				
Poids vif à 77 d, g	2058	2220	58,32	0,055
Gain de poids, g/j	31,7	32,2	1,17	0,76
Consommation alimentaire, g/j	126,4	150,0	3,68	<0,001
Indice de consommation, g/g	4,02	4,94	0,27	0,021
Période 35-77 j				
Gain de poids, g/j	35,3	35,5	0,69	0,80
Consommation alimentaire, g/j	113,9	133,8	3,88	<0,001
Indice de consommation, g/g	3,23	3,86	0,15	0,0093

¹n: nombre de lapins à la fin de la période expérimentale

L'incorporation du foin de Sulla et des feuilles de Roseau n'a donc pas affecté la croissance des lapins. Par contre, le maintien de la vitesse de croissance au même niveau dans les deux lots l'a été au prix d'une élévation de 25% de l'indice de consommation ($p=0,0093$) au niveau du lot RS, du fait de la plus grande consommation de cet aliment par rapport au témoin (134 vs 114 g/j respectivement, $p<0,001$).

La vitesse de croissance obtenue dans cet essai (35,4 g/j) est dans la moyenne de ce que l'on a enregistré sur cette population de lapins et avec des aliments contenant soit du foin de Sulla soit des feuilles de Roseau. La meilleure vitesse de croissance (38 g/j) a été enregistrée avec un aliment contenant 15% de foin de Sulla (Kadi *et al.*, 2011). Quant à la plus faible vitesse de croissance, elle a été de 31,1 g/j enregistré, sur la même population de lapin, avec un aliment contenant 30% de feuilles de Roseau (Kadi *et al.*, 2012). Sur cette même population de lapin, la meilleure vitesse de croissance enregistrée par Lounaouci-Ouyed *et al.* (2008) a

été de 32,05 g/j avec l'aliment témoin. Comparée aux résultats obtenus avec des lapins de population locale colorée, la vitesse de croissance enregistrée ici (35,4 g/j) est largement supérieure à la meilleure valeur (30,5 g/j) signalée par Berchiche *et al.* (2000) et à celle (28 g/j) trouvée par Lakabi *et al.* (2008) ou à celle (23,6 g/j) rapportée par Guemour *et al.* (2010).

Les indices de consommation enregistrés sont en deçà des normes dans les deux lots même si celui enregistré dans le lot témoin est conforme à ce que l'on a l'habitude de trouver dans les mêmes conditions (Lakabi *et al.*, 2008; Lounaouci-Ouyed *et al.*, 2008; Kadi *et al.*, 2011). Cependant, l'aliment RS est le moins efficacement transformé (3,86 vs 3,23 ; $p=0,0093$). Cette situation est logiquement reliée aux consommations, la vitesse de croissance étant hors de cause, qui sont plus importantes dans ce lot (133,8 vs 113,9 g/j; $P=0,0006$) et qui ont nettement augmenté durant la deuxième période (56-77j) d'engraissement (150 vs 126,4 g/j respectivement pour l'aliment RS et T; $p<0,0001$). Résultat de cette surconsommation durant la deuxième période, l'indice de consommation s'est nettement détérioré (4,94 vs 4,02 respectivement pour l'aliment RS et T; $p=0,021$) alors qu'il a été en moyenne de 2,8 durant la première période et ce même si une détérioration est inévitable avec l'augmentation de l'âge des lapins du sevrage à l'âge d'abattage (Xiccato et Trocino, 2010). La concentration en ED des aliments serait la cause de cette surconsommation. En effet, les apports énergétiques seraient en deçà des recommandations dans les deux aliments, mais surtout dans l'aliment RS. Selon Xiccato et Trocino (2010), la concentration en ED explique en grande partie la variabilité des quantités consommées et de l'indice de consommation. Selon ces auteurs, une augmentation de l'ED de l'aliment de 1MJ/kg diminue la consommation de 12 g/j et l'indice de consommation de 0,29 point, diminution de l'indice de consommation que Maertens (2010) estime à 0.15-0.20 points. Par contre, Gidenne et Lebas (2005) signalent que le niveau d'ingestion, par conséquent l'indice de consommation, est mieux corrélé avec la concentration en fibres de l'aliment, qu'avec la concentration en ED.

La valeur de l'indice de consommation enregistré dans le lot RS est la même (3,8) que celle trouvée par Kadi *et al.* (2004) avec un aliment composé de 61 % de son de blé, 20 % de grignon d'olives et 18 % de tourteau de soja. Cette valeur (3,8) est, par contre, meilleure que celle rapportée par Berchiche *et al.* (2000) avec un aliment pourtant témoin (4,5), mais très loin de celle signalée par Mefti-Korteby *et al.* (2010) et qui a atteint 5,6 à 70 jours et même 7,1 à 91 jours.

V. CONCLUSION

L'incorporation du foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*) et des feuilles de Roseau (*Phragmites australis*) dans l'aliment des lapins en croissance, en remplacement de l'orge et de la luzerne déshydratée, a permis de maintenir la vitesse de croissance au même niveau que celle du lot témoin (35,4 g/j) avec, cependant, une élévation significative de l'indice de consommation.

Il est confirmé que l'utilisation de ces deux fourrages dans l'aliment granulé pour lapins en croissance est intéressante.

Cependant, la composition de l'aliment contenant ces deux matières premières n'étant pas tout à fait équilibrée, d'autres investigations, avec des aliments parfaitement équilibrés, mais aussi avec des taux d'incorporation variés, sont nécessaires.

VI. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient yazid Louchami pour avoir mis à leur disposition les lapins utilisés dans cet essai.

VII. RÉFÉRENCES

- Bastianelli D., Epaku O.R., Bonnal L., Grimaud P. 2009. Qualité des matières premières: résultats d'une étude en Afrique de l'Est. Perspectives pour la gestion de la variabilité des matières premières. *RASPA Vol.7 N°S,33-40*.
- Berchiche M., Kadi S. A., Lebas F. 2000. Valorisation of wheat by-products by growing rabbits of local Algerian population. In *Proc.: 7th World Rabbit Congress, 4-7 July, 2000, Valencia, Spain. Vol.C: 119-124*.
- Blas E., Fernandez-Carmona J., Cervera C., Pascual J.J. 2000. Nutritive value of coarse and fine wheat brans for rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 88: 239-251
- Boudouma D. 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Livestock Research for Rural Development*, 21 (10). <http://www.lrrd.org/lrrd21/10/cont2110.htm>
- Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas J.C. 2009. New concepts and objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 17: 1 - 14

