

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للبيطرة الجزائر



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE VETERINAIRE – ALGER

THESE

en vue de l'obtention
du diplôme de Doctorat *Es-Sciences*

***Détermination des besoins de croissance en énergie
et en protéines du lapereau de population locale***

Devant le Jury :

Président : P^r AISSI M. (ENSV)

Directrice de thèse : P^r AINBAZIZ H. (ENSV)

Co-Directrice de thèse : P^r TEMIM S. (ENSV)

Examineur : P^r KHELEF D. (ENSV)

Examinatrice : P^r BOUDOUMA D. (ENSA)

Examinatrice : D^r MEFTI H. (Université Saad Dahleb, Blida)

Examineur : D^r KADI SA. (Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou)

Année universitaire 2018-2019



Je dédie ce modeste travail à la mémoire de ma chère maman, mon père et mon frère Ferhat. Je ne saurais exprimer mon grand chagrin en votre absence. J'aurais tant aimé que vous soyez à mes cotés ce grand jour.

A mon très cher mari Abdelatif, je t'offre en guise de reconnaissance, ce travail qui sans ton aide, ta générosité infinie, tes encouragements et ta patience n'aurait vu le jour. Je tiens à t'exprimer mes sentiments et mon profond attachement.

A mon fils Riadh, en témoignage de mon amour, de mon admiration et de ma grande affection.

A ma sœur Ouisa pour son soutien moral durant toutes ces années.



A l'issue de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Professeur AINBAZIZ Hacina, ma directrice de thèse. Qu'elle soit remerciée pour avoir joué un rôle déterminant dans la conduite de mon travail, aussi pour sa disponibilité, sa gentillesse, sa générosité et ses encouragements. Je lui suis reconnaissante de m'avoir fait bénéficier tout au long de ce travail sa grande compétence, sa rigueur intellectuelle, son dynamisme et son efficacité que je n'oublierai jamais.

Je remercie le Professeur TEMIM Soraya, ma co-directrice, pour ses conseils précieux tout le long de l'élaboration de cette thèse. Je lui exprime ma profonde gratitude et mes profonds respects.

Mes remerciements sont également adressés aux enseignants qui m'ont fait l'honneur de juger mon travail et de participer au jury :

Pr AISSI Meriem, Directrice des études à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, qui m'a fait l'honneur de présider le jury,

Mr KHELEF Djemel, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire,

Mme BOUDOUMA Dalila, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie,

Mme MEFTI Hakima, Maître de conférences A à l'Université Saad Dahleb de Blida,

Monsieur KADI SI Ammar, Maître de conférences A à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Je tiens également à remercier vivement mes chers collègues et amis qui m'ont aidé pendant mes essais expérimentaux, à savoir Mme DAHMANI Yamina, Mme DJELLOUT Baya, Melle CHIRANE Manel, Melle TENNAH Safia, Mme SAHRAOUI Lynda, Mme ZOUAMBI Yamina, Mr KADDOUR Rachid, Mr ZAOUANI Mohammed, Melle MOHAND Chebha, Mme ZENAD Wahiba, Mme AINOUIZ Lynda, Mme BERRAMA Zahra, Mme SAHRAOUI Lynda, Mr BOUDJELLABA Sofiane et Mme SAIDJ Dyhia.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements et l'expression de ma haute considération à Mr BELABBES Rafik enseignant à l'université Saad Dahleb de Blida. Son aide, son soutien et sa disponibilité m'ont beaucoup aidé pour mener à bien ce présent travail.

REMERCIEMENTS



Ma vive gratitude s'adresse à Mme GOUAS, Mme REMAS et Mr HARHOURA, pour leurs conseils précieux durant toutes ces années et surtout pour leur soutien moral pendant les moments difficiles.

Mes remerciements s'adressent également à Mme LONGO enseignante à l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et Mme LOUNAOUCI enseignante à l'université Moumoud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir répondu présente à mes demandes d'aide pour la réalisation de ce travail.

Je ne saurai oublier de remercier vivement les agents qui ont travaillé au clavier : Hamza, Mustapha, Noureddine et Mehrez.

Enfin que toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse, trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

L'objectif de cette thèse est de déterminer les besoins nutritionnels de croissance en énergie et en protéines du lapin de population locale, à travers trois essais.

Dans le premier essai nous avons évalué l'effet de la teneur en énergie de l'aliment sur les paramètres zootechniques, la digestibilité, le rendement et les composantes de la carcasse, la morphométrie des segments digestifs et les métabolites sanguins. 105 lapins âgés de 42 jours ont été nourris *ad libitum* avec trois aliments iso-azotés contenant trois niveaux d'ED : B (2460Kcal/kg MS), M (3051 Kcal/kg MS) et H (3450 Kcal/kg MS). Le GMQ et l'IC n'ont pas été affectés ($p > 0,05$). Cependant, le régime B a induit un IAQ plus élevé (+ 8,5% moyen, $p < 0,05$) entraînant ainsi un ingéré protéique quotidien plus élevé (+ 11,2%, $p < 0,05$). Par contre, l'ingéré énergétique journalier diminue significativement ($p < 0,05$). Par ailleurs, la digestibilité de la matière grasse et de l'énergie brute sont significativement ($p < 0,05$) plus élevées avec les régimes M et H. Le rapport PD/ED est significativement plus élevé ($p < 0,05$) soit un écart moyen de +25%. Enfin, le rendement de la carcasse et les composantes biochimiques sanguins n'ont pas été modifiés. En conclusion, le lapin local régule son appétit en fonction de la teneur en énergie du régime alimentaire.

Dans le deuxième essai, nous avons déterminé l'effet du niveau énergétique et protéique sur les paramètres zootechniques, le rendement et les composantes de la carcasse, l'histométrie intestinale et les paramètres biochimiques. 144 lapins de 35 jours d'âge ont été utilisés et nourris avec 6 aliments renfermant deux taux d'énergie digestible en moyenne : 2790 kcal/kg MS (BE) et 2985 kcal/kg MS (HE) combinés à trois taux protéiques en moyenne: 16,6% MS (BP), 18,2% MS(MP) et 19,3% MS (HP). Le PV et GMQ des lapins n'ont pas été affectés par les niveaux protéiques de l'aliment ($p > 0,05$), mais influencés par la teneur énergétique. Les lapins nourris avec BE ont enregistré un PV et un GMQ plus élevés (BE *vs* HE : +4,3 et +5,3% ; $p < 0,05$). Notons que l'IAQ est plus faible avec la teneur HE (-8%) et la concentration BP (-5%) induisant ainsi un ingéré protéique quotidien plus faible (-18%, $p < 0,05$). Par ailleurs, l'ingéré énergétique est plus élevé avec les aliments BEMP et HEMP (+5%, $p < 0,05$). L'interaction ($p < 0,05$) entre HE et HP augmente l'indice de consommation. L'interaction ($p < 0,05$) entre HE et HP induit une adiposité très importante. En outre, la concentration plasmatique du glucose diminue avec HE et HP (-39% pour BE et -18% pour HE). Notons que les protéines totales sont plus élevées avec BE *vs* HE (+5,7%), alors que le cholestérol est plus élevé avec HE *vs* BE (+19%). Les triglycérides et la créatinine respectivement sont supérieurs avec HP. Enfin l'intégrité des villosités diminue avec HE et HP. En conclusion, l'augmentation du niveau de l'ED et des PB de l'aliment, améliore l'efficacité alimentaire, l'efficacité énergétique, l'adiposité de la carcasse et la hauteur du jéjunum et de l'iléon favorisant ainsi l'absorption et l'efficacité de la digestion.

Dans le troisième essai : nous avons évalué l'effet du ratio PD /ED de l'aliment sur les performances zootechniques, le bilan azoté, l'utilisation digestive, le rendement des composantes de la carcasse, les paramètres biochimiques et immunitaires et la microflore chez le lapin de population locale. 30 lapins âgés de 42 jours, placés dans des cages individuelles, ont été nourris à volonté avec 3 régimes à ratios PD/ED différents : BR (53,9), MR (57,7) et HR (69,6). L'augmentation du ratio PD/ED (HR) n'a pas affecté les coefficients d'utilisation digestive des nutriments ($p > 0,05$). En revanche, la vitesse de croissance, l'ingéré alimentaire, l'ingéré énergétique et la rétention azotée sont significativement réduits ($p < 0,05$). L'adiposité et la surface d'absorption des villosités du jéjunum et de l'iléon sont plus faibles avec le ratio HR. Les paramètres immunologiques ne sont pas influencés ($p > 0,05$) par les ratios PD/ED à l'exception du poids de la rate et de l'appendice qui baissent avec les ratios MR et HR en comparaison à BR. L'augmentation du ratio PD/ED (HR) a baissé ($p < 0,05$) la concentration des triglycérides par contre la teneur de l'urée augmente. Enfin, les lactobacilles diminuent ($p < 0,05$) avec le ratio HR tandis que la flore *E coli* augmente. En conclusion, l'augmentation du ratio PD/ED a engendré une faible rétention azotée se répercutant ainsi sur la croissance du lapin, et favorisant ainsi la prolifération de la flore pathogène au détriment de la flore bénéfique.

Mots clés : Population locale, énergie, protéines, croissance, utilisation digestive, bilan azoté, rendement de carcasse, histométrie intestinale, métabolites sanguins, immunité, microflore.



The objective of this thesis is to determine the nutritional requirements of energy and protein growth of rabbits of local population, through three trials.

In the first trial we assessed the effect of energy content of the diet on zootechnical parameters, digestibility, yield and carcass components, digestive tract morphometry and blood metabolites. 105 rabbits aged 42 days were fed ad libitum with three iso-nitrogenous feeds containing three levels of ED: B (2460Kcal / kg DM), M (3051 Kcal / kg DM) and H (3450 Kcal / kg DM). The ADG and FD were unaffected ($p > 0.05$). However, diet B induced a higher IAQ (+ 8.5% average, $p < 0.05$), resulting in a higher daily protein intake (+ 11.2%, $p < 0.05$). On the other hand, daily energy intake decreased significantly ($p < 0.05$). In addition, the digestibility of fat and raw energy are significantly ($p < 0.05$) higher with the M and H regimes. The PD / ED ratio is significantly higher ($p < 0.05$) or an average gap of + 25%. Finally, carcass yield and biochemical blood components have not been modified. In conclusion, the local rabbit regulates its appetite according to the energy content of the diet.

In the second trial, we determined the effect of energy and protein level on zootechnical parameters, yield and carcass components, intestinal histometry, and biochemical parameters. 144 rabbits aged of 35 days were used and fed with 6 feeds containing two digestible energy levels on average: 2790 kcal / kg DM (BE) and 2985 kcal / kg DM (HE) combined with three protein levels on average : 16.6% MS (BP), 18.2% MS (MP) and 19.3% MS (HP). The LW and ADG of the rabbits were not affected by the protein levels of the diet ($p > 0.05$), but influenced by the energy content. Rabbits fed BE had higher LW and ADG (BE vs HE: +4.3 and + 5.3%, $p < 0.05$). Note that the IAQ is lower with the HE content (- 8%) and the BP concentration (-5%) thus inducing a lower daily protein intake (-18%, $p < 0.05$). In addition, energy intake is higher with BEMP and HEMP diets (+ 5%, $p < 0.05$). The interaction ($p < 0.05$) between HE and HP increases the consumption index. The interaction ($p < 0.05$) between HE and HP induces a very important adiposity. In addition, the plasma glucose concentration decreases with HE and HP (-39% for BE and -18% for HE). Note that total proteins are higher with BE vs HE (+ 5.7%), while cholesterol is higher with HE vs BE (+ 19%). Triglycerides and creatinine respectively are superior with HP. Finally the villi integrity decreases with HE and HP. In conclusion, increasing the level of ED and PB of the feed improves feed efficiency, energy efficiency, carcass adiposity, and jejunum and ileum absorption and efficiency of digestion.

In the third trial, we evaluated the effect of the PD / ED ratio of the diet on zootechnical performance, nitrogen balance, digestive utilization, carcass component performance, biochemical and immune parameters, and microflora in rabbits of local population. 30 rabbits aged of 42 days were placed in individual cages which fed with 3 diets with different PD / ED ratios: BR (53.9), MR (57.7) and HR (69.6). The increase in the PD / ED (HR) ratio did not affect the digestive utilization coefficients of the nutrients ($p > 0.05$). In contrast, growth rate, feed intake, energy intake and nitrogen retention were significantly reduced ($p < 0.05$). The adiposity and the absorption surface of the jejunum and ileum villi are lower with the HR ratio. The immunological parameters were not influenced ($p > 0.05$) by the PD / ED ratios except for the weight of the spleen and appendix which decreased with the MR and HR ratios compared with BR. The increase in the PD / ED ratio (HR) decreased ($p < 0.05$) the concentration of triglycerides while the urea content increased.

Finally, lactobacilli decreased ($p < 0.05$) with the HR ratio while the E coli flora increased. In conclusion, the increase in the PD / ED ratio has resulted in low nitrogen retention, thus affecting rabbit growth, and thus promoting the proliferation of pathogenic flora at the expense of beneficial flora.

Key words: Local population, energy, protein, growth, digestive utilization, nitrogen balance, carcass yield, intestinal histometry, blood metabolites, immunity, microflora.

الهدف من هذه الرسالة هو تحديد المتطلبات الغذائية من طاقة وبروتين لنمو الأرانب المحليين ، من خلال ثلاث تجارب. في التجربة الأولى قمنا بتقييم تأثير محتوى الغذاء من الطاقة على المعلمات الحيوانية، والهضم، المرودية ومكونات الذبيحة، ومقاسات الأجزاء الهضمية ومستقلبات الدم. تم إطعام 105 أرانب تتراوح أعمارهم بين 42 يوماً من الأطعمة حتى الشبع بثلاثة أغذية متساوية النيتروجين تحتوي على ثلاثة مستويات من الطاقة الهضمية: (B) 2460 سعرة حرارية / كغ م ج (M ، 3051 سعرة حرارية / كغ م ج) (H) 3450 سعرة حرارية / كغ م ج. الكسب المتوسط اليومي (GMQ) و مؤشر الستهالك (IC) (لم يتأثروا) $p > 0.05$. ومع ذلك، تسببت الحمية B في ارتفاع معدل GMQ (+ 8.5٪ في المتوسط ، $P < 0.05$)، مما أدى إلى تناول نسبة بروتين يومي أعلى (+ 11.2 ٪ ، $P < 0.05$). من ناحية أخرى، انخفض استهلاك الطاقة اليومي بشكل ملحوظ ($P < 0.05$). بالإضافة إلى ذلك، فإن هضم الدهون والطاقة الخام أعلى بشكل ملحوظ ($P < 0.05$) مع الحمية M و H. النسبة PD / ED أعلى بكثير ($P < 0.05$) ما يعادل فرق متوسط قدره + 25 ٪. أخيراً، لم يتم تعديل مرودية الذبيحة ومكونات الدم الكيمائية الحيوية. في الختام نستخلص أن الأرنب المحلي ينظم شهيته وفقاً لمحتوى الطاقة في النظام الغذائي.