- De Blas C., 1994. Nutrition et alimentation du lapin. Cours supérieur de production animale. *Institut agronomique méditerranéen de Saragosse, 10 février au 25 mars.*
- De Blas J.C., Chamorro S., García-Alonso J., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I. , Gómez-Conde M.S., Menoyo D., Nicodemus N., Romero C., Carabano R. 2012. Nutritional digestive disturbances in weaner rabbits. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2011.12.016
- De Blas C., Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. *In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 222-232.*
- EGRAN, 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed *evaluation. World Rabbit Sci., 9: 57-64.*
- Fernández-Carmona J., Soriano J., Pascual J. J., Cervera C. 2004. The prediction of nutritive value of rabbit diets from tables of feed composition. *In Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September, 2004. Puebla, Mexico. 818-823.*
- 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, CABI, 179-199.*
- Gidenne, T. Lebas, F. 2005. Le comportement alimentaire du lapin. *In: Proc. 11èmes Journées Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris, France :183-196.*
- Guemour D., Bannelier C., Della A., Gidenne T. 2010. Nutritive value of sun-dried grape pomace, incorporated at a low level in complete feed for the rabbit bred under magrebian conditions. *World Rabbit Sci., 18:17-25.*
- INRA. 1989. L'alimentation des animaux monogastriques: porcs, lapins, volaille. INRA, 2ème édition, Paris.
- Lakabi D., Lounaouci G., Berchiche M., Lebas F., Lamothe L. 2008. The effects of the complete replacement of barley and soybean meal with hard wheat by-products on diet digestibility, growth and slaughter traits of local Algerian rabbit population. *World Rabbit Sci., 16: 99-106.*
- Lounaouci-Ouyed G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. *In Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona, Italy:123-728.*
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Chebat F. 2004. Inclusion of crude olive cake in growing rabbits diet: Effect on growth and slaughter yield. *In Proc.: 8th World Rabbit Congress, 7-10 September, 2004. Puebla, Mexico. 1202-1207.*

- Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Nutritive value of sun-dried sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19: 151-159.
- Kadi S.A., Ouendi M., Slimani M., Selmani K., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2012b. Nutritive value of common reed (*Phragmites australis*) leaves for rabbits. *10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh 3-6 September 2012. Accepted.*
- Maertens L. 2010. Feeding Systems for Intensive Production. In: De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), *Nutrition of the rabbit*, CABI, 253-266.
- 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.
- Mefti-Korteby H., Kaidi R., Sid S. Daoudi O. 2010. Growth and reproduction performance of the algerian endemic rabbit. *European Journal of Scientific Research* 40 (1): 132 -143.
- Sauvant D., Perez J.M., Tran G., 2004. Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porc, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. 2^{ème} Edition revue et corrigée. INRA Editions, Paris, 301p.
- Villamide M.J., Fraga M.J. 1998. Prediction of the digestible crude protein and protein digestibility of feed ingredients for rabbits from chemical analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 70: 221-224.
- Xiccato G., Trocino A. 2010. Feed and energy intake in rabbits and consequences on farm global efficiency. *The 6th Inter. Con. on Rabbit Prod. in Hot Clim., Assiut, Egypt, 1-18.*



PARTIE 5: ASSOCIATION DES FEUILLES SÈCHES DE FIGUIER (*FICUS CARICA*) ET DU FOIN DE SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) EN ALIMENTATION DU LAPIN EN ENGRAISSEMENT

En parallèle de l'étude précédente concernant l'association, dans un même aliment pour lapins en croissance, du foin de Sulla et des feuilles de Roseau, nous avons mis en place un essai à travers lequel nous voulions vérifier la possibilité de valorisation par le lapin en croissance des feuilles de Figuier (*Ficus carica*). L'intérêt pour ces dernières se trouve justifié par leur composition chimique (près de 14 % PB et 30 % NDF), leur abondante disponibilité après la récolte du fruit en automne, leur caractère de coproduit ainsi que leur utilisation courante en alimentation animale notamment celle des ruminants.

Nous avons voulu aussi associer aux feuilles de figuier du foin de Sulla, comme source de protéines et de fibres, mais également dans une tentative de formulation d'un aliment (F1) complet, simplifié, avec exclusivement des matières premières récoltées ou produites localement.

ASSOCIATION OF FIG-TREE LEAVES (*FICUS CARICA*) AND SULLA HAY (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) IN THE DIET OF GROWING RABBITS: EFFECT ON THE GROWTH PERFORMANCES

Article in preparation

Keywords: rabbit, growth performance, Fig-tree leaves, *Ficus carica*, Sulla hay, *Hedysarum flexuosum*.

Abstract:

Association of fig-tree leaves (*Ficus carica*) and Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*) in the diet of growing rabbit: Effect on the growth performances

Eighty five Algerian white population rabbits were used to study the effect on the growth performances of fig-tree (*Ficus carica*) leaves incorporated in pelleted diet in association with Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*). At weaning (35 d, 674±390 g), the rabbits were divided in three groups (individually caged) and received *ad libitum* one of the three diets during six wk. The control diet was classic diet and content barley, dehydrated alfalfa, soya bean meal and wheat bran. The experimental diets were formulated to contain a same amount of Sulla hay (25 %) and increasing inclusion rate of fig-tree leaves (FF) either 15 % (F1) or 30 % (F2). Besides, the diet F1 was simplified, containing only wheat bran in addition to the Sulla hay and fig-tree leaves, and formulated to contain only raw materials available locally. During the whole period (35-77 d), feed intake was at the same level in with the three diets (121,3 g/d on average), whereas growth was better with in group F1 than in group F2 (37.67 vs 32.9 ; $p<0.0002$), without differences in the two cases with the control. Thus, the feed conversion ratio was similar in the three groups (3.37). According, fig-tree leaves (*Ficus carica*) could be incorporated in pellet diet for fattening rabbits without negative effect on health and the zootechnic performances. The association with those leaves with Sulla hay (*Hedysarum flexuosum*), in replacement of barley, dehydrated alfalfa and soya bean meal permitted substantial performances as those of control diet.

ASSOCIATION DES FEUILLES DE FIGUIER (*FICUS CARICA*) ET DU FOIN DE SULLA (*HEDYSARUM FLEXUOSUM*) EN ALIMENTATION DU LAPIN EN CROISSANCE: EFFET SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE

Article en préparation

Mots clés : Lapin, Performances de croissance, Feuilles de Figuier, *Ficus carica*, Foin de Sulla, *Hedysarum flexuosum*.

I. RESUME

Quatre-vingt-cinq lapins de population locale blanche ont été utilisés pour étudier l'effet sur les performances de croissance de l'incorporation, dans l'aliment granulé, des feuilles de Figuier (*Ficus carica*; 12,8% ; 30,6% et 15 % MS respectivement de PB, NDF et ADL) associées au foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*). Au sevrage (35 j, 674±390 g), les lapins ont été repartis en trois lots, logés individuellement et recevaient *ad libitum* un des trois aliments durant six semaines. Le témoin (T) a été un aliment classique contenant de l'orge, de la luzerne déshydratée, du tourteau de soja et du son de blé. Les deux aliments expérimentaux ont été formulés pour contenir un même taux de foin Sulla (25%) et des taux croissants de feuilles de Figuier (FF) soit 15 % (F1) soit 30 % (F2). De plus, l'aliment F1 a été simplifié, contenant uniquement du son de blé en plus du foin de Sulla et des feuilles de Figuier, et formulé pour ne contenir que des matières premières disponibles localement. Durant la période globale (35-77 j), la consommation a été similaire entre les trois aliments (121 g/j en moyenne), alors que la vitesse de croissance a été meilleure dans le lot F1 que dans le lot F2 (37,67 vs 32,9 ; $P<0,001$), sans différences dans les deux cas avec le témoin. Aussi, l'indice de consommation de l'aliment a été au même niveau dans les trois lots (3,37). Les feuilles de Figuier (*Ficus carica*) peuvent être incorporées dans l'aliment granulé pour lapins en engraissement sans effets négatifs sur leur santé et leurs performances zootechniques. L'association de ces feuilles avec le foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*), en remplacement de l'orge, de la luzerne déshydratée et du tourteau de soja, a permis des performances appréciables au même niveau que celles de l'aliment témoin.

II. INTRODUCTION

Dans un pays comme l'Algérie où l'alimentation des monogastriques en général est basée quasiment sur des matières premières importées et coutants excessivement chères, l'usage plus intensif de fourrages peut être une alternative pour nourrir les lapins en élevage rationnel, en profitant de la capacité de cette espèce à digérer les sources fibreuses.

En ce sens, nous avons récemment déterminé la valeur nutritive pour le lapin, du Sulla (*Hedysarum flexuosum*) à deux différents stades de coupe (Kadi *et al.*, 2011 ; Kadi *et al.*, 2012a) ainsi que celle des feuilles de Roseau (*Phragmites australis*) au stade floraison (Kadi *et al.*, 2012b).

Le figuier (*Ficus carica* L, famille des Moraceae), arbre méditerranéen par excellence, est largement disponible en Algérie et notamment en Kabylie. Son fruit, la figue notamment à l'état sec, a de tout temps constitué "l'aliment du pauvre" dans la région, et sa valeur pharmacologique, ainsi d'ailleurs que celle des feuilles, est confirmée que ce soit pour l'homme (Oliveira *et al.*, 2009; Patil et Patil, 2011) ou l'animal (Viegi *et al.*, 2003). Les feuilles de cet arbre, riches en fibres, sont aussi couramment utilisées dans l'alimentation des petits ruminants (Le Houerou, 1980 ; Paterson et Clinch, 1993). Dans les conditions algériennes, le Figuier est l'un des arbres fruitiers qui offrent, après récolte des fruits et aoûtement, une masse foliaire verte susceptible d'être utilisée dans l'alimentation de sauvegarde des petits ruminants (Houmani *et al.*, 2008),

Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*), légumineuse disponible localement, présente une valeur nutritive appréciable pour les lapins en engraissement : près de 9 MJ/kg MS d'énergie digestible et 71 voire 145g/kg MS de protéines digestibles selon son stade de coupe (Kadi *et al.*, 2011, 2012a).

L'on se propose dans cet essai d'étudier l'effet de l'incorporation des feuilles de Figuier (*Ficus carica*), associées au foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*), dans l'aliment granulé sur les performances zootechniques des lapins en croissance.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

III.A. LES ALIMENTS EXPERIMENTAUX

Le Sulla (*Hedysarum flexuosum*) a été récolté, au printemps (stade début floraison), au niveau de la région de Oued-Aissi à Tizi-Ouzou et séché naturellement par étalage au soleil au niveau

du CFPA de Mechtras où sont récoltées (à la fin de l'automne) et séchées les feuilles de Figuier (*Ficus carica*). Ces deux matières premières sont ensuite broyées et acheminées à l'UAB SARL "Production locale" à Bouzareah (Alger) pour la fabrication des aliments granulés.

Deux aliments expérimentaux (F1 et F2) contenant chacun 25% de foin de Sulla et soit 15% (F1) soit 30% (F2) de feuilles séchées de Figuier (FF), en remplacement total de la luzerne et de l'orge (Tableau 1), ont été formulés pour répondre aux recommandations nutritionnelles des lapins en croissance (De Blas et Mateos, 2010). Ils ont été comparés à un aliment témoin (T) classique, à base du tourteau de soja, de luzerne et d'orge. Aucun anticoccidien ni antibiotique n'a été rajouté aux trois aliments. L'aliment F1 a été simplifié, basé sur trois ingrédients (son de blé, foin de Sulla et FF), et formulé pour répondre aux recommandations nutritionnelles courantes pour le lapin en engraissement (De Blas and Mateos, 2010) et ne contenir que des matières premières disponibles (récoltées ou produites) localement.

III.B. LES ANIMAUX ET DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION

L'essai a été réalisé au niveau du clapier pédagogique du CFPA de Mechtras. Quatre-vingt-cinq lapereaux de population locale blanche, nés et sevrés au sein d'un clapier privé limitrophe de l'établissement, ont été répartis selon le poids vif initial et l'origine de la portée, à raison de 25 pour le lot T, 30 pour le lot F1 et 30 pour le lot F2. Ils ont été placés dans des cages individuelles entièrement métalliques disposées en flat-deck et alimentés *ad libitum* avec un des 3 aliments, durant 6 semaines. Le poids vif et la consommation alimentaire ont été mesurés chaque semaine alors que le contrôle de la mortalité a été quotidien, suivant les recommandations de l'EGRAN pour les essais sur l'alimentation des lapins rapportées par Fernández-Carmona *et al.* (2005). L'abreuvement a été automatique (tétines) et *ad libitum*.

III.C. ANALYSES CHIMIQUES

Les analyses chimiques des aliments ont été réalisées au niveau de l'INRA (UMR 1289 TANDEM) de Toulouse (France), selon les procédures européennes harmonisées (EGRAN, 2001): humidité, cendres, matières azotées totales (N x 6,25, méthode Dumas, Leco), énergie et fibres (NDF, ADF et ADL) selon la méthode séquentielle de Van Soest.

III.D. ANALYSES STATISTIQUES

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance (procédure GLM logiciel SAS) en prenant en compte le facteur lot.

IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION

IV.A. CARACTERISTIQUES NUTRITIONNELLES DES ALIMENTS

La composition des FF (Tableau 1) est remarquable en plusieurs points. La teneur en minéraux de ces feuilles est de loin supérieure à l'ensemble de celle des matières premières qui entre habituellement dans les aliments destinés aux lapins en élevage rationnel et résumées dans les tables EGRAN par Maertens *et al.* (2002). Au niveau de ces dernières (tables), seule la paille de riz présente une teneur sensiblement proche de celle des FF (16,2 vs 16,5 %). Benoudia (1999), sur la même matière première (FF) récoltée avant la sénescence dans une région de Blida, rapporte une teneur en minéraux encore plus élevée (19,8 %) alors que Alibes et Tisserand (1981) et Gohl (1981) ont signalé respectivement 18,8% et 16,7% de minéraux. De ce fait, la teneur en minéraux des aliments est substantiellement augmentée par les FF, mais aussi par le foin de Sulla riche aussi en minéraux (Tableau 1).

Le taux de protéines dans les aliments diminue avec l'incorporation des FF (moins deux points de l'aliment F1 à F2). Cependant, ces teneurs en protéines (Tableau 1), y compris celle de l'aliment Témoin, dépassent largement les besoins recommandés pour ce type de lapins par Carabano *et al.* (2009) et De Blas et Mateos (2010). Si cet excès peut être imputé, en partie, au taux d'incorporation du tourteau de soja au niveau de l'aliment témoin et l'aliment F2, ce n'est pas le cas au niveau de l'aliment F1. En effet, l'aliment F1, composé exclusivement de matières premières récoltées ou produites localement, ne contient pas de tourteau de soja. La première explication serait celle des apports protéiques sous-estimés du foin de Sulla. En effet, lors de la formulation, les apports protéiques du Sulla étaient estimés à 16,6 % MS comme rapporté par Kadi *et al.* (2011) pour cette légumineuse au stade floraison. Or, coupé à un stade moins tardif comme dans le cas de cette étude, le Sulla aurait un niveau d'apport en protéines nettement meilleur et estimé à 22,5 % MS par Kadi *et al.* (2012a). La deuxième explication de cette teneur élevée en protéines au niveau de l'aliment F1, ce qui d'ailleurs concernerait aussi l'aliment témoin, serait liée aux apports protéiques du son de blé qui seraient aussi sous-estimés. En effet, lors de la formulation des aliments on s'est basé sur les valeurs indiquées au niveau des tables de références EGRAN (Maertens *et al.*, 2002) et qui attribuent au son de blé une teneur en protéines de 15 % MS alors que Boudouma (2009) rapporte que les teneurs en protéines des sons de blé produits en Algérie peuvent varier de 12,4 à 19,1 % MS et recommande d'ailleurs d'utiliser avec prudence les informations rapportées dans les tables et concernant la composition chimique de ce coproduit.

Tableau 1 : Composition des aliments expérimentaux, des feuilles de Figuier (FF) et du foin de Sulla

<i>Ingrédients (%)</i>	Aliment Témoin	Aliment F1	Aliment F2	Feuilles de Figuier	Foin de Sulla*
Feuilles de figuier	-	15	30		
Foin de Sulla	-	25	25		
Mais	-	-	28,5		
Tourteau de soja	13	-	15		
Son de blé dur	30,5	58,5	-		
Orge	20	-	-		
Luzerne déshydratée	35	-	-		
Sel	0,5	0,5	0,5		
Premix ¹	1	1	1		
<i>Composition chimique, g/kg MS</i>					
Matière sèche (g/kg brut)	906	877	869	879	885
Matières minérales	130,1	115,4	144,7	165,5	142
Protéines brutes	209,3	209,5	189,0	128,1	165,7
NDF	401,6	288,3	337,2	306,0	486,4
ADF	176,6	127,6	152,3	172,1	345,3
ADL	45,0	48,8	69,1	150,1	90,3
EB, MJ/kg	18,37	18,46	17,14	16,40	17,02
ED, MJ/kg	11,43 ^μ	12,63 ^μ	11,01 ^μ	-	8,9 [*]
PD, g/kg	148 [#]	149 [#]	131 [#]	-	71,1 [*]
PD/ED, g/MJ, MS	12,94	11,79	11,89	-	-

¹Fourni par Bouhzila (Sétif, Algeria). Composition en minéraux et vitamines (g/kg premix): Se, 0.025; Mg, 5; Mn, 7.5; Zn, 7.5; I, 0.12; Fe, 3.6; Cu, 2.25; Co, 0.04; thiamin, 0.1; riboflavin, 0.45; calcium d-pantothenate, 0.6; pyridoxine, 0.15; biotin, 0.0015; nicotinic acid, 2; choline chloride, 35; folic acid, 0.4; vitamin K₃, 0.2; dl-α-tocopheryl acetate, 1.35; biotin, 0.0015; folic acid, 0.04; cyanocobalamin, 0.0006; vitamin A, 850000 IU; vitamin D3, 170000 IU.

* : d'après Kadi *et al.* (2011) ;

^μ estimé par l'équation de Maertens *et al.* (1988): ED(MJ/kg MS) = 0,8 - 0,230 ADF (%MS) + 0,80 EB (MJ/Kg MS)

[#] estimé par l'équation de Villamide et Fraga (1998): PD (g/kg) = - 34,67 + 0.876 x PB (g/kg)

Selon Bastianelli *et al.* (2009), la composition des matières premières importées en Afrique, du fait de leur origine diverse, n'est pas constante et sa variation peut avoir des conséquences non négligeables sur la formulation. De plus, et selon les mêmes auteurs, les matières premières disponibles au niveau national ou local peuvent être sensiblement différentes des standards internationaux. Ce fait est d'autant plus important s'agissant des coproduits des industries agroalimentaires comme le son de blé, influencé en plus par la conduite technique et les types de diagramme de mouture appliqués dans les moulins (Boudouma, 2009).

Ceci en plus des apports protéiques non négligeables des FF qui sont de près de 13% de MS dans cette étude et qui peuvent atteindre 14,2% au niveau des feuilles fraîches selon Gohl (1981). Par conséquent, les apports en protéines digestibles sont supérieurs aux recommandations pour ce type de lapins.

Les apports en ED au niveau des trois aliments, estimés par l'équation de Maertens *et al.* (1988), semblent conformes aux recommandations pour les lapins en croissance.

Les apports en fibres sont à la limite inférieure des recommandations au niveau des trois aliments et pour les trois paramètres NDF, ADF et ADL. Cependant, les teneurs en NDF sont largement supérieures aux recommandations dans l'aliment témoin et ceux en ADL dans l'aliment F2 à cause du doublement du taux de FF assez riches en lignines, alors que ceux en ADF y sont inférieurs surtout dans l'aliment F1.