في التجربة الثانية، حددنا تأثير مستوى الطاقة و البروتين على المعلمات الحيوانية ، المرودية ومكونات الذبيحة ، ومقاسات الأجزاء الهضمية والمعلمات الكيمائية الحيوية. تم استخدام 144 أرنباً من عمر 35 يوماً وتغذت على 6 أطعمة تحتوي على مستويين متوسطين من الطاقة القابلة للهضم : 2790 سعرة حرارية / كغ م ج (BE) و 2985 سعرة حرارية / كغ م ج (HE) مع ثلاثة مستويات بروتين في المتوسط: (BP) 16.6 ٪ م ج ، 18.2 MP (م ج و) 19.3 ٪ م ج. لم يتأثر الوزن الحي (PV) و الكسب المتوسط اليومي (GMQ) (لأرانب بمستويات البروتين في الغذاء) $P > 0.05$ ، ولكن تتأثر بمحتوى الطاقة. الأرانب التي تمت تغذيتهم BE سجلوا أعلى (PV) و (GMQ) (BE vs HE) : +4.3 و + 5.3 ٪ ، $p < 0.05$. نلاحظ أن المؤشر الغذائي اليومي IAQ منخفض مع محتوى HE (-8 ٪) وتركيز BP (-5 ٪) مما يؤدي إلى انخفاض استهلاك البروتين اليومي (-18 ٪ ، $p < 0.05$). بالإضافة إلى ذلك، يكون استهلاك الطاقة أعلى مع الأطعمة BEMP و HEMP (+ 5 ٪ ، $p < 0.05$). التفاعل ($p < 0.05$) بين HE و HP يزيد من مؤشر الستهالك . التفاعل ($p < 0.05$) بين HE و HP يؤدي إلى زيادة نسبة الدهون. بالإضافة إلى ذلك فإن تركيز الجلوكوز في البلازما يتناقص مع HE و HP (-39 ٪ لل BE و -18 ٪ لل HE). نلاحظ أن إجمالي البروتينات أعلى مع BE مقابل HE (+ 5.7 ٪) ، بينما الكوليسترول أعلى مع HE مقابل BE (+ 9 ٪). الدهون الثلاثية والكرباتينين على التوالي متفوقة مع HP. أخيراً تتناقص سالمة الزغب مع HE و HP. في الختام، فإن زيادة مستوى ED و PB الغذاء يحسن من كفاءة الأذية، كفاءة الطاقة ، وشحوم الذبيحة ، وارتفاع jejunum و ileum تحسن من المتصاص وكفاءة الهضم. في التجربة الثالثة، قمنا بتقييم تأثير نسبة PD / ED الغذاء على الأداء الحيواني ، توازن النيتروجين ، الاستخدام الهضمي ، مرودية مكونات الذبيحة ، المعايير الكيمائية الحيوية والمناعية ، والميكروبات عند الأرانب المحليين. تم تغذية 30 أرنب عمرهم 42 يوماً وضعت في أقفاص فردية وتم تغذيتهم حتى الشبع ب 3 حميات بنسب PD / ED مختلفة: (53.9 BR (MR) 57.7 (و) 69.6 HR ارتفاع نسبة PD / ED (HR) ال تؤثر على معاملات استخدام الجهاز الهضمي من العناصر الغذائية) $P > 0.05$. في المقابل ، تم تخفيض معدل النمو ، تناول الطعام ، استهلاك الطاقة والحفاظ بالنيتروجين بشكل كبير ($P < 0.05$). تكون نسبة الشحوم و سطح المتصاص jejunum و ileon أقل مع نسبة HR. لم تتأثر المعلمات المناعية ($P > 0.05$) بنسب PD / ED باستثناء وزن الطحال والتنبيل الذي انخفض مع نسب MR و HR مقارنةً مع BR. الزيادة في نسبة PD / ED (HR) أدت إلى انخفاض تركيز الدهون الثلاثية في حين زاد محتوى اليوريا. أخيراً ، انخفاض بكتيريا الالكتوباسيل ($P < 0.05$) مع نسبة HR في حين زادت بكتيريا الشريشيا القولونية. في الختام ، أدت الزيادة في نسبة PD / ED إلى انخفاض نسبة الحفاظ بالنيتروجين ، وبالتالي التأثير على نمو الأرانب ، وبالتالي تعزيز انتشار البكتيريا الممرضة على حساب البكتيريا المفيدة.

لكلمات المفتاحية: الأرانب المحليون ، الطاقة ، البروتين ، النمو ، استخدام الجهاز الهضمي ، توازن النيتروجين ، مرودية الذبيحة ، قياس النسجة المعوية ، استقلاب الدم ، المناعة ، البكتيريا



Tableau 1 : Composition chimique (g) et valeur énergétique (kJ) des différentes viandes	3
Tableau 2 : Gain de poids du lapin local en fonction de l'aliment distribué.....	7
Tableau 3 : Poids moyen de la portée et individuels à la naissance et au sevrage.....	9
Tableau 4 : Performances de croissance de quelques races et populations locale de lapins.	10
Tableau 5 : Performances zootechniques moyennes entre 6 et 9 semaines du lapin de chair de souche améliorée.....	11
Tableau 6 : Valeur des coefficients d'allométrie des principaux tissus et organes et des poids corporels (sans contenu digestif) chez le lapin.....	12
Tableau 7 : Valeurs de l'héritabilité pour les paramètres de croissance.....	13
Tableau 8 : Effet de la restriction alimentaire au post-sevrage sur la croissance du lapin.....	14
Tableau 9 : Effet des rapports P/E sur les performances d'abattage du lapin.....	15
Tableau 10. Effet de la température ambiante sur les performances de croissance du lapin de race Néo-Zélandaise.....	16
Tableau11 : Effet des saisons sur les performances de croissance du lapin de population locale.....	16
Tableau 12 : Incidence de la densité animale (nombre de lapins/m ²) sur les performances d'engraissement.....	17
Tableau 13 : Incidence du mode de logement sur les performances zootechniques du lapin (Souche Hyplus).....	17
Tableau 14 : Les équations de régression utilisées pour déterminer l'énergie digestible.....	19
Tableau 15 : Effet des niveaux énergétiques sur la consommation chez le lapin en croissance.....	22
Tableau 16 : Efficacité énergétique chez le lapin en croissance.....	23
Tableau 17 : Energie digestible nécessaire pour l'entretien chez le lapin Néo Zélandais.....	23

Tableau 18 : Composition du gain du poids vif vide (GPV) et répartition de l'énergie retenue (RE) influencée par l'apport en énergie digestible.....	25
Tableau 19 : Les besoins d'entretien en protéines digestibles chez le lapin en croissance de différentes races.....	28
Tableau 20 : Recommandations (g/kg) en acides aminés essentiels chez le lapin en production intensive.....	29
Tableau 21. Effet de la diminution du taux de protéines ou des acides aminés essentiels en dessous des valeurs recommandées sur les performances de croissance du lapin.....	29
Tableau 22. Les besoins en protéines chez le lapin en croissance.....	30
Tableau 23 Dispositif expérimental	35
Tableau 24 Composition centésimale de l'aliment des 3 essais.....	36
Tableau 25. Composition chimique des aliments expérimentaux.....	49
Tableau 26. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les coefficients d'utilisation digestive des nutriments.....	49
Tableau 27. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'évolution des poids vifs des lapins en fonction de l'âge.....	49
Tableau 28. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur le gain moyen quotidien des lapins en fonction de l'âge.....	49
Tableau 29. Effet de la teneur énergétique sur l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation des lapins en fonction de l'âge.....	50
Tableau 30. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'ingestion et l'efficacité énergétique et protéique.....	51
Tableau 31. Effet du niveau énergétique de l'aliment sur les composantes de la carcasse et sur le rendement à l'abattage.....	52
Tableau 32. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les différents segments du tube digestif.....	53
Tableau 33. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les paramètres sanguins.....	54
Tableau 34. Composition chimique des aliments expérimentaux.....	59

Tableau 35. Effet du niveau énergétique et protéique sur le poids vif en fonction de l'âge.....	60
Tableau 36. Effet du niveau énergétique et protéique sur le gain moyen quotidien en fonction de l'âge.....	60
Tableau 37. Effet du niveau énergétique et protéique sur l'ingéré en fonction de l'âge.....	61
Tableau 38. Effet du niveau énergétique et protéique sur l'indice de consommation des lapins en fonction de l'âge.....	61
Tableau 39. Effet des niveaux énergétiques et protéiques sur l'ingestion des nutriments sur la période globale.....	62
Tableau 40. Effet du niveau énergétique et protéique sur le rendement et les composantes de la carcasse.....	62
Tableau 41. Effet du niveau énergétique et protéique sur la morphométrie des segments digestifs.....	63
Tableau 42. Effet du niveau énergétique et protéique sur les paramètres biochimiques.....	64
Tableau 43. Effet du niveau énergétique et protéique sur l'histométrie des villosités et des cryptes.....	65
Tableau 44. Composition chimique des aliments expérimentaux.....	72
Tableau 45. Effet du ratio PD/ED sur le coefficient d'utilisation digestive.....	74
Tableau 46. Effet du ratio PD/ED sur l'utilisation métabolique des protéines.....	75
Tableau 47. Effet du ratio PD/ED sur les performances zootechniques.....	76
Tableau 48. Effet du ratio PD/ED sur les composantes de la carcasse des lapins à 92 jours d'âge.....	76
Tableau 49. Effet du ratio PD/ED sur les villosités intestinales.....	76
Tableau 50. Effet du ratio PD/ED sur les paramètres immunitaires.....	76
Tableau 51. Effet du ratio PD/ED sur les paramètres biochimiques chez le lapin.....	78
Tableau 52. Effet du ratio PD/ED sur la microflore.....	78
Tableau 53. Récapitulation des résultats de la croissance optimale obtenue à travers les essais 1 et 3.....	89



Figure 1. Répartition de la production de viande de lapin dans le monde.....	4
Figure 2. Evolution de la production de viande de lapin.....	6
Figure 3. Evolution du poids vif d'un lapereau entre la naissance et le sevrage.....	9
Figure 4. Utilisation énergétique des aliments chez le lapin.....	18
Figure 5. Effet de la concentration d'énergie digestible (ED) sur l'ingéré volontaire et l'ingéré énergétique chez le lapin en croissance	21
Figure 6. Effet de la concentration énergétique sur la vitesse de croissance et l'ingéré énergétique.....	24
Figure 7. Schéma général du métabolisme protéique.....	27
Figure 8. Rétention et excrétion quotidiennes en azote (N) (fèces et urine) en fonction du ratio PD/ED de l'aliment.....	31
Figure 9. Effet des facteurs nutritionnels et hormonaux sur le métabolisme protéique.....	33
Figure 10. Schéma du bilan digestif.....	39
Figure 11. Schéma du protocole de mesure du bilan digestif.....	39
Figure 12. Schéma expérimental du bilan azoté.....	41
Figure 13. Effet de l'énergie et des protéines de l'aliment sur l'évolution du poids des lapins en fonction de l'âge.....	61
Figure 14. Effet de l'énergie et des protéines de l'aliment sur l'indice de consommation a la période globale.....	62

LISTE DES ABREVIATIONS



Kg : kilogramme

NDF : neutral détergent fiber

ADF : acide detergent fiber

ADL : acide detergent lignine

ED : énergie digestible

Kcal : kilocalorie

MS : matière sèche

MJ : mégajoule

KJ : kilojoule

PD : protéines digestibles

PV : poids vif

SE : erreur standard

ml : millilitres

mm² : millimètre au carré

mmol : millimole

g/l : gramme par litre

μmol : micromole

μm : micromètre

C : celsius

ITELV : institut technique des élevages



INTRODUCTION GENERALE	1
<u>PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
<u>CHAPITRE I – ELEVAGE ET PRODUCTION DE LAPIN</u>	3
I.1. IMPORTANCE DE L’ELEVAGE DU LAPIN.....	3
I.2. ELEVAGE ET PRODUCTION DE VIANDE DE LAPIN DANS LE MONDE	4
I.3. ELEVAGE ET PRODUCTION DE VIANDE EN ALGERIE	5
<u>CHAPITRE II – LA CROISSANCE CHEZ LE LAPIN</u>	8
II.1. GENERALITES DE LA CROISSANCE	8
II.2. LA VITESSE DE CROISSANCE	11
II.3. LA CROISSANCE RELATIVE	11
II.4. FACTEURS DE VARIATION DE LA CROISSANCE CHEZ LE LAPIN.....	12
II.4. 1. Facteurs intrinsèques.....	12
<i>II.4.1.1. Facteur génétique</i>	12
<i>II.4.1.2. Facteur sexe</i>	13
II.4.2. Facteurs extrinsèques.....	13
<i>II.4.2.1. Facteur alimentaire</i>	13
<i>a. Effet du rationnement</i>	13
<i>b. Effet de l’apport des protéines</i>	14
<i>c. Effet du rapport protéines / énergie</i>	15
<i>d. Effet de la teneur en fibres</i>	15
<i>II.4.2.2. Effet de l’environnement</i>	16
<i>a. Effet de la température ambiante</i>	16
<i>b. Effet de la saison</i>	16
<i>c. Effet de la densité</i>	17
<i>d. Effet du logement</i>	17

CHAPITRE III – LE METABOLISME ENERGETIQUE CHEZ LE LAPIN

III.1. BILAN ENERGETIQUE.....	18
III.1.1. Les composantes du bilan énergétique.....	18
III.1.1.1. Energie brute (EB).....	18
III.1.1.2. Energie digestible (ED).....	18
III.1.1.3. Energie métabolisable (EM)	19
III.1.1.4. Energie nette (EN).....	20
III.2. METABOLISME ENERGETIQUE ET LES BESOINS.....	20
III.2.1. Consommation énergétique	21
III.2.2. Efficacité de l'utilisation énergétique.....	22
III.2.3. Les besoins énergétiques du lapin.....	23
a. Les besoins énergétiques pour l'entretien.....	23
b. Besoins énergétiques pour la croissance.....	24
III.2.3. Méthodes d'estimation des besoins en énergie.....	25
III.2.3.1. Expériences d'alimentation.....	25
III.2.3.2. Méthodes calorimétriques	25

CHAPITRE IV – LE METABOLISME PROTEIQUE

IV.1. GENERALITES.....	26
IV.2. BESOINS PROTEIQUES CHEZ LE LAPIN.....	27
IV.2.1. Besoins d'entretien en protéines.....	28
IV.2.2. Besoins de croissance en protéines.....	28
IV.3. LE BILAN AZOTE.....	30
IV.3.1. Le niveau de protéines alimentaires.....	30
IV.3.2. Le niveau d'énergie alimentaire et le rapport PD/ED.....	31

IV.4. REGULATION DU METABOLISME ENERGETIQUE ET PROTEIQUE.....	32
IV.4.1. Contrôle du métabolisme énergétique.....	32
IV. 5.2. Contrôle du métabolisme protéique.....	32
IV.6. ROLE DES ACIDES AMINES DANS LA REGULATION DU METABOLISME PROTEIQUE	34

PARTIE EXPERIMENTALE

1. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	35
2. MATERIELS ET METHODES.....	35
2.1. Conditions générales.....	35
2.1.1. Logement et Matériel d'élevage.....	35
2.1.2. Animaux.....	36
2.1.3. Conduite d'élevage.....	38
2.1.4. Dispositif expérimental.....	38
2.1.5. Aliments expérimentaux.....	38
2.2. Conditions spécifiques aux trois essais.....	40
2.2.1. Présentation des trois essais.....	40
2.2.2. Méthodes utilisées et mesures.....	40
2.2.2.1. Analyses chimiques.....	40
2.2.2.2. Les paramètres zootechniques.....	40
2.2.2.3. Bilan digestif	41
2.2.2.4. Détermination de l'énergie digestible.....	43
2.2.2.5. Bilan azoté.....	44
2.2.2.6. Le rendement à l'abattage et ses composantes	44
2.2.2.7. Morphométrie du tube digestif.....	45
2.2.2.8. Mesure de la taille des villosités et des cryptes intestinales.....	45
2.2.2.9. Les paramètres sanguins.....	47

2.2.2.10. Etude de la microflore digestive.....	48
3. ANALYSE STATISTIQUE.....	49
RESULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION ESSAI 1.....	51
I.RESULTATS ESSAI 1.....	51
I.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS.....	51
I.2. EFFET DU TAUX ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LA DIGESTIBILITE DES NUTRIMENTS.....	51
I.3. EFFET DU TAUX ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES.....	53
I.3.1. Le poids vif et la vitesse de croissance.....	53
I.3.2. L'ingéré alimentaire et l'indice de consommation.....	53
I.3.4. Ingéré et efficacité énergétique et protéique	56
I.4. EFFET DE LA TENEUR ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES D'ABATTAGE.....	56
I.4.1. Rendement à l'abattage et caractéristiques de la carcasse.....	56
I.4.2. Effet sur le tractus digestif.....	57
I.5. EFFET DU NIVEAU ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES SANGUINS.....	59
II. DISCUSSION ESSAI 1.....	59
III. CONCLUSION ESSAI 1.....	63
RESULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION ESSAI 2.....	65
I. RESULTATS DE L'ESSAI 2.....	65
I. 1. COMPOSITION CHIMIQUE DES REGIMES.....	65
2. EFFET DES NIVEAUX ENERGETIQUES ET PROTEIQUES SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES.....	67
I.1. Effet sur le poids vif.....	67
I.2. Effet sur la vitesse de croissance.	67
1.3. Effet sur l'ingéré alimentaire.....	69