IV. B. CROISSANCE ET CONSOMMATION ALIMENTAIRE

Les FF (*Ficus carica*) ne semblent pas poser de problèmes aux lapins même incorporées à hauteur de 30% comme dans l'aliment F2. Tout au long de l'expérimentation, aucune mortalité n'a été enregistrée au niveau des trois lots.

Comme habituellement remarqué, les performances des lapins enregistrées durant la période post sevrage (35-56 j) ont été les meilleures (Tableau 2). Cependant, si la consommation ne semble pas être influencée ni par l'incorporation des FF ni par leur taux dans l'aliment, ce n'est pas le cas de la vitesse de croissance qui est meilleure ($p < 0,0004$) dans le lot de lapins ayant consommé moins de FF (F1).

Tableau 2 : Vitesse de croissance et consommation alimentaire

	Alim. T	Alim. F1	Alim. F2	SEM	P
n ¹	25	30	30		
Période 35-56 j					
Poids vif à 35 j, g	601	702	704,5	75	0,55
Poids vif à 56 j, g	1411	1537	1424,3	85	0,504
Gain de poids, g/j	39 ^a	39,9 ^a	34,5 ^b	0,98	<0,001
Consommation, g/j	102,8	100,3	105,8	5,60	0,78
Indice de consommation,	2,63	2,66	3,02	0,12	0,055
Période 56-77 j					
Poids vif à 77 d, g	2058	2267	2086,1	73	0,091
Gain de poids, g/j	31,4	35,3	31,3	1,15	0,034
Consommation, g/j	126,2 ^b	133,8 ^{ab}	142,4 ^a	4,15	0,047
Indice de consommation,	3,92	3,82	4,15	0,16	0,35
Période 35-77 j					
Gain de poids, g/j	35,3 ^{ab}	37,67 ^a	32,9 ^b	0,77	<0,001
Consommation, g/j	113,9	123,8	126,1	4,98	0,20
Indice de consommation	3,23	3,27	3,62	0,12	0,067

¹n: nombre de lapins à la fin de la période expérimentale

Durant la deuxième période (56-77 j), la vitesse de croissance a été sensiblement la même au niveau des trois lots (32,6 g/j en moyenne). La consommation d'aliment a été à la limite de la signification ($p=0,047$) et est un peu plus faible dans le lot témoin (- 6%).

Pour la période globale (35-77j), le poids vif de 2 kg a été atteint dans les trois lots. La consommation a été au même niveau avec les trois aliments (121,3 g/j en moyenne), alors que la vitesse de croissance a été meilleure dans le lot F1 que dans le lot F2 (37,7 vs 32,9 ; $P<0,001$), sans différences dans les deux cas avec le témoin. Aussi, l'indice de consommation de l'aliment a été au même niveau dans les trois lots (3,37).

Les vitesses de croissance obtenues dans cet essai soit 36,5 g/j (moyenne entre les aliments T et F1) et 34,1 g/j (moyenne entre les aliments T et F2) sont dans la fourchette de ce que l'on a enregistré sur cette population de lapins (Kadi *et al.*, 2011; 2012b). Cependant, ces performances sont supérieures à celles rapportées jusque-là avec cette population de lapins : 33,6 ; 32,1 et 28,1 g/j enregistrées respectivement par Zerrouki *et al.* (2008), Lounaouci-Ouyed *et al.* (2008) et Lounaouci-Ouyed *et al.* (2011).

Les indices de consommation enregistrés dans cet essai sont dans les normes et au même niveau dans les trois lots (3,37 en moyenne).

Les performances permises par l'aliment F1, simplifié et composé exclusivement de matières premières locales, sont très encourageantes. En effet, le gain de poids journalier enregistré avec cet aliment (37,6 g/j) est nettement meilleur que celui (28,1 g/j) obtenu par Lounaouci-Ouyed *et al.* (2011), sur la même population de lapin ayant consommé un aliment témoin, classiquement utilisé par les éleveurs et formulé à base de tourteau de soja (20 %), de luzerne déshydratée (30 %) et de, Maïs (27 %) soit à 77 % de matières premières importées.

Dans les conditions réelles de production de lapins en Algérie au jour d'aujourd'hui, l'aliment F1 ou même l'aliment F2 qui ne permet "que 33 g/j" de gain de poids, même en gardant dans les deux cas une marge d'amélioration, seraient très intéressants. En effet, au regard des performances permises par ces deux aliments et les matières premières qui les composent, ils sont largement concurrentiels de ceux disponibles sur le marché, fabriqués à base de matières premières importées (luzerne déshydratée, tourteau de soja, orge et maïs), revenant excessivement chers et parfois "gaspillés" car mal formulés.

V. CONCLUSION

Les feuilles de Figuier (*Ficus carica*) peuvent être incorporées dans l'aliment granulé pour lapins en engraissement en élevage rationnel sans effets négatifs sur leur santé et leurs performances zootechniques.

L'association de ces feuilles avec le foin de Sulla (*Hedysarum flexuosum*), en remplacement de l'orge, de la luzerne déshydratée et du tourteau de soja, a permis des performances appréciables au même niveau que celles de l'aliment témoin.

Il reste que ces résultats doivent être confirmés avec un plus grand nombre de lapins en conditions réelles d'élevage, comme ils peuvent aussi être améliorés avec une meilleure combinaison de ces matières premières permettant des apports alimentaires conformes aux recommandations.

VI. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient yazid Louchami pour avoir mis à leur disposition les lapins utilisés dans cet essai.

VII. RÉFÉRENCES

- Alibes X., Tisserand J.L. 1981. Tableaux de la valeur alimentaire pour les ruminants des fourrages et sous-produits d'origine méditerranéenne. *Options Méditerranéennes, Série Études*, 89 p. <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/s02/CI010868>.
- Bastianelli D., Epaku O.R., Bonnal L., Grimaud P. 2009. Qualité des matières premières: résultats d'une étude en Afrique de l'Est. Perspectives pour la gestion de la variabilité des matières premières. *RASPA Vol.7 N°S,33-40*.
- Benoudia M. 1999. Composition chimique, ingestibilité et digestibilité des feuilles de figuier (*Ficus carica* L) et de pêcher (*Prunus persica* L). *Mémoire d'ingénieur. Univ. S. DAHLAB de Blida*.
- Boudouma D. 2009. Composition chimique du son de blé dur produit par les moulins industriels algériens. *Livestock Research for Rural Development. Volume 21, Article # 167*.<http://www.lrrd.org/lrrd21/10/boud21167.htm>
- Carabaño R., Villamide M.J., García J., Nicodemus N., Llorente A., Chamorro S., Menoyo D., García-Rebollar P., García-Ruiz A.I., De Blas J.C. 2009. New concepts and

- objectives for protein-amino acid nutrition in rabbits: a review. *World Rabbit Sci.*, 17:1-14.
- De Blas C., Mateos, G.G. 2010. Feed formulation. In: *De Blas, C., Wiseman, J. (Eds.), Nutrition of the rabbit, CABI, 222-232.*
- Gohl B. 1981. Tropical feeds: Feed information summaries and nutritive values. FAO Animal Production and Health Series No.12. Rome: Food and Agriculture Organization (FAO).
- EGRAN 2001. Technical note: Attempts to harmonise chemical analyses of feeds and faeces, for rabbit feed evaluation. *World Rabbit Sci.*, 9: 57-64.
- Fernandez-Carmona J., Blas E., Pascual J.J., Maertens L., Gidenne T., Xiccato G., Garcia J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 13: 209-228.
- Houmani M., Benali D.N., Chermiti A. 2008. Feuilles d'arbres fruitiers : aliment de sauvegarde pour les petits ruminants. *Recherche Agronomique* 21: 93-100
- Kadi S.A., Guermah H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Nutritive value of sun-dried Sulla (*Hedysarum flexuosum*), and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Sci.*, 19:151-159.
- Kadi S.A., Belaidi-Gater N., Oudai H., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2012a. 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. Accepted.
- Kadi S.A., Ouendi M., Slimani M., Selmani K., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. 2012b. Nutritive value of common reed (*Phragmites australis*) leaves for rabbits. 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh 3-6 September 2012. Accepted.
- Le Houerou H.N. 1980. Fourrages ligneux en Afrique du nord. In: *Le Houerou H.N. (eds.), Les fourrages ligneux en Afrique: état actuel des connaissances. Addis Abeba, Ethiopie, 8-12 Avril, 1980, Centre international pour l'élevage en Afrique, 57-84.*
- Lounaouci-Ouyed G., Lakabi-Ioualitene D., Berchiche M., Lebas F. 2008. Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality. In *Proc.: 9th World Rabbit Congress, June 10-13, 2008, Verona, Italy:123-728.*
- Lounaouci-Ouyed G., Berchiche M., Gidenne T. 2011. Effets de l'incorporation de taux élevés (50 à 60%) de son de blé dur sur la mortalité, la digestibilité, la croissance et la composition corporelle de lapins de population blanche dans les conditions de production algériennes. *14èmes J. Rech. Cunicole Fr.*, 22-23 novembre 2011, 13-16.

- 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: 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.
- Oliveira A.P., Valentão P., Pereira J. A., Silva B.M., Tavares F., Andrade P.B. 2009. *Ficus carica* L.: Metabolic and biological screening. *Food and Chemical Toxicology* 47: 2841–2846.
- Paterson R.T., Clinch N.J.L. 1993. Use of Trees by Livestock 7: *Ficus*. Chatham, UK: Natural Resources Institute. 26p.
- Patil Vikas V., Patil Vikas R. 2011. Evaluation of anti-inflammatory activity of *Ficus carica* leaves. *Indian Journal of Natural Products and Resources* 2(2): 151-155
- Viegi L., Pieroni A., Guarrera P.M., Vangelisti R. 2003. A review of plants used in folk veterinary medicine in Italy as basis for a databank. *Journal of Ethnopharmacology* 89:221–244
- 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, 211–224
- 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*.

DISCUSSION GÉNÉRALE

L'objectif principal assigné à cette thèse a été la caractérisation de quelques matières premières disponibles localement, sources principalement de fibres, alternatives à la luzerne déshydratée en alimentation du lapin en croissance.

Parmi les sources alternatives, trois matières premières ont fait l'objet d'investigations, à des degrés différents dans cette thèse : le *Sulla flexuosa* (*Hedysarum flexuosum*), les feuilles de roseau commun (*Phragmites australis*) et les feuilles de figuier (*Ficus carica*).

Le *Sulla flexuosa*, légumineuse endémique à l'Afrique du Nord, a pris la part la plus importante de ce travail. Après avoir déterminé sa valeur nutritive à deux différents stades de coupe et par deux différentes méthodes (parties 1 et 2), nous l'avons associé dans un aliment granulé pour lapins en croissance avec les feuilles de roseau commun (partie 4), et les feuilles de Figuier (partie 5). Nous avons au préalable déterminé la valeur nutritive de ces mêmes feuilles de Roseau (partie 3).

Le résultat principal à retenir de **la partie 1** est la valeur nutritive du ***Sulla flexuosa*** au stade floraison, utilisé sous forme sèche (foin). À ce stade, cette plante apporte aux lapins en croissance près de **9 MJ/ kg MS d'énergie digestible et 71 g/ kg MS de protéines digestibles**, en plus de **ses apports en fibres (495 g/kg MS de NDF** à ce stade phénologique). Le stade de coupe choisi dans cette partie étant tardif (floraison), la composition chimique et la valeur nutritive de la plante étaient certainement affectées. Quelle serait alors la valeur nutritive du *Sulla* s'il était utilisé à un stade phénologique précoce ?

Nous avons répondu à cette question dans **la partie 2** où nous avons déterminé donc la valeur nutritive de cette légumineuse au stade début bourgeonnement, cette fois par la méthode directe. Effectivement, coupée à un stade plus jeune, le *Sulla* voit sa composition chimique et sa valeur nutritive nettement améliorées surtout du point de vue protéique : **225 g de protéines brutes/ kg MS pour 145 g de protéines digestibles/ kg MS ainsi que 9,2 MJ/ kg MS d'énergie digestible**.

Dans la partie 1, le *Sulla* a permis, malgré le déséquilibre des aliments, à cause de la méthode utilisée (substitution), **des vitesses moyennes de croissance de 38 et 35 g/j** et des **consommations moyennes de 122 et 119 g/j** respectivement pour le taux d'incorporation de 15 % et celui de 30 % .

Dans la partie 2 où il a été utilisé seul en vert (méthode directe), le *Sulla* a non seulement permis aux lapins de couvrir leurs besoins d'entretien, mais aussi de réaliser une croissance moyenne de **19 g/j sur l'ensemble de la période de l'essai avec une moyenne de 26,5 g/j** à la fin de la première semaine.

Par conséquent, **le Sulla flexuosa s'avère une source équilibrée pour le lapin**, apportant et des fibres et des protéines; type de matière première particulièrement recherchée lors de la formulation des aliments pour lapins en élevage rationnel. **Le Sulla peut donc largement concurrencer voire remplacer la luzerne déshydratée dans ce type d'aliments.**

Selon la bibliographie, le Sulla flexuosa (*Hedysarum flexuosum*) ne semble pas être différente, du point de vue composition chimique et valeur nutritive, de l'autre espèce du même genre à savoir *Hedysarum coronarium*, seule espèce de Sulla cultivée à ce jour, qui elle est beaucoup plus disponible à travers le monde et surtout en Italie et en Australie, mais aussi en Algérie à l'état spontané. Plus encore, cette proximité entre ces deux espèces est récemment confirmée sur le plan génomique par Chennaoui-Kourda *et al.* (2012) grâce à l'étude de fragments d'ADN.