1.5. Effet sur l'indice de consommation.....	69
1.4. Effet sur l'ingéré énergétique et protéique.....	71
2. EFFET DES NIVEAUX ENERGETIQUES ET PROTEIQUES SUR LES PERFORMANCES A L'ABATTAGE	73
2.1. Effet sur le rendement et les composantes tissulaires de la carcasse.....	73
2.2. Effet sur le tractus digestif	75
4. EFFET DES NIVEAUX ENERGETIQUE ET PROTEIQUE SUR LES PARAMETRES PLASMATIQUES.....	77
5. EFFET DU NIVEAU ENERGETIQUE ET PROTEIQUE SUR L'HISTOMETRIE DES VILLOSITES ET DES CRYPTES.....	77
II. DISCUSSION ESSAI 2.....	80
III.CONCLUSION ESSAI 2.....	85
RESULTATS, DISCUSSION ET CONCLUSION ESSAI 3.....	87
I. RESULTATS ESSAI III.....	87
I.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS.....	87
I.2. EFFET DU RATIO PD/ED SUR L'UTILISATION DIGESTIVE.....	89
I.3. EFFET DU RATIO PD/ED SUR L'UTLISATION METABOLIQUE DES PROTEINES.....	89
I.4. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES.....	90
I.5. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LE RENDEMENT DES COMPOSANTES DE LA CARCASSE	91
I.6. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LES VILLOSITES ET LES CRYPTES INTESTINALES.....	91
I.7. EFFET DU RATIO PD/ED SUR L'IMMUNITE	92
I.8. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES.....	93
I.9. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LA MICROFLORE.....	94
II.DISCUSSION ESSAI 3.....	95
III.CONCLUSION ESSAI 3.....	99

DISCUSSION GENERALE.....	100
CONCLUSION GENERALE.....	106
REFERENCES	
ANNEXE	



Publications et Communications se rapportant à la thèse

Cette thèse a été réalisée au Laboratoire de Recherche « Santé et Production Animales » de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, sous la direction du Professeur AINBAZIZ Hacina et du Professeur TEMIM Soraya. Elle fait référence aux publications et communications suivantes :

Publication internationale

Benali N., H.Ainbaziz, Y.Dahmani, B.Djellout, R.Belabbas, S.Tennah, S. Zenia, M. Chirrane et S. Temim (2018). Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les performances et certains paramètres biologiques de lapins en croissance. *LivestockResearch for Rural Development*, 30 (3).

Publications en cours de soumission

Benali N., H.Ainbaziz, Y.Dahmani, B.Djellout, R.Belabbas, S.Tennah, R.Kaddour, A.Zouambi, S. Zenia, M. Chirrane et S. Temim. Effet du niveau énergétique et protéique sur les performances de croissance, le rendement à l'abattage, les paramètres biochimiques et l'histométrie intestinale chez le lapin de population locale. *LivestockResearch for Rural Development*.

Benali N., H.Ainbaziz, Y.Dahmani, B.Djellout, R. Belabbas, L. Sahraoui, M. Chirrane et S. Temim. Effect of dietary DP/DE ratio on the performance, carcass yield and N-excretion in growing local rabbit. *Veterinary World*.

Communications nationales et internationales

Benali N., Ain Baziz H., Dahmani Y., Saidj D., Temim S (2013). Effet de la teneur en protéine de l'aliment sur les performances zootechniques des lapins de population locale. 11^{èmes} Journées Internationales des Sciences Vétérinaires, 30 Novembre – 1 Décembre 2013, ENSV, El Harrach.

Benali N., Ain Baziz H., Dahmani Y., Saidj D., Temim S (2013). Effect of dietary energy level on growth performances, blood composition and carcass characteristics rabbit of local population. 11th International Conference on Animal Production, 15 - 20 Octobre 2013, Beijing, chine.

Benali N., Ain Baziz H., Dahmani Y., Saidj D., Temim S. Comparison of growth, carcass traits and blood composition between two populations of rabbits (2014). *65th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 25-29 August 2014, Copenhagen, Denmark.*

Benali.N, Ain Baziz.H, Dahmani.Y, Saidj.D, Bouzidi.S, Keddachi.R, Bellabes.R, Cherrane M et Temmim S (2015). Effects of dietary crude protein and energy level on carcass traits and blood composition on rabbit. *66th EAAP Annual Meeting, 31 Aout - 4 September 2015, Warsaw, Pologne.*

Benali N., Ain Baziz H., Dahmani Y., Tighuart C., Kaddour R., Temim S (2016). Dietary's effect of protein levels on digestive organs and small intestine histologic of rabbit. *67th EAAP Annual Meeting, 29 August – 2 September 2016, Belfast, UK.*

Benali N., Ain Baziz H., Dahmani Y., Djellout B., Sahraoui L., Temim S (2019). Effet du ratio Protéines/Energie de l'aliment sur le bilan azoté, les paramètres sanguins, les organes immunitaires et la microflore chez le lapin de population locale. *VII^{ème} Congrès International de Biotechnologie et Valorisation des Bio ressources, 20-23 Mars 2019, Tabarka, Tunisie.*

INTRODUCTION





La croissance est un ensemble de modifications du poids, de la composition anatomique et biochimique des animaux depuis la conception jusqu'à l'âge adulte (Prud'hon et Vezinhet, 1970). Elle peut varier sous l'effet des facteurs génétiques (population, race, souche...) et des facteurs exogènes (alimentation, saison, environnement...).

L'alimentation a un effet direct et primordial sur le niveau de croissance du lapin. Ainsi, le niveau d'énergie et de protéines dans la ration et l'équilibre entre les divers nutriments sont les facteurs qui conditionnent la croissance du lapin (Ouhayoun, 1983). Selon Lebas (2004), la vitesse de croissance du lapin est maximale avec un aliment distribué à volonté, contenant 2500 Kcal/kg d'énergie digestible, 16% de protéines, 14% de cellulose brute et de 2 à 3% de lipides. Par ailleurs, Aduku et Olukosi (1990) ont mentionné que les besoins énergétiques des lapins pouvaient être couverts avec des aliments variant de 2390 Kcal/kg à 2700 kcal/ kg d'énergie digestible. Plusieurs estimations des besoins en énergie digestible (ED) des lapins en fonction des races et souches en croissance ont été étudiées. Ils varient de 381 Kcal d'ED /j chez la race Néozélandaise (Partridge et *al.*, 1989), à 552 KJ d'ED/ j chez la race géant des Flandres (De Blas et *al.*, 1985). Partridge et *al.* (1989) ont enregistré une moyenne maximale de croissance journalière lorsque la concentration alimentaire en ED se situait entre 10,5 MJ/kg et 11,5 MJ/kgchez le lapin hybride.

Aussi, les lapins ont besoin de protéines digestibles nécessaires à la synthèse des tissus ainsi qu'aux différentes fonctions assurant leur production. De Blas et Mateos (2010) recommandent une consommation de protéines digestibles de l'ordre de 100 à 110g/kg. Un apport de 15,5% de protéines brutes dans sa ration (De Blas et Wiseman, 2010) permet de répondre aux besoins du lapin en croissance. Par contre, une baisse de quantité de protéines ou de leur qualité notamment en acides aminés essentiels (AAE) dans la ration alimentaire réduit sa consommation et altère sa vitesse de croissance et ses qualités bouchères (Ouhayoun et Cheriet, 1983). Chez la souche Hyplus, un taux de 15% de protéines brutes (PB) et 2436 Kcal/kg d'énergie digestible (ED) a permis aux lapins d'obtenir un gain journalier de 50,8 g/j (Renouf et Offner, 2007) et 34,6 g/j chez la souche Hyla médium (Lebas et *al.*, 2015).

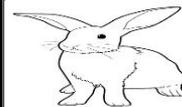
En Algérie, la cuniculture est basée sur l'exploitation des lapins de population locale (Zerrouki et *al.*, 2014), ne bénéficiant pas de statut de race sélectionnée. Cette population

est caractérisée par une faible croissance avec un GMQ de 27,8 g/j (Lakabi et *al.*, 2004), 22,7 g/j (Lounaouci et *al.*, 2009), 26,7 g/j (Benali et *al.*, 2011) et 24 g/j (Berchiche et *al.*, 2012) par rapport aux lapins hybrides sélectionnés (45,5g/j ; Knudsen et *al.*, 2014 ; Lebas, 2015) . La faible croissance des lapins de population locale pourrait être liée à son alimentation qui ne répond pas éventuellement à ses besoins. En effet, au niveau des élevages cunicoles les lapins sont nourris à base d'aliments commerciaux présentant des déséquilibres en nutriments (énergie, protéines et fibres), ne permettant pas au lapin local de manifester son potentiel. En effet, la croissance permise par ces aliments est de l'ordre de 23g/j en moyenne (Lakabi et *al.*, 2004 ; Lounaouci et *al.*, 2009 ; Lebas, 2010 ; Benali et *al.*, 2011). Par ailleurs, des études expérimentales réalisées avec des régimes alimentaires équilibrés (en protéines et en fibres) montrent que la vitesse de croissance s'améliore pour atteindre 28 g/j en moyenne (Berchiche et *al.*, 1998 ; Lakabi et *al.*, 2008). De ce fait, l'aspect alimentaire en relation avec l'équilibre des nutriments est un facteur important sur lequel il faudrait se pencher afin de répondre aux besoins spécifiques, pour améliorer les performances de croissance du lapin de population locale.

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude consiste à déterminer les besoins nutritionnels du lapin local en croissance en évaluant l'effet de différents niveaux énergétiques et protéiques sur les performances de croissance, l'efficacité digestive des différents nutriments, sur le profil métabolique et immunitaire ainsi que son impact sur le bilan énergétique et azoté.

Dans ce manuscrit, nous présenterons une synthèse bibliographique se rapportant sur l'importance de l'élevage du lapin, la production de viande dans le monde ainsi qu'un aperçu sur l'élevage en Algérie. Nous aborderons par la suite la croissance du lapin et ses facteurs de variations, pour présenter en dernier le métabolisme énergétique et protéique chez le lapin. Dans la partie expérimentale seront exposés les méthodes mises en œuvre, les résultats obtenus discutés pour chaque essai. Enfin une discussion générale qui permet de faire la synthèse des résultats sera suivie d'une conclusion générale et enfin des recommandations.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE



CHAPITRE I – ELEVAGE ET PRODUCTION DE LAPIN

I.1. IMPORTANCE DE L'ELEVAGE DU LAPIN

L'importance de l'élevage du lapin se rapporte aux facteurs physiologiques qui expliquent l'adaptation de cet animal aux diverses méthodes et conditions d'exploitation à savoir, son comportement reproductif et son comportement alimentaire (Lebas, 1996). En effet, cette espèce est appréciée pour sa productivité soit 52,3 lapereaux par femelle et par an (Coutelet, 2015), une ovulation provoquée par l'accouplement et des périodes de gestation et de lactation de courte durée (Theau-Clément et Fortun-Lamothe, 2005). A cela s'ajoute une croissance rapide, lui permettant d'atteindre un poids d'abattage en 10 à 12 semaines d'âge.

Aussi, sur le plan comportement alimentaire, le lapin ne constitue pas un concurrent pour les hommes, contrairement à la volaille. Sur le plan de l'efficacité de transformation protéique, il se classe derrière le poulet, et fixe sous forme de viande de haute valeur biologique, 20% de protéines alimentaires qu'il consomme (Dalle Zotte, 2014).

Du point de vue diététique, la viande de lapin est plus riche en protéines (21g) et pauvre en lipides (5g) comparée à celle des autres espèces (Tableau 1). Elle présente un ratio protéines/énergie intéressant dans un contexte de limitation des apports caloriques (Combes, 2004). Aussi, le coût énergétique pour produire 1 g de viande est de 105 kcal/g pour le lapin comparativement à celui des ovins (427 kcal/g) et des bovins (442 kcal/g) (Dalle Zotte, 2014).

Tableau 1. Composition chimique (g) et valeur énergétique (kJ) des différentes viandes (pour 100g de fraction comestible) (Salvini et *al.*, 1998 et Combes, 2004).

Espèces	Taurillon	Veau	Poulet	Lapin
Composition chimique				
Eau	70	73,5	72,2	72,5
Protéines	19,5	20,5	20,1	21
Lipides	9	4	6,6	5
Energie	665	493,5	586	725

D'autre part, le lapin apparaît comme l'un des meilleurs animaux d'expérimentation en matière immunologique et pharmacologique par ses capacités physiologiques.

Il possède aussi une bonne capacité d'adaptation à des milieux variés, de l'élevage familial à l'élevage industriel.

Tous ces atouts, font du lapin une espèce d'un grand intérêt économique. Il représente une opportunité pour le développement des petits élevages en particulier dans le cas des pays en voie de développement où les protéines animales sont difficiles à être satisfaites.

I.2. ELEVAGE ET PRODUCTION DE VIANDE DE LAPIN DANS LE MONDE

La production mondiale de viande de lapin a été estimée à 1,48 million de tonnes en 2017 (FAOSTAT, 2017) dont 73,4% du tonnage se situe en Asie (Figure 1). Cette production a connu une baisse (-19,5%) par rapport à l'année 2000 dont la production était estimée à 1,84 million de tonnes (Lebas et Colin, 2000).

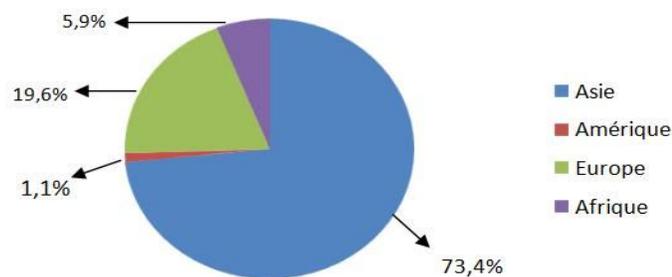


Figure 1. Répartition de la production de viande de lapin dans le monde (FAO STAT, 2017)

Le continent asiatique produit 1 088 315 tonnes de viande de lapin (la Chine avec une production de 931 834 tonnes), suivi par l'Union Européenne avec près de 289 900 tonnes, l'Afrique 87 680 tonnes et enfin l'Amérique avec près de 16 546 tonnes (FAOSTAT, 2017). En Europe, les trois principaux producteurs sont l'Espagne, la France, l'Italie et la République tchèque (ITAVI, 2017).

En *chine*, d'après Wu et *al.* (2016), 80% des élevages de lapins sont destinés à la production de viande. En *Thaïlande*, le lapin est perçu comme un animal de compagnie, la consommation est donc très faible (Kovitvadh et *al.*, 2016).

Tandis qu'au *Népal* la production cunicole est une solution à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté. A cet effet, des familles ont reçu des reproducteurs afin de mettre en place

une production de subsistance et commercialiser l'excédent de production (Chapagain et Lukefahr, 2016).

Par ailleurs, la production de lapins en Afrique est relativement importante pour l'économie de certains pays en développement comme le Niger, l'Égypte, le Ghana, le Maroc et le Cap-Vert (Colin et Lebas, 1996). Cependant, l'Égypte est le principal pays producteur de lapin à l'échelle rationnelle avec une production de 48 000 tonnes en 2013 ce qui représente 4% de la production totale à l'échelle mondiale et 64% de la production continentale (Oseni et Lukefahr, 2014). Les animaux exploités sont surtout des populations locales comme le Baladi ou le Giza. Au Niger, la cuniculture est vivrière, elle manque d'accessibilité aux financements (Oluwatusin et Femi, 2016).

Aussi, à Abidjan la production du lapin reste une occupation secondaire gérée par les hommes dans 94,7% des élevages (Kims et al., 2016). Tandis qu'au Kenya, 53% des petits exploitants font de l'élevage de lapins pour gagner un revenu tandis que 37% gardent des lapins pour la consommation domestique et seulement 10% apprécient les lapins comme animaux domestiques (Mailu, et al., 2014).

En Tunisie, la consommation de viande de lapin dépasse de loin l'offre nationale elle progresse régulièrement, elle équivaut à 0,25 g/habitant/an en 2014 (Ouertani et al., 2016).

Enfin au Maroc, l'activité cunicole revêt un caractère traditionnel et demeure encore une activité secondaire dans 97% des cas. La quasi-totalité des élevages se trouve en milieu rural (Barkok, 1992 ; Benabdeljelil, 1994 ; Jaouzi et al., 2006).