Par ailleurs, nous nous sommes intéressés aux **feuilles de roseau commun (*Phragmites australis*)** principalement pour leur teneur en fibres et protéines, vu qu'elles sont utilisées en alimentation du bétail, mais inconnues en élevage rationnel du lapin. Nous avons commencé donc par déterminer leur valeur nutritive pour le lapin, après le stade floraison (**partie 3**). Il s'avère qu'à ce stade de croissance, les feuilles de roseau commun sont une **source très élevée de fibres (64 % NDF)**, mais présentent une valeur nutritive médiocre: **apports nuls en énergie digestible et de près de 32 g/kg MS en protéines digestibles**. À l'instar des pailles (Lebas, 2004), les feuilles de roseau récoltées tardivement sont pauvres du point de vue valeur nutritive, mais peuvent constituer **une excellente source de fibres**. Cependant, lors de leur utilisation, il serait nécessaire de tenir compte de la possibilité de présence d'éléments toxiques (Cu, Pb, ...), le roseau commun étant réputé comme plante dépolluante.

À ce stade de nos investigations, l'on a retenu que le Sulla flexuosa est une source équilibrée pour le lapin; elle est riche en protéines et fibres alors que les feuilles de Roseau commun récoltées après floraison sont quasiment une source de lest seulement. Nous avons donc cherché, dans **une quatrième partie**, à formuler et tester chez le lapin en croissance, un aliment granulé associant ces deux matières premières à savoir le foin de Sulla flexuosa et les feuilles de roseau commun en remplaçant totalement l'orge et la luzerne déshydratée. L'aliment contenant ces deux matières premières (à hauteur de 40%) a permis de maintenir la vitesse de croissance au même niveau que celle du témoin soit **34,4 g/j** avec toutefois une détérioration de l'indice de consommation dû à la surconsommation de cet aliment. Même si d'autres investigations, avec des aliments parfaitement équilibrés et avec des taux d'incorporation variés de ces deux matières premières sont nécessaires, il est tout de même

confirmé, comme rapporté dans la bibliographie (Nicodemus *et al.*, 2007), que la **combinaison de ces deux sources de fibres** est bénéfique au remplacement de la source principale qu'est la luzerne.

Dans le même objectif de diversifier les sources de fibres en alimentation du lapin en croissance, nous avons dans **un cinquième essai** cherché à tester la possibilité d'incorporer dans un aliment granulé équilibré des **feuilles séchées de figuier (*Ficus carica*)**. Incorporées à 15 et 30 %, ces feuilles ont permis des résultats appréciables, justifiants de pousser les investigations notamment de déterminer leur valeur nutritive. Dans cet essai, nous avons aussi essayé de tester **un aliment simplifié** (aliment F1) et **composé exclusivement de matières premières locales : les feuilles de figuier, le foin de Sulla et le son de blé**. Cet aliment a permis des performances appréciables notamment une croissance de pas moins de **37,6 g/j** pour un indice de consommation de **3,2** soit au même niveau que celles permises par l'aliment témoin.

La composition chimique et la valeur nutritive des matières premières étudiées sont résumées dans le Tableau 1 alors que les performances moyennes de croissance sont résumées dans le Tableau 2.

Tableau 1. Composition chimique (g/kgMS) et valeur nutritive des matières premières étudiées

	MS	MM	PB	EB	NDF	ADF	ADL	ED	PD
Sulla stade floraison	885	142	166	17	486	345	90	8,9	71,1
Sulla Stade bourgeonnement	579	157	225	18	490	343	108	9,2	145,1
Feuilles de Roseau	932	121	102	17,3	642	380	107	-1,8	32
Feuilles de Figuier	879	165,5	128,1	16,40	306,0	172,1	150,1	-	-

MS: g/kg brut ; EB: MJ/kg ; ED: MJ/kg ; PD: g/kg MS

Tableau 2. Performances moyennes de croissance réalisées par les lapins de population locale blanche dans les essais où ils sont alimentés avec un aliment granulé

	Gain de poids (g/j)	Consommation alimentaire (g/j)	Indice de consommation
Partie 1: Détermination de la valeur nutritive du foin de Sulla au stade floraison^μ			
Aliment 0% Foin de Sulla	37,6	125	3,34 ^a
Aliment 15% Foin de Sulla*	38,0	122	3,14 ^b
Aliment 30% Foin de Sulla*	35,9	119	3,36 ^a
SEM	0,80	2,59	0,04
P	0,17	0,33	<0,001
Partie 3: Détermination de la valeur nutritive des feuilles de Roseau^{μ μ}			
Aliment 0% Feuilles de roseau	34,2 ^a	119,9 ^{ab}	3,59 ^b
Aliment 15% Feuilles de Roseau*	31,8 ^b	114,4 ^b	3,64 ^b
Aliment 30% Feuilles de Roseau*	31,1 ^b	129,5 ^a	4,16 ^a
SEM	0,62	2,85	0,09
P	0,002	0,001	<0,001
Partie 4: association du foin de Sulla et des feuilles de Roseau^{μ μ}			
Aliment Témoin	35,3	113,9	3,23
Aliment expérimental	35,5	133,8	3,86
SEM	0,69	3,88	0,15
P	0,80	<0,001	0,0093
Partie 5: association du foin de Sulla et des feuilles de Figuier^{μ μ}			
Aliment Témoin	35,3 ^{ab}	113,9	3,23
Aliment F1 (15% Feuilles de figuier)	37,67 ^a	123,8	3,27
Aliment F2 (30% Feuilles de figuier)	32,9 ^b	126,1	3,62
SEM	0,77	4,98	0,12
P	<0,001	0,20	0,067

* : Aliments déséquilibrés à cause de la méthode utilisée (substitution)

^μ : Sept semaines d'engraissement (35-84 j) ; ^{μ μ} : Six semaines d'engraissement (35-77 j)

Les moyennes affectées de lettres différentes au sein d'une même colonne diffèrent significativement au seuil de P < 0,05

Les résultats obtenus dans les cinq parties de cette thèse confortent notre choix quant aux matières premières testées comme sources de fibres en alimentation des lapins en croissance. Cependant, il s'avère que le *Sulla flexuosa* n'est pas seulement une source de fibres, mais aussi de protéines avec des teneurs très appréciables à hauteur de celles de la luzerne de qualité.

Aussi, l'impact de ces matières sur la santé du lapin en croissance et les optimums de leurs incorporations dans les formules alimentaires doivent être testés 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 économique est l'un des plus importants. En effet, il faudrait analyser le "prix" de la formulation avec ces matières premières locales (coût de production, de collecte,...etc.) et les situer par rapport à celles importées.

L'autre point à explorer est la disponibilité réelle et la conservation de ces matières premières pour leur utilisation à une échelle professionnelle. Le *Sulla* par exemple, dans la région méditerranéenne, est traditionnellement fauché comme foin à un stade tardif avec une moindre valeur nutritive et ce même si les feuilles adhèrent bien à la tige à l'état sec, nettement mieux que dans le cas de la luzerne (Krishna, 1993). Selon Borreani *et al.* (2003), le contenu NDF d'*Hedysarum coronarium* augmente de 20 à 61% avec la maturité de la plante. Selon Lazrek-Ben Friha (2008), si le *Sulla* a l'avantage de produire une grande quantité de fourrage, il a l'inconvénient de présenter un pic de croissance au printemps; ses tiges épaisses rendent difficile sa conservation sous forme de foin ; Krishna (1993) a proposé d'aplatir ces tiges pour faciliter le séchage. L'autre mode de conservation conseillé par plusieurs auteurs (Niezen *et al.*, 1998 ; Valente *et al.*, 1999 ; Leto *et al.*, 2002 ; Borreani *et al.*, 2003 ; Gaspari *et al.*, 2004 ; Dentinho *et al.*, 2006) dans le cas de *Sulla coronaria* destiné à l'alimentation du gros bétail est l'ensilage qui permet de faucher la plante au stade optimum.

Par conséquent, dans le cas du *Sulla flexuosa* en alimentation du lapin, seule une conservation efficace permettra de faucher la plante à un stade de développement précoce avec une haute valeur nutritive. La méthode la mieux indiquée alors est la déshydratation industrielle comme cela se fait pour la luzerne.

CONCLUSION GÉNÉRALE & PERSPECTIVES

Les résultats obtenus au cours de ce travail de thèse ont permis d'améliorer nos connaissances sur quelques sources alternatives en alimentation des lapins et d'enrichir les tables de composition et valeur nutritive de matières premières pour ces animaux.

Nous avons ainsi déterminé la valeur nutritive du Sulla (*Hedysarum flexuosum*) et montré que cette plante est équilibrée pour les lapins et qu'elle peut constituer une alternative à la Luzerne déshydratée. Il faudra cependant veiller à ce qu'elle soit coupée avant le stade floraison, sa valeur nutritive étant ainsi nettement meilleure.

Nous avons aussi déterminé la valeur nutritive des feuilles de Roseau commun (*Phragmites australis*) et conclu qu'elles sont une source très élevée de fibres, utilisable en alimentation du lapin, mais ayant une valeur nutritive quasiment nulle comparable à la paille de céréales.

Nous avons confirmé la possibilité de concevoir des aliments complets et équilibrés pour lapins en élevage rationnel, à forte intégration, voire composés exclusivement de sources alimentaires locales.

En perspectives, nous ne pouvons qu'appuyer, concernant le lapin, la proposition de **Abdelguerfi et laouar (1999)** qui ont préconisé, depuis plus d'une décennie déjà, qu'en Algérie **"le Sulla devrait être utilisé d'urgence et sans aucune amélioration dans les soles fourragères"**.

En perspectives, il conviendrait dans l'immédiat de :

- Rechercher les taux optimums d'incorporation des ressources étudiées (Sulla flexuosa et feuilles de Roseau commun) pour les lapins en croissance et en reproduction.
- Analyser le coût de production et/ou de collecte et séchage du Sulla et des feuilles de Roseau Commun
- Mettre en place les mécanismes nécessaires aboutissant à la culture du Sulla, à sa déshydratation d'une manière industrielle et à son conditionnement.

Références bibliographiques

- Abdelguerfi A., Laouar M. 1999. Autoécologie et Variabilité de Quelques Légumineuses d'intérêt fourrager et/ou Pastoral. Possibilités de Valorisation en Région méditerranéenne. *Pastagens e Forragens*, 20: 81–112.
- Borreani G., Roggero P.P., Sulas L., Valente M.E. 2003. Quantifying morphological stage to predict the nutritive value in Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *Agron J.*, 95: 1608–1617.
- Dentinho M.T.P., Bessa R.J.B., Belo C.A.C., Ribeiro J.M.R. 2006. Effect of preservation method on the nutritive value of Sulla (*Hedysarum coronarium*), In: Lloveras, J. et al. (Eds.). *Proceedings of 21st General Meeting of the European Grassland Federation, Grassland Science in Europe*, 11, 252–254.
- Chennaoui-Kourda H., Marghali S., Zitouna N., Trifi-Farah N. 2012. Phylogenetic relationships of Mediterranean Hedysarea species assessed by AFLP markers. *Plant Syst. Evol.*, 298:51–58
- Gaspari F., Cinti F., Piccaglia R. 2004. Suitability to ensiling of Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) cultivated in North Italy. *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions*, 969-971
- Krishna H.1993. Sulla (*Hedysarum coronarium* L.): An agronomic evaluation. Phd Thesis, Massey University, New Zealand; 278 p.
- Lazrek- Ben Friha F. 2008. Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles Tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. *Thèse de doctorat de l'université de Toulouse*. 255 p.
- Lebas F. 2004. Reflections on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *Proc. 8th of World Rabbit Congress, Puebla, Mexico* 686-736. <http://cuniculture.info/Docs/Documentation/Publi-Lebas/2000-2009/2004-Lebas-WRC-Revue-sources-matiere-premieres-Puebla.pdf>
- Leto G., Todaro M., Di Noto A.M., Alicata M.L. 2002. Comparison of Sulla-hay and Sulla/silage in the lactating ewes and their effects on milk and cheese characteristics. *Small Rumin Res.*, 45: 301-306.
- Nicodemus, N., Garcia, J., Carabano, R. and de Blas, C. (2007) Effect of substitution of a soybean hull and grape seed meal mixture for traditional fiber sources on digestion and performance of growing rabbits and lactating does. *Journal of Animal Science* 85, 181–187.

- Niezen J.H., Waghorn G.C., Lyons T.B., Corson D.C. 1998. The potential benefits of ensiling the forage legume Sulla compared with pasture. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 60: 105–109.
- Valente, M.E., P.G. Peiretti, G. Borreani, P.P. Roggero, G. Ladetto, and A. Ciotti. 1999. Influence of DM content on silage fermentation of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) cut at two stages of maturity. p. 119–120. In Pauly T. (ed.) Silage production in relation to animal performance, animal health, meat and milk quality. Proc. Int. Silage Conf., 12th, Uppsala, Sweden. 5–7 July 1999. Swedish Univ. of Agric. Sci., Uppsala.