I.3. ELEVAGE ET PRODUCTION DE VIANDE EN ALGERIE

En Algérie, l'élevage de lapin existe depuis longtemps et a représenté essentiellement un type traditionnel à vocation vivrière constitué de petits élevages (5 à 8 femelles : Berchiche et al., 1992 ; <10 femelles : Lakabi, 1999 ; 4 à 5 femelles : Saidj et al., 2013) localisés en milieu rural ou à la périphérie des villes. Leur orientation principale est l'autoconsommation et constitue parfois une source de revenus supplémentaires pour les foyers. L'alimentation est presque exclusivement à base d'herbe et de sous-produits domestiques (les végétaux et les restes de table) quelquefois complétés avec du son (Berchiche, 1992). Le lapin en élevage fermier arrive à produire environ 18 kg de poids vif de lapin, soit 11 kg de viande par femelle et par an (Djellal et al., 2006).

La rationalisation de l'élevage cunicole n'a commencé qu'au début des années 70 dans le cadre du projet de développement rural. Elle repose sur des élevages de grande taille plus de 100 femelles (Cherfaoui, 2015). Les animaux sont placés dans des cages et l'alimentation est de type industriel.

La production de viande de lapin a été estimée à 8403 tonnes en 2017 (FAOSTAT, 2017). La figure 2 ci-dessous montre que la production nationale a connu une évolution grâce aux projets de développement et de rationalisation de cet élevage.

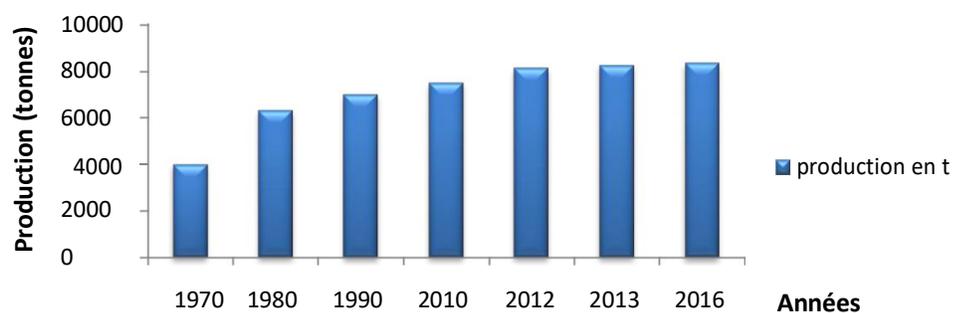


Figure 2. Evolution de la production de viande de lapin

(FAOSTAT, 2017)

Les animaux sont issus de population locale *Oryctolagus cuniculus domesticus*, présentant une adaptation aux conditions alimentaires et climatiques algériennes. Elles présentent une variabilité phénotypique résultante des croisements intempestifs et parfois volontaire avec des races étrangères (Blanc New Zélandais, Géant des Flandres, Californien) introduites dans les années 1970, dans le cadre de projet de développement rural.

Toutefois, ce processus a été aggravé par l'introduction, entre 1985 et 1989 de reproducteurs sélectionnés (Hyla et Hyplus) destinés à des élevages intensifs, ce qui a entraîné la perte du lapin local dans certaines régions du pays (Berchiche et Kadi, 2002 ; Djellel et al., 2006). Cette tentative d'introduction et d'intensification de l'élevage du lapin a échoué en raison de nombreux facteurs, dont la méconnaissance de l'animal, l'absence d'un aliment industriel adapté et l'absence de programme prophylactique (Gacem et Lebas, 2005).

D'autre part, si le développement du système d'élevage intensif a été contrarié par la fragilité des hybrides importés, l'élevage des lapins de population locale connaît un essor

grâce aux travaux de recherche menés, depuis le début des années 1990 pour la caractérisation de celle-ci.

En effet, afin de préserver ce patrimoine génétique, plusieurs travaux menés depuis les années 1990 au sein de quelques universités (Mouloud Mammeri, Saad Dahleb), à l'École Nationale Supérieure Vétérinaire (Rabie Bouchama) et à l'institut Technique d'élevage de Baba Ali (ITELV) dans le cadre des programmes de recherches, ont permis de caractériser cette population sur :

- le plan des performances de croissance (Berchiche et Kadi, 2002 ; Zerrouki et *al.*, 2004 et 2005 ; Lakabi et *al.*, 2004 ; Benali et *al.*, 2011).
- le plan de la reproduction (Remas, 2001 ; Mefti-Korteby et *al.*, 2010 ; Boulbina et *al.*, 2012 ; Iles et *al.*, 2013 ; Belabbas et *al.*, 2016).

Ces travaux ont permis de mettre en évidence d'une part, ses faiblesses telles que son faible poids pour être exploité dans les élevages producteurs de viande ainsi que sa faible prolificité, et d'autre part, ses qualités telle que son adaptation aux conditions climatiques locales.

Afin d'améliorer le poids et la prolificité de cette population, d'autres travaux se sont penchés sur l'aspect alimentaire en utilisant des aliments équilibrés en nutriments (énergie, protéines et fibres) (Tableau 2)

Tableau 2. Gain de poids du lapin local en fonction de l'aliment distribué.

Auteurs	Gain de poids (g/j)		
	Aliment fermier	Aliment commercial	Aliment expérimental
Fettal et <i>al.</i> , 1994	-	23,31	-
Berchiche et <i>al.</i> , 1999	-	-	28
Berchiche et <i>al.</i> , 2000	-	-	30,5
Lakabi et <i>al.</i> , 2004	-	23,95	-
Djellel et <i>al.</i> , 2006	12,5	-	-
Chaou, 2006	-	26,6	-
Lakabi et <i>al.</i> , 2008	-	-	28
Lounaouci et <i>al.</i> , 2009	-	22,7	-
Benali et <i>al.</i> , 2011	-	26,88	-
Moumen et <i>al.</i> , 2016	-	-	32,3

L'aspect génétique a été développé grâce à la création d'une souche synthétique appelée ITELV 2006, obtenue par insémination des femelles de population locale entretenues dans l'élevage de l'ITELV à Baba Ali, avec la semence de mâles de la souche INRA 2666 (Gacem et Bolet, 2005).

CHAPITRE II –LA CROISSANCE CHEZ LE LAPIN

La croissance résulte d'un ensemble de mécanismes complexes mettant en jeu des phénomènes de multiplication, d'accroissement et de différenciation cellulaires et organiques. Cet accroissement pondéral résulte du solde de l'anabolisme par rapport au catabolisme sous le contrôle de lois physiologiques, mais peut varier aussi sous l'effet de facteurs génétiques (race), alimentaire et environnemental (Prudhon et *al.*, 1970).

II.1. GENERALITES DE LA CROISSANCE

La croissance pondérale entre la naissance et l'état adulte correspond à l'évolution du poids de l'organisme en fonction du temps. Chez le lapin, Ouhayoun (1983) décrit la courbe de croissance comme étant une courbe sigmoïde, avec un point d'inflexion qui se situe entre la 5^{ème} et la 7^{ème} semaine de la vie postnatale.

Entre la naissance et le sevrage, la croissance des lapereaux est conditionnée par la production laitière de la lapine. La vitesse de croissance accélère rapidement. Selon Ouhayoun (1983), le poids du lapereau est multiplié par 10 (Figure 3). Toutefois, entre la 2^{ème} et la 3^{ème} semaine après la naissance, la croissance des lapereaux ralentit (Lebas, 2000). Selon Rouvier (1980), la vitesse de croissance entre 10 et 21 jours d'âge peut diminuer fortement à cause de l'insuffisance de la production laitière de la lapine. Cette production augmente jusqu'à 3 semaines après la naissance, puis diminue pour devenir nulle entre 4 et 5 semaines (Periquet, 1998). Au moment de la chute de production laitière de la femelle, les lapereaux commencent à consommer de l'aliment solide, permettant une accélération du croît qui se poursuit au-delà du sevrage.

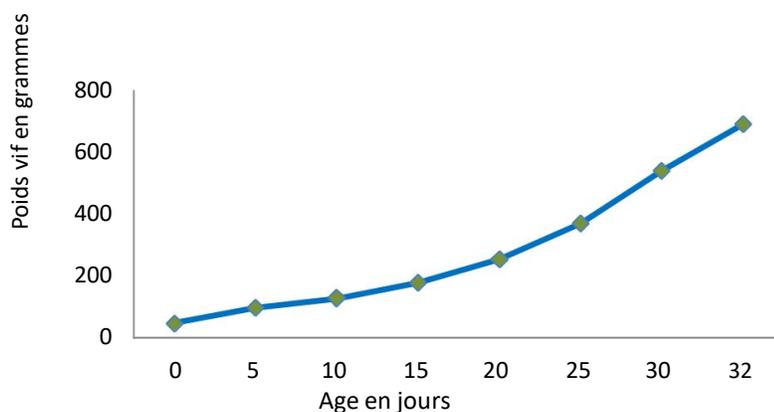


Figure 3. Evolution du poids vif d'un lapereau entre la naissance et le sevrage (32 jours) (Lebas, 2005).

Selon Ouhayoun (1978), la croissance des lapereaux dépend de l'effet maternel, tel que la taille de la portée et l'aptitude à couvrir les besoins. Le poids moyen de la portée à la naissance et au sevrage dépend des races, des souches et des populations (Tableau 3). La taille de la portée influence en grande partie la croissance des lapereaux.

Tableau 3. Poids moyen de la portée et poids individuel du lapereau à la naissance et au sevrage.

Auteurs	Population/race/souche	Naissance (g)	Sevrage (g)	Poids au sevrage individuel (g)
Kennou et Lebas (1990)	Locale (Tunisie)	-	-	420**
Gallal et al. (1994)	Californienne	520	3390	520***
Galal et Khalil (1994)	Baladi (noire)	258	990	-
Khalil (2002)	Baladi (rouge et blanche)	320	-	-
Barkok et Jaouzi (2002)	Zemmouri	403	2516	-
Berchiche et Kadi (2002)	Local (Kabyle)	341	2258	-
Zerrouki (2004)	Local (Kabyle)	292	2289	-
Bolet et al. (2004)	INRA 9077	-	5824	876
Jaouzi et al. (2006)	Zemmouri	-	-	435***
Ouyed et al. (2007)	Californienne	-	-	885***
Akpo et al. (2008)	Local (Benin)	-	2055	396*
Bouguerra (2012)	Local (ITELV)	335	3316	556**
	Néozélandaise	490	2810	590***
	Néozélandaise	-	-	1028***
Lavanya et al. (2017)	Flemish Giant	-	-	414***

* : âge au sevrage 28 jours ; ** : âge au sevrage 30 jours ; *** : âge au sevrage 35 jours.

Du sevrage à l'âge adulte, les potentialités génétiques transmises par les parents en interaction avec le milieu (alimentation, logement, facteurs d'ambiances...) s'expriment à cette période. Du sevrage à la fin de l'engraissement, la croissance du lapin dépend de la ration alimentaire distribuée, son maximum est obtenu vers la 7^{ème} semaine postnatale. (Ouhayoun, 1989 ; Blasco et Gomez, 1993), pour ralentir progressivement par la suite.

Une dépression est souvent observée entre la 5^{ème} et la 6^{ème} semaine d'âge. Cet infléchissement serait occasionné par les changements de l'alimentation et de l'environnement (Ouhayoun, 1983). Chez le lapin de race de format moyen (Californienne et Néo-Zélandaise), le poids adulte est compris entre 3,5 et 4,5 kg, la période d'engraissement est de 6 à 7 semaines après le sevrage (28 ou 35 jours d'âge), soit à 70-77 jours (Ouhayoun, 1989 ; Roiron et *al.*, 1992). En général, la détermination de la fin de la durée de l'engraissement, correspond au poids optimum à l'abattage (2,3kg), tenant compte de l'augmentation rapide de l'adiposité au-delà de 2,3 kg (Ouhayoun, 1989). Les performances de croissance sont variables selon la population locale et les races sélectionnées (Tableau 4).

Tableau 4. Performances de croissance de quelques races et populations locales de lapins.

Auteurs	Race /population	Durée d'engraissement (j)	Poids vif final (g)	GMQ (g/j)	CMQ (g/j)
Kennou et Lebas (1990)	Locale (tunisienne)	98	-	19,9	61,4
Berchiche et <i>al.</i> (1996)	Locale (algérienne)	91	1598	21,6	74
Jaouzi et <i>al.</i> (2006)	Zemmouri (marocaine)	-	1860	-	-
Moulla et <i>al.</i> (2008)	Locale (ITELV)	91	1733	23,1	69,8
Bebin et <i>al.</i> (2009)	Hyla	63	2399	44,2	/
Benali et <i>al.</i> (2011)	Locale (kabyle)	91	2000	26,8	100
Akoutey et Kpodekon (2012)	Locale (Benin)	91	1766	23,3	79,3
Lebas (2015)	INRA3889	82	2384	31,2	121,7
Hannachi et <i>al.</i> (2017)	Locale (Blanche)	77	2022	25,4	93
Alabi et <i>al.</i> (2019)	Locale (Benin)	77	1341	19,2	60,7

II.2. LA VITESSE DE CROISSANCE

La vitesse de croissance est exprimée par le gain moyen quotidien (GMQ), obtenu au cours d'une période donnée. Plusieurs études, notamment celles d'Ouhayoun (1983), Laffolay (1985), Jouve et *al.*(1986), rapportent que la vitesse de croissance est maximale entre la 5^{ème} et la 7^{ème} semaine pour diminuer progressivement au-delà de 11 semaines d'âge (Tableau 5). La vitesse de croissance tend vers zéro à partir de 6 mois d'âge (Baumier et Retailleau, 1986 ; Blasco, 1992).

Tableau 5. Performances zootechniques moyennes entre 6 et 9 semaines du lapin de chair de souche améliorée (d'après Prud'hon et *al.*, 1975).

Age (sem.)	Poids vif (g)	GMQ (g/j)	CMQ
6	1060	49,2	98
9	2094	44,3	168
12	2922	34,3	194
15	3532	23,3	184
18	3901	17,6	159

La variation du poids durant la période post sevrage est fortement liée à la vitesse de croissance de l'animal. A cet effet, ce dernier critère a été utilisé dans la sélection génétique afin de réduire la durée de croissance de 11 à 5 semaines (Rouvier et *al.*, 1980 ; De Rochambeau et *al.*, 1989 ; Garreau et *al.*, 2015).

II.3. LA CROISSANCE RELATIVE

La croissance relative correspond à la croissance d'un tissu, d'un organe ou d'un appareil par rapport au développement d'un autre constituant de l'organisme. Chez le lapin en croissance, la plupart des organes présentent un changement d'allométrie, à l'exception de la trachée, du cœur, du poumon chez la femelle et le sang chez les deux sexes (Cantier et *al.*, 1969). Les coefficients d'allométrie moyens des principaux tissus et organes calculés par Cantier et *al.* (1969) chez le lapin âgé entre 9 et 182 jours d'âge sont mentionnés dans le Tableau 6. Dans une étude récente, Martínez-Bas et *al.* (2018) ont constaté que le régime riche en énergie (2400kcal/kg vs 2100 kcal/kg) ralentit le développement du foie et du gras inter scapulaire chez la race sélectionnée.

Tableau 6. Valeur des coefficients d'allométrie des principaux tissus et organes et des poids corporels (sans contenu digestif) chez le lapin (Cantier et *al.*, 1969).

Poids corporel (g)	Tractus digestif	Peau	Tissu adipeux	Squelette	Musculature	Foie
650	1,13	0,44	4,82	0,91	1,20	1,25
850						
950						
1000	0,46	0,86	1,87			
1700				0,55		
2100						0,47
2450			3,21		0,50	

II.4. FACTEURS DE VARIATION DE LA CROISSANCE CHEZ LE LAPIN

II.4. 1. Facteurs intrinsèques

II.4.1.1. Facteur génétique

Le lapin se distingue par une grande variabilité de poids entre les différentes races et les souches (Ouhayoun, 1978). La croissance du lapereau avant le sevrage dépend de l'influence maternelle résultant du génotype de la mère et des facteurs environnant (milieu utérin, taille de la portée, aptitude laitière de la mère, comportement maternel de la mère post natal).

Les estimations de l'héritabilité des poids individuels augmentent avec l'âge. Khalil et *al.*, (1986) donnent des héritabilités très variables selon la population étudiée et l'âge de la mesure. Les valeurs d'héritabilité pour les paramètres de croissance sont illustrées dans le Tableau 7.

Tableau 7. Valeurs de l'héritabilité pour les paramètres de croissance

Auteurs	Poids au sevrage	Poids abattage	GMQ	IC
De la Fuente et <i>al.</i> , 1986	0,22	0,20	0,19	-
Esteany et <i>al.</i> , 1992				
<i>Souche B</i>	0,15	0,19	0,21	-
<i>Souche R</i>	0,15	0,15	0,17	-
Garreau et <i>al.</i> , 2000	0,16	0,28	0,29	-
Larzul et Rochambeau, 2005	0,09	0,67	0,41	0,27
Akanno et Ibe, 2005	0,43	0,36	-	-

II.4.1.2. Facteur sexe

Les mâles et les femelles suivent une courbe de croissance semblable jusqu'à 15 semaines (Cantier et *al.*, 1969) ou 20 semaines (Ouhayoun, 1983) ; au-delà, les femelles deviennent plus lourdes que les mâles, sans incidence sur le rendement à l'abattage (Deltoroana et Lopez, 1986 ; Lebas, 2001 ; Ortiz et Rubio, 2001 ; Lakabi et *al.*, 2004).

II.4.2. Facteurs extrinsèques

II.4.2.1. Facteur alimentaire

Le facteur alimentaire agit sur la croissance du lapin, par la présence ou l'absence d'éléments essentiels dans la ration (énergie, protéines, vitamines...), l'équilibre entre les constituants (protéines/énergie) et la teneur du lest dans la ration (Ouhayoun, 1983). La vitesse de croissance est maximisée avec un aliment distribué à volonté contenant 2500 kcal d'énergie digestible par kg, 16% de protéines brutes, 10 à 14% de cellulose brute et de 2 à 3% de lipides (Henaff et Jouve, 1988).

a. Effet du rationnement

L'effet du rationnement sur la croissance a été rapporté par plusieurs auteurs dans le but de limiter les accidents digestifs (Gidenne et *al.*, 2008 ; 2009 et 2012 ; Duperray et *al.*, 2009 ; Knudsen et *al.*, 2013 et 2015 ; Lu et *al.*, 2016), de réduire le coût de la croissance (Oliviera et *al.*, 2012)ou de modifier la composition corporelle (Perrier et Ouhayoun, 1996 ; Gondret et Bonneau, 1999 ; Larzul et *al.*, 2001).

Les études sur l'effet du niveau alimentaire montrent qu'une ration distribuée inférieure à 85-90%, compromet la croissance et l'adiposité (Tableau 8).

Tableau 8. Effet de la restriction alimentaire au post-sevrage sur la croissance du lapin

Auteurs	Niveau d'ingestion %	Période de restriction (j)	Gain de poids (g)	Poids vif final (g)	Adiposité %	Rendement %
Perrier (1998)	100	35-56	49,6	3059	-	-
	70		28,2	2877	-	-
Tudelle et Lebas (2006)	100	35-73	43,3	2566	-	-
	80		40,5	2425	-	-
	60		33,4	2154	-	-
Gidenne et al. (2009)	100	35-63	45	2319	2,3	56
	75		40	2112	1,7	54
Knudsen et al. (2015)	100	35-63	50,4	2488	3	57,4
	75		45	2333	2	56

Aussi, Birolo et al. (2017) rapportent qu'une restriction alimentaire modérée entre 34-55 jours d'âge, améliore la conversion alimentaire et réduit l'excrétion de l'azote sans effet négatif sur la croissance. Par ailleurs, Duperray et al. (2017) constatent qu'un jeûne sur une période de 14h n'affecte pas les performances de croissance du lapin.

b. Effet de l'apport des protéines

Selon Lebas et Ouhayoun (1987), un taux de protéines élevé dans la ration accélère la croissance. Lors d'une baisse de la qualité et de la quantité de ces dernières le lapin diminue sa consommation alimentaire, se répercutant ainsi sur sa croissance (Lebas et al., 1984). Cependant, un excès de protéines peut perturber l'équilibre dans le caecum en stimulant la flore protéolytique. Les concentrations élevées en ammoniac accroissent le pH induisant ainsi des troubles digestifs (Maertens et De Groote, 1997).

Pour assurer aux animaux une croissance maximale, les protéines alimentaires doivent renfermer des acides aminés équilibrés (Maertens, 1996 ; Lebas, 2004 ; Carabano et

al., 2008). L'absence d'un seul acide aminé essentiel peut être considérée comme un manque global de protéine. En effet, d'après Berchiche et Lebas (1994b), une carence en méthionine engendre une altération de la croissance.

c. Effet du rapport protéines / énergie

Après le sevrage, les équilibres alimentaires de la ration, plus précisément la concentration en énergie digestible et la teneur en protéines digestibles, ont une importance prépondérante sur la croissance des lapereaux. Selon Lebas (2004), un apport de protéines par 1000 Kcal ED, se situant entre 45 et 48, est considéré comme satisfaisant pour une vitesse de croissance maximale.

Par ailleurs, lorsque le rapport PB/ED augmente les performances de croissance et le gras péri rénal diminuent (Kajer et Jensen, 1997)(Tableau 9).

Tableau 9. Effet des rapports P/E sur les performances d'abattage du lapin.
(Kajer et Jensen, 1997)

P/E	1.79	2.28	2.46	2.59
Poids vif (g)	3053	3005	2972	2802
Gain de poids (g/j)	40,6	45	40,7	41,7
IC	3,58	4,08	5,11	5,94
Gras péri rénal (g)	29,8	45,3	38,4	20,4

d. Effet de la teneur en fibres

Afin d'assurer un bon fonctionnement du tube digestif et la santé des lapereaux, un apport minimum de fibres est considéré comme nécessaire (Gidenne et *al.*, 2008 ; Perez et *al.*, 2000). La croissance est sensiblement réduite lorsque l'apport en fibres alimentaires est déficient (<16% d'ADF) (Peinheiro et Gidenne, 1999). Perez et *al.* (1996) suggèrent qu'un taux assez élevé en cellulose est nécessaire en début de la croissance afin de réduire les mortalités. Toutefois, un taux de 12% semble suffisant en fin d'engraissement s'il renferme au moins 4,5% de lignine. Cependant l'excès de cellulose brute (> 16%) peut réduire la teneur en énergie digestible en dessous du seuil de régulation des animaux (Lebas, 1984) induisant une baisse de la vitesse de croissance.

II.4.2.2. Effet de l'environnement

a. Effet de la température ambiante

L'augmentation de la température ambiante se traduit par une sous consommation d'aliments accompagnée d'une altération de la vitesse de croissance (Chiericato et *al.*, 1992; Ayyat et Marai, 1997 ; Mousa–Balabel, 2004).

Par contre les basses températures engendrent une consommation alimentaire accrue (Arveux, 1988) entraînant un indice de consommation élevé. L'effet de la variation de la température ambiante sur la croissance est rapporté dans le Tableau 10.

Tableau 10. Effet de la température ambiante sur les performances de croissance du lapin de race Néo-Zélandaise (Ondruska et *al.*, 2011).

Performances/Températures °C	18±2.5	36±3
Poids final (g)	2367	2174
GMQ (g/j)	36,3	25
Ingéré (g/j)	159	67
IC	4.5	2.7

b. Effet de la saison

Le poids et le gain moyen quotidien des lapins nés durant les saisons fraîches sont plus élevés que celui des lapins nés en saison chaude (Lebas et Ouhayoun, 1987 ; Kamal et *al.*, 1994 ; Chiericato et *al.*, 1992 : 37 et 27 g/jour). Les performances de croissance

sont meilleures pendant l'hiver et diminuent au printemps et en été (Tableau 11).

Tableau 11. Effet des saisons sur les performances de croissance du lapin de population locale et des races sélectionnées (Lakabi et *al.*, 2004, Ouyed et *al.*, 2007)

Saisons	Lakabi et <i>al.</i> , 2004				Ouyed et <i>al.</i> , 2007			
	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Mesure								
Poids final (g)	2059	1815	1654	-	-	-	-	-
Ingéré (g/j)	87	89,4	71	-	139	128	133	141
GMQ (g/j)	24,35	26,75	24,5	-	45,4	43,2	43,5	45,3

c. Effet de la densité

Une densité supérieure à 16 lapins/m² réduit les performances de croissance (Martin, 1982 ; Maertens et De Groot 1985 ; Mirabito, 2007 ; Villalobos et *al.*, 2008)(Tableau 12). L'utilisation d'une densité de 15,6 lapins/m² permet une bonne vitesse de croissance et moins de compétition entre les animaux (Colmin et *al.*, 1982).

Tableau 12. Incidence de la densité animale (nombre de lapins/m²) sur les performances d'engraissement.

Densité Performances	Martin, 1982			Villalobos et <i>al.</i> , 2008			
	12,5	15,6	18,7	6	12	18	24
Poids vif à 70 jours (g)	2384	2327	2150	-	-	-	-
GMQ (g/j)	36,5	36,1	32	21,3	20,4	17,5	16
Ingestion (g/j)	122	122	111	97,4	94,1	83,7	76,9
IC	3,36	3,39	3,35	-	-	-	-

d. Effet du logement

Le mode de logement a un effet sur la croissance. Plusieurs auteurs ont rapporté que les lapins logés en parc présentent une vitesse de croissance réduite à celle des lapins logés en cage (Jehl et *al.*, 2003 ; Combes et *al.*, 2003 ; Leblatier et *al.*, 2017 ; Roy et *al.*, 2017) (Tableau 13).

Tableau 13. Incidence du mode de logement sur les performances zootechniques du lapin (Souche Hyplus) (Leblatier et *al.*, 2017).

Mesures	Cages	Parc
Poids à 32 j (g)	855	857
Poids à 51 j (g)	1613	1719
Poids à 69 j (g)	2347	2274
GMQ (g/j)	40,4	38,3
Mortalité %	2,1	7,3
Rapport viande/os	5,2	4,7
Adiposité %	3,3	2,7

CHAPITRE III – LE METABOLISME ENERGETIQUE CHEZ LE LAPIN

III.1. BILAN ENERGETIQUE

III.1.1. Les composantes du bilan énergétique

En alimentation animale, il est important de bien connaître l'utilisation de l'énergie par les animaux afin de satisfaire leurs besoins. Chez le lapin, le bilan énergétique exprime l'énergie sous diverses formes: l'énergie brute (EB), l'énergie digestible (ED), l'énergie métabolisable (EM) et l'énergie nette (Figure 4).

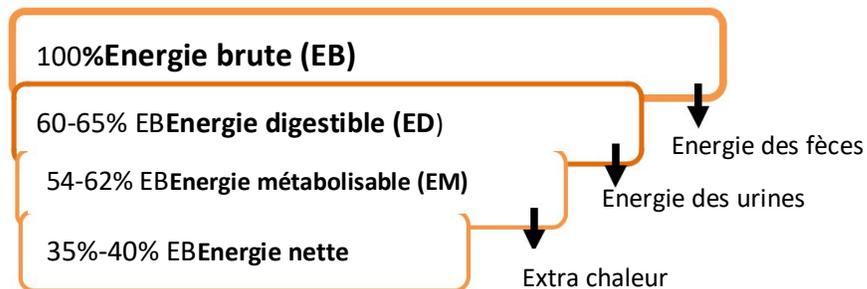


Figure 4. Utilisation énergétique des aliments chez le lapin (Xiccato et Trocino, 2010)

III.1.1.1. Energie brute (EB)

L'EB correspond à la quantité d'énergie chimique produite sous forme de chaleur lorsque la matière organique est complètement oxydée par combustion dans une bombe calorimétrique, formant de l'eau et du dioxyde de carbone comme produits principaux.

La teneur en EB des aliments destinés aux animaux dépend de la composition chimique de la matière organique. La concentration en EB des aliments ne fournit aucune information utile sur l'utilisation de l'énergie alimentaire par l'animal et par conséquent elle n'est pas considérée comme unité pertinente dans l'évaluation énergétique des aliments pour les besoins énergétiques des animaux (Xiccato et Trocino, 2010).

III.1.1.2. Energie digestible (ED)

L'ED correspond à la fraction obtenue par différence entre l'énergie brute et l'énergie contenue dans les fèces. Elle peut être mesurée *in vivo* ou bien par la méthode d'équations de régression :

➤ La détermination directe *in vivo* est basée sur la méthode de référence européenne (Perez et *al.*, 1995). Elle consiste à placer des lapins dans des cages à métabolisme pendant une période d'adaptation donnée, puis de mesurer les quantités alimentaires ingérées et celles des fèces excrétées quotidiennement sur une période de 4 jours. L'énergie contenue dans l'aliment et les fèces est déterminée par le calorimètre. Dans le cas où l'aliment de base n'est pas appétent pour le lapin d'autres méthodes sont utilisées ; il s'agit de la méthode d'estimation par différence et celle de substitution ou de dilution. La première consiste à remplacer une certaine quantité de l'aliment de base par la matière première à tester, puis mesurer la digestibilité des deux aliments, pour la deuxième, plusieurs taux de la matière première à tester sont introduits dans l'aliment de base. La valeur de la matière première étudiée qui correspond à un taux d'incorporation de 100% est déterminée par régression.

➤ La détermination indirecte est basée sur un système d'équations de régression qui permettent d'évaluer la teneur en ED de l'aliment en utilisant la composition chimique brute de celui-ci (PB, MG, CB, MM...). Il est à constater qu'en fonction de l'évolution de la recherche, de nouveaux nutriments des matières premières sont pris en compte dans les équations (Tableau 14).

Tableau 14. Les équations de régression utilisées pour déterminer l'énergie digestible

Auteurs	Equations
Battaglini et Grandi (1984)	$ED (MJ/kg MS) = 15,8 - 0,22 ADF$
Fekete et Gippert (1986)	$ED (Kcal/kg MS) = 4253 - 326(CB MS\%) - 144,4(C MS\%)$
Corino (1987)	$ED (MJ/kg MS) = 6,3 - 0,22 ADF + 0,49 EB$
Maertens et <i>al.</i> (1996)	$ED (MJ/kg MS) = 15,2 - 0,20 ADF$
De Blas et <i>al.</i> (1992)	$ED (MJ/kg MS) = 14,9 - 0,22 ADF + 0,35 EE$
Fernandez et <i>al.</i> (1996)	$ED (MJ / kg MS) = 14,2 - 0,205 ADF + 0,218 EE + 0,057 PB$
Fernandez et <i>al.</i> (2004)	$ED (MJ/kg MS) = 15,3 - 0,19 ADF$
Lebas (2013)	$ED-Lap = 15,627 + 0,000982 MAT^2 + 0,0040 EE^2 - 0,0114 MX^2 - 0,169 ADF \pm 1,250 MJ/kg MS.$

III.1.1.3. Energie métabolisable (EM)

L'EM est mesurée à partir de l'ED en déduisant l'énergie associée à l'urine et aux gaz de fermentation intestinale. Chez le lapin, la perte d'énergie dans l'urine est importante et dépend de la concentration en protéines alimentaires (Maertens et *al.*, 2002; Xiccato et *al.*, 2007 ; Xiccato et Trocino, 2010) L'énergie urinaire (EU) est calculée à partir de la quantité d'azote excrétée quotidiennement dans l'urine (NU) selon l'équation citée par Parigi Bini et Cesselli (1977): $EU (kJ/j) = 51,76 NU (g/j) - 3,01$

III.1.1.4. Energie nette (EN)

L'EN est obtenue par la différence entre l'EM et l'extra chaleur. Elle représente la fraction de l'EB réellement utilisée par l'animal à des fins d'entretien et de production et constitue donc l'estimation la plus précise de la valeur énergétique de l'aliment et des besoins énergétiques de l'animal. Néanmoins, l'application de ce système aux lapins s'est révélé extrêmement compliqué et onéreux (Maertens et Lebas, 1989).

L'extra chaleur ou la production de chaleur est composée des pertes liées au métabolisme de base, à la thermogénèse alimentaire, à la thermorégulation et à l'activité physique.

Au final, l'énergie digestible est la plus utilisée dans l'alimentation pratique du lapin. Elle est beaucoup plus simple et moins coûteuse que l'EN (De Blas et *al.*, 1985).

III.2. METABOLISME ENERGETIQUE ET LES BESOINS

L'utilisation des nutriments et des métabolites nécessitent des transformations qui constituent le métabolisme qui revêt deux aspects, l'anabolisme et le catabolisme. L'*anabolisme* conduit à la synthèse des substances s'accompagnant des dépenses énergétiques et le *catabolisme* se traduit par la destruction des molécules avec libération d'énergie, produisant des déchets tels que le CO₂, l'urée, l'acide urique (Drogoul et *al.*, 2004). Plusieurs facteurs influencent le métabolisme énergétique du lapin et, par conséquent, ses besoins énergétiques. Ces facteurs sont liés à l'animal (race, âge et sexe), son stade physiologique (entretien, croissance, gestation et allaitement) et à

l'environnement dans lequel évolue l'animal (température, humidité, vitesse de l'air) (Xiccato et Trocino, 2010).

III.2.1. Consommation énergétique

Comme les autres mammifères, le lapin régule son ingestion selon son besoin énergétique. Des mécanismes chémostatiques sont impliqués au travers du système nerveux et de métabolites sanguins liés au métabolisme énergétique (Gidenne et Lebas, 2005). L'ingestion énergétique volontaire est proportionnelle au poids vif métabolique ($PV^{0,75}$), elle est d'environ 220 à 240 Kcal d'ED/j/Kg de $PV^{0,75}$ (Lebas et al., 1989). La régulation chémostatique n'apparaît qu'avec une concentration d'ED du régime alimentaire supérieure à 9 MJ/kg (Parigi Bini et Xiccato, 1998) (Figure 5)

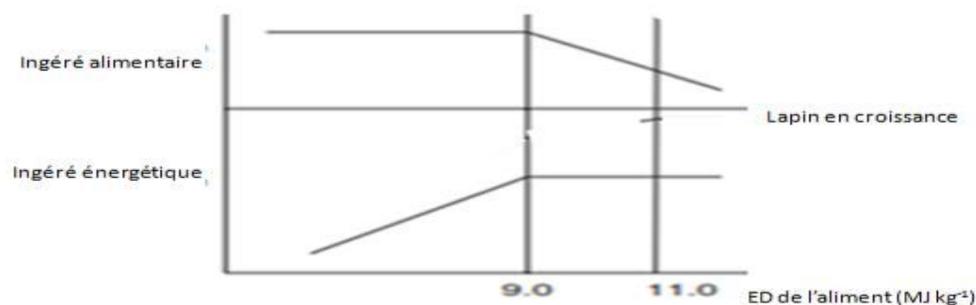


Figure 5. Effet de la concentration d'énergie digestible (ED) sur l'ingéré volontaire et l'ingéré énergétique chez le lapin en croissance (Parigi Bini et Xiccato, 1998).

Dans le cas où l'aliment renferme une faible teneur en ED, le lapin augmente son ingéré alimentaire pour couvrir ses besoins. Néanmoins, la surconsommation alimentaire est limitée par une régulation de type physique liée à l'état de réplétion du tube digestif (Gidenne et Lebas, 2005). À l'inverse, un aliment hautement énergétique conduira à une réduction de l'ingestion alimentaire (Tableau 15), qui peut induire à un ingéré insuffisant pour d'autres nutriments, tels que les protéines ou certains acides aminés essentiels (Gidenne, 2015).

Tableau 15. Effet des niveaux énergétiques sur la consommation chez le lapin en croissance.

Auteurs	Niveaux d'énergie Digestible (Kcal/kg)	Ingéré alimentaire g/j	% de baisse de la consommation
Dehalle, 1981	2280	119	9,24
	2610	108	
Renouf et Offner, 2007	2050	143	7,7
	2280	139	
	2690	132	
Montessuy et <i>al.</i> , 2009	2100	155	15,5
	2240	146	
	2375	138	
	2515	131	
Knudsen et <i>al.</i> , 2013	2100	163	8,6
	2400	149	

De ce fait il est nécessaire de prendre en considération le rapport PD/ED de l'aliment pour s'assurer de l'équilibre de la ration. Un aliment à concentration énergétique entre 9,8 MJ/kg et 10,2 MJ/kg et un rapport de PD/ED 11,5 g/1MJ D'ED, permet de couvrir les besoins des lapins (Parigi-Bini et Xiccato, 1998 ; Lebas, 2004 ; De Blas et Mateos, 2010).

III.2.2. Efficacité de l'utilisation énergétique

Chez le lapin, lorsque la teneur en ED de l'aliment varie, celle de l'énergie retenue est modifiée en relation avec l'ingéré en énergie digestible (Xiccato et Trocino, 2010).

L'efficacité énergétique est estimée par un coefficient pour l'entretien (k_e) et la croissance (k_c) (De Blas et *al.*, 1985 ; Parigi Bini et Xiccato, 1986 ; Partridge et *al.*, 1989 ; Xiccato et *al.*, 1995). L'efficacité de l'utilisation énergétique pour la croissance est calculée comme suit : $k_c = ER_c / IED$ (De Blas et *al.*, 1985). L'énergie retenue pour la croissance (ER_c) est répartie en énergie retenue sous forme de lipides (ER_l) et sous forme de protéines (ER_p) (Xiccato et Trocino, 2010 ; Tableau 16).

Tableau16. Efficacité énergétique chez le lapin en croissance.

(Xiccato et Trocino, 2010).

Efficacité de l'utilisation énergétique	
Energie retenue totale (ERc/IED)	0,50
Energie retenue pour les protéines (ERp/IED)	0,40
Energie retenue pour le (ERI/IED)	0,65

III.2.3. Les besoins énergétiques du lapin

a. Les besoins énergétiques pour l'entretien

Les besoins d'entretien permettent à l'animal de maintenir son poids et d'assurer ses fonctions vitales. Ils varient en fonction du poids métabolique et de l'état physiologique. Ils sont calculés sur un animal au repos, par la somme des besoins de la thermorégulation (zone de neutralité neutre) et le renouvellement des tissus de l'organisme.

Les besoins de la race Néo-Zélandaise ont été estimés par différents auteurs (Tableau 17), néanmoins une valeur moyenne de $430 \text{ kJ/j/PV}^{0.75}$ est retenue (Xiccato et Trocino, 2010).

Tableau 17. Energie digestible nécessaire pour l'entretien chez le lapin Néozélandais.

(Xiccato et Trocino, 2010).

Auteurs	Energie digestible pour l'entretien
	<i>kJ/jour/kg de PV^{0.75}</i>
Isar (1981)	470
Scheele et al. (1985)	413
Parigi Bini et Xiccato (1986)	425-454
Partridge et al. (1989)	381
Nizza et al. (1995)	441-454

Cependant, les besoins en ED pour l'entretien chez le lapin en croissance varient en fonction de la race caractérisée par un gain quotidien et une composition corporelle différents : $381 \text{ kJ/j/PV}^{0.75}$ chez le lapin de race Néo- Zélandaise (Partridge et al., 1989), $552 \text{ kJ/j/PV}^{0.75}$ chez le lapin Géant d'Espagne (De Blas et al., 1985).

b. Besoins énergétiques pour la croissance.

En plus des besoins d'entretien, le lapin utilise l'énergie pour assurer sa croissance. Patridge et *al.* (1989) montrent que le gain moyen quotidien du lapin nourri avec un aliment riche en énergie digestible est amélioré, à condition que le rapport PD/ED soit respecté. Ainsi, la vitesse de croissance (GMQ) maximale est atteinte lorsque la concentration en ED de l'aliment est d'environ 10 à 10,5 MJ/kg (Figure 6). Xiccato et Trocino (2010) ont estimé les besoins énergétiques pour la croissance par l'équation suivante :

$$EDc = ERp + ERI$$

ED : Energie digestible pour la croissance ;

ERp : énergie retenue pour les protéines ; ERI : énergie retenue pour les lipides ;

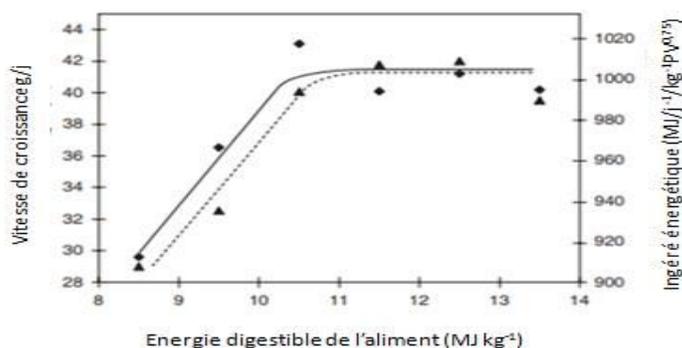


Figure 6. Effet de la concentration énergétique sur la vitesse de croissance (—) et l'ingéré énergétique (----) (Patridge et *al.*, 1989).

Par ailleurs, l'augmentation de l'apport énergétique affecte la composition en gains corporels et la répartition de l'énergie retenue sous forme de protéines et de lipides. Parigi Bini et Xiccato (1986) soulignent que la mise à jeun de l'animal induit une perte de poids liée au «métabolisme à jeun». La perte en énergie retenue est plus importante sous forme de lipides (ERI) (Tableau 18).

Tableau 18. Composition du gain du poids vif vide (GPV) et répartition de l'énergie retenue (RE) influencée par l'apport en énergie digestible (Parigi Bini et Xiccato, 1986).

Composition du gain de poids								
EDi (kJ)	GPV (g)	Ge(g)	Gp(g)	Gg(g)	GC(g)	ERp(kJ)	ERl(kJ)	ERc(kJ)
0	-12,6	-6,5	-2,4	-2,8	-0,9	-57	-98	-155
273	0,0	1,8	0,2	-1,9	-0,1	4	-66	-62
425	6,5	5,8	1,5	-1,0	0,2	36	-36	0
900	24,4	15	5,2	3,4	0,8	122	122	244
1000	27,8	16,4	5,9	4,7	0,8	137	166	303

Ce, Gp, Gg, Gc , gain en eau, en protéines, en gras et en cendres respectivement ; Erp, Erg, Erc, énergie retenue pour les protéines, le gras et la croissance respectivement.

III.3. Méthodes d'estimation des besoins en énergie

Afin d'estimer les besoins en énergie du lapin, plusieurs méthodes expérimentales ont été mises en place. Les principales méthodes sont :

III.3.1. Expériences d'alimentation

Ces expériences sont conduites pour mesurer les variations du poids vif induites par les quantités d'énergie ingérée. Ces dernières consistent à distribuer des aliments à différentes concentrations énergétiques puis de mesurer la croissance induite pendant une période bien déterminée.

III.3.2. Méthodes calorimétriques

Elles mesurent la chaleur perdue par les animaux. Celle-ci est mesurée par deux types de techniques :

- soit par la mesure de perte de chaleur de l'animal (calorimétrie directe),
- soit à partir de la mesure des échanges respiratoires (calorimétrie indirecte),

fondée sur le principe selon lequel la production de chaleur est étroitement corrélée avec la consommation d'oxygène et la production de gaz carbonique, lors de l'oxydation des composés organiques dans le cycle de Krebs. Les consommations d'O₂, production de CO₂

et chaleur dégagée, dépendent de la composition des nutriments métabolisés. Aussi, le rapport CO₂ produit sur O₂ consommé ou quotient respiratoire (QR) indique l'orientation du métabolisme (Kleiber, 1961).

Ces méthodes permettent la mesure directe de l'apport en EMet de l'énergie perdue sous forme de chaleur (EC). L'énergie retenue (ER) dans le corps est calculée par la différence entre l'EM et l'EC. Les méthodes calorimétriques nécessitent un équipement très complexe et coûteux et ne peuvent être utilisées que sur quelques animaux et dans des expériences à court terme.

D'autres techniques sont utilisées afin d'estimer le besoin énergétique à savoir la technique qui permet de mesurer l'énergie retenue dans le corps. Elle a été largement appliquée aux lapins (Partridge et *al.*, 1989 ; Parigi Bini et *al.*, 1992; Pascual et *al.*, 2000). Elle consiste à peser la carcasse vide du premier groupe d'animaux abattu au poids initial de l'essai, puis celle du deuxième groupe d'animaux abattus au poids final, puis de calculer l'ER par la différence entre l'énergie retenue dans la carcasse du dernier groupe avec celle du groupe initial. Contrairement à la technique d'abattage, une autre méthode consiste à déterminer l'ER sans procéder à l'abattage. Plusieurs méthodes ont été proposées pour le lapin, notamment les méthodes de dilution, la résonance magnétique nucléaire, la tomographie informatisée et la conductivité électrique du corps total, (telles que décrites par Fekete, 1992 ; Pascual et *al.*, 2006). Cependant, ces méthodes nécessitent souvent des équipements très coûteux et leur efficacité n'est pas totalement démontrée.

CHAPITRE IV – LE METABOLISME PROTEIQUE

IV.1. GENERALITES

Le métabolisme protéique est caractérisé par un état dynamique appelé turnover (synthèse et dégradation) dont le bilan se traduit chez l'animal en croissance par un dépôt protéique. L'étude de la synthèse protéique a été abordée par plusieurs auteurs chez le lapin (Koizumi, 1974 ; Palmer et *al.*, 1980 ; Lobley et *al.*, 1979). Le muscle, en raison de sa masse, contribue majoritairement à la synthèse protéique.

Les protéines sont les composantes fondamentales du tissu animal (muscles, tissus cellulaires), de certaines hormones et de toutes les enzymes. Elles sont importantes pour le renouvellement constant des tissus liés à son entretien et pour la production (gain de poids, lait, fœtus...). Les pools des acides aminés et des protéines sont en équilibre dynamique. Les facteurs conditionnant cet équilibre sont le flux des protéines alimentaires, la synthèse des acides aminés de *novo*, la synthèse et la dégradation des protéines (turnover protéique) et l'oxydation des acides aminés résultant à la production d'azote et de CO₂ (Figure 7). Les acides aminés libres sont utilisés pour la synthèse de nouvelles protéines, de molécules azotées non protéiques, des acides aminés non essentiels et des molécules non azotées comme les corps cétoniques et le glucose en situation de jeûne (Tesseraud, 1995).

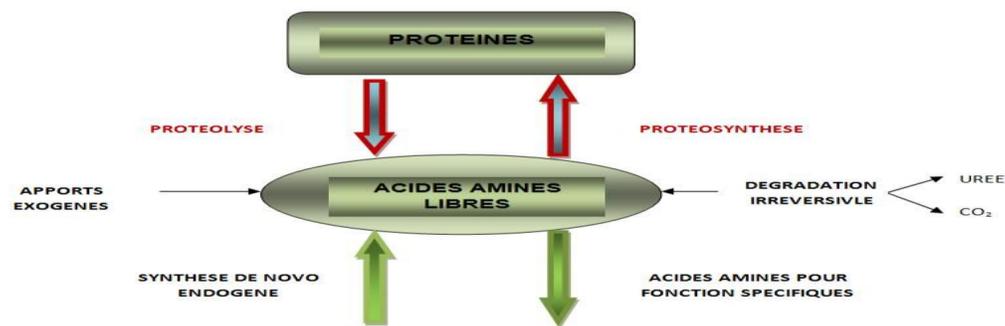


Figure 7. Schéma général du métabolisme protéique(Tesseraud, 1995)

IV.2. BESOINS PROTEIQUES CHEZ LE LAPIN

Les besoins protéiques du lapin doivent être pris en considération sur le plan quantitatif et qualitatif. La ration alimentaire distribuée au lapin doit contenir des PB équilibrées en acides aminés nécessaires à son entretien et sa croissance. Toutefois, la cæcotrophie fournit aussi des protéines d'origine bactérienne et de haute qualité biologique (Méthionine+cystine et Lysine), mais en quantité insuffisante pour compenser la carence en acides aminés essentiels (Carabano, 1992).

En nutrition azotée chez le lapin, les unités utilisées pour exprimer les besoins sont les protéines brutes (PB) et les protéines digestibles (PD) (De Blas et *al.*, 1985 ; Villamide et *al.*, 1998).

IV.2.1. Besoins d'entretien en protéines

Les lapins ont besoin d'un régime contenant suffisamment de protéines digestibles pour remplacer les tissus et synthétiser de nouvelles protéines, afin d'assurer une bonne production. Chez les lapins en croissance, les protéines digestibles pour l'entretien sont estimées en fonction des races (Tableau 19).

Tableau 19. Les besoins d'entretien en protéines digestibles chez le lapin en croissance de différentes races.

Lapin en croissance		
	<i>(PD) (g/j/kg PV^{0.75})</i>	<i>Race</i>
De Blas, 1985	3,8	Géant d'Espagne
Partridge et <i>al.</i> , 1989	3,1	Néo-Zélandaise X Californienne
Xiccato et Trocino, 2010	2,9	Néo-Zélandaise

IV.2.2. Besoins de croissance en protéines

La ration alimentaire du lapin doit renfermer 15 à 16 % de PB pour les jeunes lapereaux en croissance (Lebas, 2004 ; De Blas et Mateos, 2010). D'après Lebas et *al.* (1996), 10 des 21 acides aminés, qui constituent les protéines sont indispensables pour la croissance du lapin. Parmi les 10 acides aminés essentiels, les besoins de la lysine, la méthionine, la cystine (acides aminés soufrés) l'arginine, l'athréonine et le tryptophane ont été étudiés en raison des risques de carence en ces acides aminés dans les fourrages (Berchiche et Lebas, 1984) (Tableau 20).

Tableau 20. Recommandations (g/kg) en acides aminés essentiels chez le lapin en production intensive. (Lebas, 2004)

Acides aminés essentiels	Croissance
Lysine	8
Méthionine+cystine	6
Thréonine	5,8
Tryptophane	1,4
Arginine	9

Par ailleurs, si un des acides aminés arrive à manquer dans la ration alimentaire, celui-ci va entraîner une diminution de la consommation alimentaire, se répercutant ainsi sur la dégradation de la vitesse de croissance et de l'indice de consommation (Tableau 21). Ainsi pour le lapin en croissance, si l'aliment présente un bon équilibre en acides aminés indispensables, il peut contenir 10 à 12% de protéines digestibles (Gidenne, 2015).

Tableau 21. Effet de la diminution du taux de protéines ou des acides aminés essentiels en dessous des valeurs recommandées sur les performances de croissance du lapin (Lebas et *al.*, 1996)

Réduction du taux dans la ration	Diminution du gain de poids	Augmentation de l'IC
	Valeur absolue (g/jour)	Valeur absolue (g/jour)
Protéines (1 point)	-3	+0,1
Méthionine (0,1 point)	-2	+0,1
Lysine (0,1 point)	-5	+0,1
Arginine (0,1 point)	-1,5	+0,1

L'efficacité d'utilisation des protéines digestibles pour la croissance est estimée à 0,56 (Partridge et *al.*, 1989 ; Fernández et Fraga, 1996 ; Motta Ferreira et *al.*, 1996; Fraga, 1998). D'après la littérature, les niveaux de protéines alimentaires recommandés pour les lapins en croissance sont de l'ordre de 150 g/kg à 170 g/kg pour les protéines brutes et de 100 à 130 g/kg pour les PD (Tableau 22).

Tableau 22. Les besoins en protéines chez le lapin en croissance.

Les besoins en protéines		
	<i>Protéines brutes %</i>	<i>Protéines digestibles (g/kg)</i>
Maertens et <i>al.</i> ,1997	15,7	-
Lebas et Gidenne, 2000	15-15,5	110-115
Trocino et <i>al.</i> , 2000	15,6	-
Lebas, 2004	16-17	120-130
De Blas et Mateos, 2010	15	100-110

IV.3. LE BILAN AZOTE

Par définition, le bilan azoté indique l'évolution nette de la masse protéique. Il est positif lorsque la masse protéique s'accroît, c'est le cas en période de croissance, et proche de zéro lorsque la masse protéique est constante. Cependant, il est négatif lorsque la quantité d'azote perdue est supérieure à l'azote absorbé entraînant ainsi une fonte protéique. L'équation de base du bilan azoté est la suivante :

$$\text{Bilan azoté} = \text{apport d'azote} - (\text{azote urinaire} + \text{azote fécal}).$$

Chez le lapin à l'engraissement, divers facteurs peuvent affecter le bilan azoté tel que le niveau protéique et énergétique de l'aliment et le rapport PD/ED (Maertens et *al.*, 2005 ; Xiccato et *al.*, 2005).

IV.3.1. Le niveau de protéines alimentaires

Chez le lapin à l'engraissement, une fois que les besoins en acides aminés sont satisfaits, les protéines alimentaires peuvent être réduites sans pour autant nuire aux performances de production (Maertens et *al.*, 1997). Lorsque les lapins sont nourris avec un régime supplémenté en acide aminé le plus limitant jusqu'à l'abattage (63 jours âge) et à 2,35 kg de poids corporel, la diminution des protéines brutes alimentaires de 16% à 14 %, ne nuit pas aux performances de croissance (García-Palomares et *al.*, 2006).

Au-delà de 75 à 90 jours d'âge la consommation alimentaire est plus importante, à cette période la concentration en azote alimentaire peut être réduite sans affecter les performances et la qualité de la viande (Maertens et *al.*, 1997 ; Trocino et *al.*, 2001).

Par ailleurs, la diminution de la teneur en protéines brutes de l'aliment de 16 à 14% au cours de la première période (32 à 56 jours), réduit la croissance quotidienne suivie par une diminution de la rétention d'azote corporel (-0,06) et de l'excrétion d'azote (-0,07). En revanche, au cours de la deuxième période (56 à 77 jours), une réduction des protéines brutes de 15% à 14,3% diminue l'excrétion d'azote de 0,09 sans nuire au gain quotidien ni à la rétention d'azote corporel (Trocino et *al.*, 2000).

IV.3.2. Le niveau d'énergie alimentaire et le rapport PD/ED

Les régimes riches en fibres et en amidon et à faible concentration en ED ont été largement utilisés au cours de la dernière décennie pour réduire le risque de maladies digestives telles que l'entéropathie épizootique du lapin (Gidenne, 2003 ; Gidenne et García, 2006). En effet, Xiccato et *al.* (2006) rapportent que lorsque la concentration en ED diminue de 10,5 à 8,8 MJ /kg et que la concentration en PB alimentaires est maintenue à 15% avec une digestibilité de 70%, le rapport PD/ED augmente de 10 à 12 g /MJ (Figure 8), entraînant une excrétion quotidienne d'azote accrue (matières fécales plus urinaires).

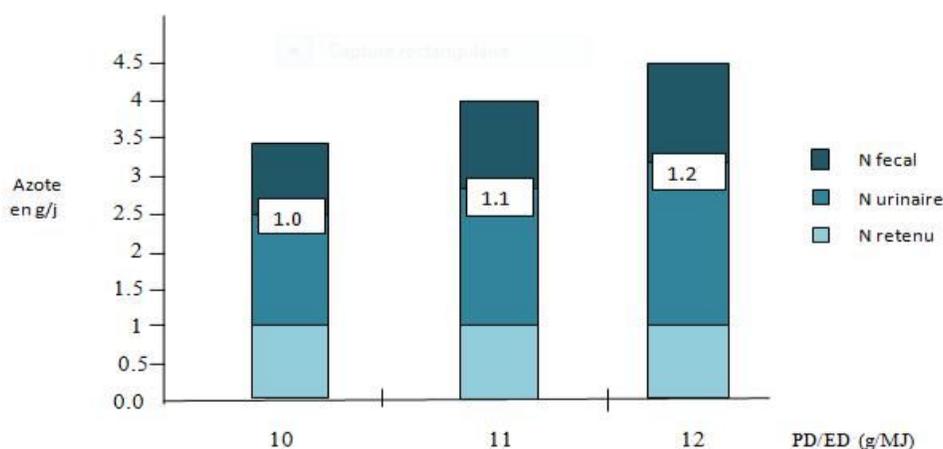


Figure 8. Rétention et excrétion quotidiennes en azote (N) (fèces et urine) en fonction du ratio PD/ED de l'aliment (Xiccato et *al.*, 2006).

Chez le lapin, l'excès de protéines dans la ration alimentaire peut perturber l'équilibre de la microflore dans le caecum en stimulant la flore protéolytique. En effet, des concentrations plus élevées de NH₃ entraînent une élévation du pH, induisant une

augmentation des risques de troubles digestifs (Maertens et De Groote, 1987, Cortez et *al.*, 1992, Gidenne et *al.*, 2001) qui favorisent la prolifération des bactéries pathogènes comme *E coli* et les clostridies (Haffar et *al.*, 1988 ; Cortez et *al.*, 1992 ; Chamaroll et *al.*, 2007).

IV.4. REGULATION DU METABOLISME ENERGETIQUE ET PROTEIQUE

IV.4.1. Contrôle du métabolisme énergétique

Parmi les facteurs hormonaux contrôlant le métabolisme énergétique, *l'insuline* est l'hormone la plus importante. Elle modifie l'approvisionnement du muscle en nutriments par un effet direct de vasodilatation. Ainsi le flux sanguin augmente à travers les tissus, notamment musculaires, par une diminution de la néoglucogenèse dans le foie et de la lipolyse dans les tissus adipeux aussi par une augmentation du captage du glucose et des acides aminés par les tissus (Hocquette et *al.*, 2000).

Dans le muscle, l'insuline stimule le métabolisme du glucose en augmentant son captage, son oxydation, son recyclage en lactate et son stockage sous forme de glycogène.

L'insuline augmente aussi le captage par le muscle d'autres nutriments tels que l'acétate. Enfin, elle joue un rôle majeur dans le métabolisme des lipides en dirigeant les acides gras à chaîne longue vers le dépôt de triglycérides plutôt que vers l'oxydation dans les muscles (Hocquette et *al.*, 1996 et 1998).

Aussi, *l'hormone de croissance*, favorise le gain de poids, accroît l'efficacité alimentaire et diminue le dépôt de lipides dans le tissu adipeux (Hocquette et *al.*, 2000).

Par ailleurs, les *hormones thyroïdiennes* augmentent la multiplication et l'activité des mitochondries, l'oxydation des lipides et les dépenses énergétiques du fait de l'accroissement du métabolisme protéique (Hocquette et *al.*, 1998).

Les *béta 2-agonistes* augmentent la synthèse et le dépôt des protéines, tout en diminuant la dégradation des protéines et le dépôt de lipides (Sillence, 1996).

IV.4.2. Contrôle du métabolisme protéique

Le métabolisme protéique est contrôlé par des facteurs hormonaux et nutritionnels (Figure 9).

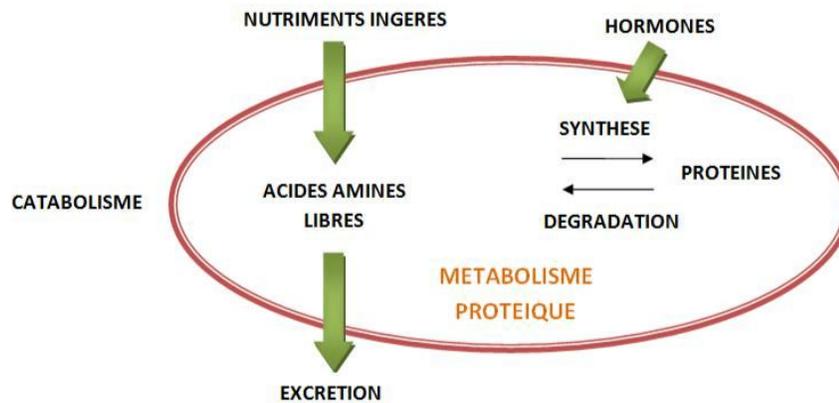


Figure 9. Effet des facteurs nutritionnels et hormonaux sur le métabolisme protéique. (Boussaid, 2011)

De nombreuses *hormones* jouent un rôle dans le métabolisme protéique (Grizard et *al.*, 1995 ; Rooyackers et Nair, 1997 ; Lobley et *al.*, 1998). Ces hormones peuvent être anabolisantes favorisant le gain protéique ou catabolisantes favorisant la perte protéique.

Des hormones anabolisantes telles que *l'insuline*, *la GH (Growth Hormone)*, *IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1)*, *les stéroïdes sexuels*, agissent sur le turnover protéique en stimulant la protéosynthèse et/ou en inhibant la protéolyse.

En ce qui concerne les hormones cataboliques, *le glucagon* et *les glucocorticoïdes* favorisent la fonte musculaire en stimulant la protéolyse et/ou inhibant la protéosynthèse.

L'effet des hormones thyroïdiennes est plus complexe car il dépend de leur teneur. A des concentrations modérées, ces hormones auraient un effet catabolique en favorisant la synthèse protéique. Elles sont d'ailleurs considérées comme des hormones essentielles à la croissance et au développement. En revanche en cas d'hyperthyroïdie, la fonte musculaire observée serait principalement due à une protéolyse accrue.

Il existe des fortes interactions entre les systèmes endocriniens en termes de régulation du métabolisme protéique. En effet, l'hormone de croissance GH stimule la synthèse protéique musculaire en partie via IGF-1 (Millward, 1999).

Par ailleurs, *la régulation nutritionnelle* du métabolisme protéique dépend également du niveau des apports alimentaires et de leur nature. Des études rapportées par Reeds et Fuller (1983) soulignaient l'effet des quantités ingérées sur le dépôt protéique, en notant

que la vitesse de synthèse paraissait être le déterminant majeur contrôlant la masse des protéines corporelles. L'augmentation des quantités ingérées se traduit par une croissance de la masse protéique corporelle qui correspond à une augmentation simultanée des vitesses de protéosynthèse et de protéolyse (Lobley, 1998).

L'augmentation du taux protéique de la ration produit également une augmentation des vitesses de synthèse et de dégradation des protéines corporelles (Reeds et *al.*, 1981 ; Muramatsu et *al.*, 1987 ; Tesseraud, 1995).

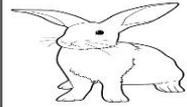
Par ailleurs, il existe une additivité des effets de l'énergie et des protéines (Kita et *al.*, 1993). L'augmentation de l'énergie ingérée sous forme de glucides ou de lipides provoque une légère augmentation de la protéosynthèse et une diminution de l'oxydation des acides aminés (utilisation des acides aminés à des fins énergétiques), la protéolyse étant quant à elle réduite, surtout lors de supplémentation en lipides.

Aussi, il faut noter que la protéosynthèse et protéolyse sont deux processus coûteux en énergie et qu'un défaut d'apport énergétique au niveau du muscle peut à priori contribuer à freiner le turnover protéique.

IV.5. ROLE DES ACIDES AMINES DANS LA REGULATION DU METABOLISME PROTEIQUE

Les acides aminés sont des régulateurs majeurs de la croissance et du métabolisme protéique (Hocquette et *al.*, 2007). Les effets des apports en acides aminés sur le renouvellement protéique ont été étudiés en utilisant des régimes carencés ou supplémentés en acides aminés ou *via* des administrations intraveineuses d'acides aminés (Dardevet et *al.*, 2002 ; Tesseraud et *al.*, 2001). La stimulation de la synthèse protéique par les acides aminés est alors associée à une augmentation de l'efficacité de la traduction. Le turnover protéique dépend aussi de l'apport en acides aminés spécifiques, particulièrement en acides aminés limitants (Met+Cyst et Lys).

PARTIE EXPERIMENTALE



1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

Notre étude comporte trois essais dont l'objectif consiste à déterminer l'effet de la teneur énergétique et protéique ainsi que le rapport PD/ED des régimes alimentaires sur :

- les performances de croissance du lapin de population locale, en mesurant les performances zootechniques, le rendement de carcasse, ses composantes tissulaires et la morphométrie des segments du tube digestif,
- l'utilisation digestive et la surface d'absorption des villosités intestinales,
- le bilan énergétique qui consiste à évaluer la valeur énergétique des aliments testés,
- le bilan azoté,
 - le profil métabolique, qui nous renseigne sur l'utilisation métabolique des nutriments à travers le dosage des paramètres biochimiques,
- La flore digestive, afin de rechercher la flore lactique et la flore pathogène,
- Et enfin les organes lymphoïdes, considérés comme les organes de défense

2. MATERIELS ET METHODES

Dans un souci de clarté et afin d'éviter les répétitions, nous présenterons les conditions générales dans lesquelles les essais ont été effectués. Elles sont suivies d'un schéma décrivant le déroulement et les particularités des essais, et de la description des méthodes utilisées. Tableau 24

2.1. Conditions générales

2.1.1. Logement et Matériel d'élevage

Les trois essais ont été réalisés au niveau du clapier de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.

a) Le bâtiment

Le bâtiment, d'une superficie de 72 m², est construit en dur et pourvu d'une ventilation statique assurée par 6 fenêtres (type vasistas) de 0,4 m² chacune, placées des deux côtés du bâtiment, ainsi qu'une faîtière tout au long de ce dernier (Photo 1). Le clapier dispose d'un éclairage naturel et d'un système de chauffage (radiant) pour la saison froide. La

température et l'hygrométrie sont contrôlées quotidiennement à l'aide d'un thermo hygromètre.

b) Les cages

Au cours des essais 1 et 2, les animaux sont logés dans des cages collectives grillagées de 54 cm de largeur, 59 cm de longueur et 33 cm de hauteur. Pour l'essai 3, des cages individuelles ayant une largeur de 24cm, une longueur de 59cm et une hauteur de 33cm, sont utilisées. Chaque cage est conçue en grillage métallique, équipée d'une mangeoire et d'un système d'abreuvement automatique avec tétines (photo 2).

2.1.2. Animaux

Les lapins utilisés sont de population locale, issus d'un troupeau parental provenant de l'ITELV. Ils présentent une diversité morphologique dans les robes telle que le noir tacheté, le marron, le fauve, le noir, le gris et l'albinos (photo 3). Ils sont sevrés à 35 jours d'âge pour l'essai 1 et 3 et à 28 jours pour l'essai 2. Après une semaine d'adaptation, soit à 42 jours d'âge pour les animaux de l'essai 1 et 3 et à 35 jours d'âge pour l'essai 2, les animaux sont placés dans leur cage jusqu'à 91 jours d'âge.

Le sexe des animaux n'a pas été pris en compte, car des travaux réalisés chez le lapin montrent que jusqu'à 15 semaines d'âge environ, le sexe ne semble pas avoir d'influence ni sur le gain de poids ni sur la composition corporelle (Lakabi et *al.*, 2004) . L'effectif utilisé pour chaque essai est mentionné dans le tableau récapitulatif (Tableau 23).

2.1.3. Conduite d'élevage

Les animaux sont nourris et abreuvés à volonté. Les quantités d'aliment distribuées et refusées sont pesées toutes les semaines. Le contrôle de la mortalité se fait quotidiennement dans chaque lot. La température et l'hygrométrie, relevées trois fois quotidiennement (9h, 12h et 15h), étaient en moyenne respectivement de l'ordre de :

Essai I : 17,7°C et 78,8%

Essai II : 18 °C et 75%

Essai III : 19 °C et 70%.

Tableau récapitulatif 23. Présentation des trois expériences et des principales mesures réalisées.

	Essai I	Essai II	Essai III
Période de l'essai	Du 15 Décembre 2012 au 2 Février 2013.	Du 23 Mars au 22 Mai 2014.	Du 23 Mars 2016 au 17 Mai 2016.
Nombre de lapins	105 âgés de 42 jours de sexes mélangés	114 âgés de 35 jours sexes mélangés	30 âgés de 42 jours sexes mélangés
Période expérimentale	42-91 jours	35-91 jours	42-91 jours
Dispositif expérimental	7 répétitions x 5 lapins par cage x 3 régimes	6 répétitions x 4 lapins par cage x 6 régimes	10 répétitions x 1 lapin par cage x 3 régimes
Aliments expérimentaux	Iso protéiques (17%) Teneurs énergétiques différentes : 2460, 3051 et 3387kcal/kg MS	Teneurs énergétiques et protéiques différentes : 2790 et 3000 Kcal/kg MS 16, 18 et 19% MS PB	Teneurs énergétiques et protéiques différentes : 2914, 2898 et 2841 Kcal/kg MS 20,5, 21,9 et 25,3% MS PB
Mesures			
Performances zootechniques	Poids-GMQ-Ingéré alimentaire- Indice de consommation	Poids-GMQ-Ingéré alimentaire-Indice de consommation	Poids-GMQ-Ingéré alimentaire-Indice de consommation
Détermination de l'Energie Digestible	Méthode de bilan Sur 7 animaux de chaque lot	Formule de Fekete et Gippert (1986)	Formule de Lebas (2013)
Bilan azoté	Non réalisé	Non réalisé	7 animaux âgés de 49 jours
Rendement de carcasse	23 animaux de chaque lot âgés de 92 jours	12 animaux de chaque lot âgés de 92 jours d'âge	10 animaux de chaque lot âgés de 92 jours d'âge
Morphométrie	10 animaux par lot de 92 jours d'âge	06 animaux par lot de 92 jours d'âge	
Histométrie des villosités	Non réalisée	6 animaux par lot de 92 jours d'âge	6 animaux par lot de 92 jours d'âge
Paramètre biochimiques et immunologiques	10 animaux par lot de 92 jours d'âge Sauf les paramètres immunologiques	12 animaux par lot de 92 jours d'âge Sauf les lipides et les paramètres immunologiques	10 animaux par lot de 92 jours d'âge Sauf lipides
Flore digestive	Non réalisée	Non réalisée	06 animaux par lot de 92 jours d'âge

2.1.4. Dispositif expérimental

Le dispositif est décrit dans le tableau récapitulatif (Tableau 23). Il est à préciser que dans les essais I et II nous avons utilisé des groupes de lapins pour une unité expérimentale, et dans l'essai III les animaux sont pris en individuel

2.1.5. Aliments expérimentaux

Les aliments utilisés sont formulés à l'aide du logiciel Allix2 et produits au niveau de l'unité de fabrication d'aliment de bétail (CEREGRAN) pour les essais 1 et 2 et de l'unité de fabrication des aliments de bétail (OUCHEFOUNE) pour l'essai 3. Ils sont à base de maïs, d'orge, de son, de tourteau de soja, de luzerne, de calcaire, de phosphate bicalcique, de sel et de CMV. La composition centésimale figure dans le tableau récapitulatif 24.

2.2. Conditions spécifiques aux trois essais

2.2.1. Présentation

Les trois essais réalisés dans le cadre de notre étude sont présentés dans le tableau récapitulatif 23, résumant ainsi la période de l'essai, l'effectif utilisé, le dispositif expérimental, les aliments expérimentaux et enfin les mesures effectuées.

2.2.2. Méthodes utilisées et mesures

2.2.2.1. Analyses chimiques

Pour déterminer la composition chimique de l'aliment, plusieurs échantillons sont prélevés de chaque sac à son ouverture. Ces derniers sont mélangés et un échantillon définitif de 100 g est prélevé et soumis aux analyses.

La matière sèche (MS), les matières azotées (MAT), les matières minérales (MM) et les matières grasses (MG) sont réalisées au niveau du laboratoire de zootechnie de l'ENSV et déterminées selon les normes AFNOR (1985) :

MS : par dessiccation dans une étuve (type MEMMERT) à 103°C,

MM: par combustion à 550°C dans un four à moufle (type MEMMERT),

MAT: par la méthode de Kjeldahl (type Gerhardt),

Tableau récapitulatif 24. Composition centésimale de l'aliment des 3 essais

Matières premières	Essai I			Essai II						Essai 3		
Niveaux énergétique (kcal/kg MS)	2460	3051	3450	2725	2828	2818	3014	2010	2931	2914	2898	2841
Niveaux protéiques % de PB MS	17,3	17,3	17	16,7	18,2	19,5	16,3	18,3	19,2	20,4	21,1	25,3
Mais	4	16	22	10	5	5	40,8	33,6	26,8	34,2	27	5
Orge	17,7	20	23	21,7	20,50	10,0	-	2	22	-	2,5	13
Son	30	10	-	14,6	16,4	19,50	-	-	-	-	-	19,5
Tourteau de soja	8	13	14	12,4	18,2	23,6	13,9	20,2	26,4	20,3	26,5	23,5
Luzerne	38	38,7	38,7	39,1	37,7	36,7	44,4	43,1	41,8	43,5	42	37
Calcaire	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Phosphate bicalcique	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Sel	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
CMV	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1kg premix : Méthionine (%) 10 ; Sodium (%) 9,9 ; Calcium (%) 20,3 ; Chlore (%) 15,3 ; Vit A (IU/kg) 1000000 ; Vit D3 (IU/kg) 150000 ; Vit E (mg/kg) 1000 ; Vit K3 (mg/kg) 100 ; Vit B1 (mg/kg) 100 ; Vit B2 (mg/kg) 300 ; Vit B3 (mg/kg) 2000 ; Vit B5 (mg/kg) 600 ; B6 (mg/kg) 150 ; B9 (mg/kg) 20 ; Vit B12 (mcg) 1000 ; Chlorure de choline (mg/kg) 25000 ; Fer (mg/kg) 5000 ; Manganèse (mg/kg) 7000 ; Cuivre (mg/kg) 1000 ; Zinc (mg/kg) 5000 ; Iode (mg/kg) 100 ; Sélénium (mg/kg) 25 ; Antioxydant (mg/kg) 41,6.

MG: par la méthode d'extraction Soxhlet (type Gerhardt).

La cellulose brute (CB), ADF, NDF, ADL et l'hémicellulose sont déterminés au niveau du laboratoire de nutrition de l'université polytechnique de Valence (Espagne) : CB : selon la méthode de Weende,

ADF, NDF, ADL et l'hémicellulose : selon la méthode de Van Soest.

Enfin l'énergie brute (EB) est mesurée à l'aide d'un calorimètre adiabatique (Type Parr 6200) au niveau du laboratoire de l'Ecole Supérieure d'Aéronautique (ESA) de Dar El Beida.

2.2.2.2. Les paramètres zootechniques

Durant les 3 essais, les performances zootechniques sont mesurées chaque semaine :

- Le poids vif est déterminé par les pesées individuelles des animaux (Photo 4).
 - Les quantités d'aliment distribuées et refusées sont pesées par cage.
- A partir de ces mesures, les paramètres suivants sont calculés
- La consommation alimentaire est estimée par la différence entre les quantités d'aliments distribuées et refusées, à partir de laquelle la consommation journalière (CMQ) est déduite.
 - Le gain moyen quotidien (GMQ) est obtenu par la différence entre le poids vif finale et initial.
 - L'efficacité alimentaire est déterminée par l'indice de consommation (IC), correspondant à la quantité d'aliment nécessaire pour obtenir 1 kg de gain de poids vif.

2.2.2.3. Le bilan digestif

Le bilan digestif nous permet de déterminer la digestibilité des nutriments et la valeur de l'énergie digestible (ED) des aliments. Sept (07) lapins de chaque traitement, âgés de 49 jours et de poids moyen (1144g) sont placés individuellement dans des cages (59 x54 x35 cm) aménagées avec un système de collecte des crottes et d'urines. La figure 10 décrit les étapes du bilan digestif appliqué. La mesure du bilan est réalisée selon la méthode de référence européenne (Perez et *al.* 1995) (Figure 11). La quantité d'aliment ingéré globale est mesurée au cours du bilan. Les crottes sont collectées et pesées quotidiennement pendant 4 jours consécutifs et conservées à - 20°C.

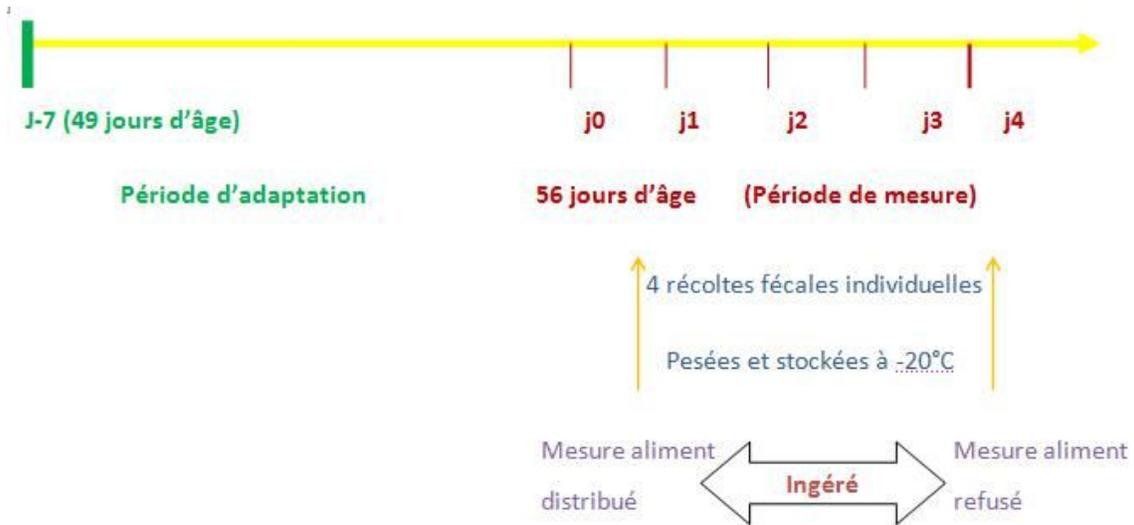


Figure 10. Schéma du bilan digestif

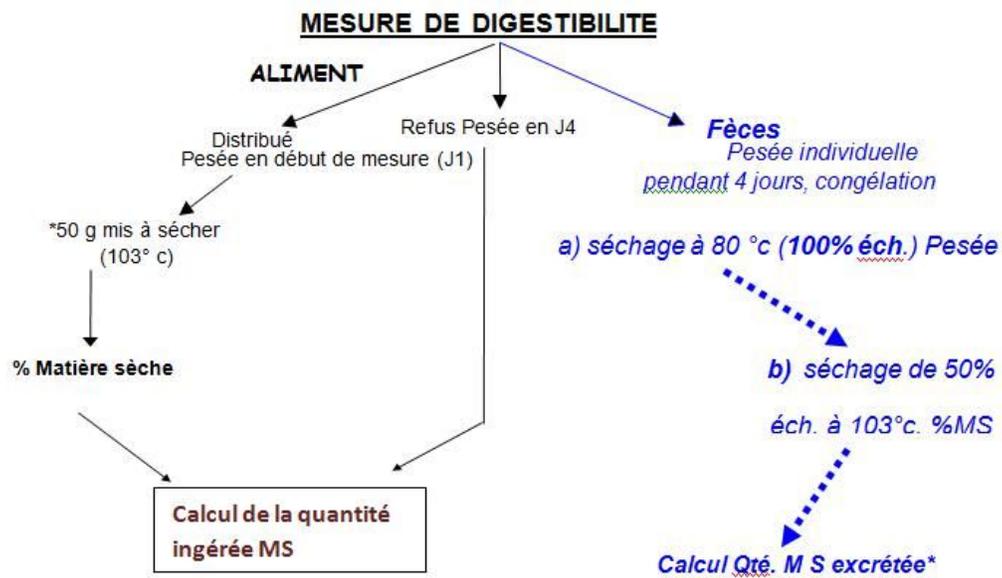


Figure 11. Schéma du protocole de mesure du bilan digestif

(Méthode de référence Européenne, Perez et al., 1995)

L'analyse chimique des aliments expérimentaux et des crottes (décrites dans le point Analyses chimiques) ont permis d'estimer le coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDa) des nutriments (MS, MAT, MM, CB, MG) comme suit :

$$\text{CUDa \%} = (\text{quantité ingérée} - \text{quantité excrétée}) / (\text{Quantité ingérée}) \times 100$$

2.2.2.4. Détermination de l'énergie digestible

L'énergie digestible (ED) est déterminée par la méthode directe en analysant l'énergie brute (EB) de l'aliment et des crottes puis calculée par la formule :

$$\text{ED} = \text{EB de l'aliment} \times \text{CUDa de l'EB.}$$

Aussi, l'ED est déterminée par les équations à partir de l'analyse des nutriments *selon les équations de Fekete et Gippert (1986) et de Lebas (2013) :*

$$\text{Fekete et Gippert (1986) : } ED \text{ (Kcal/kg MS)} = 4253 - 326(\text{CB MS\%}) - 144,4(\text{C MS\%})$$

$$\text{Lebas (2013) : } ED = 15,627 + 0,000982 \text{ MAT}^2 + 0,0040 \text{ EE}^2 - 0,0114 \text{ MX}^2 - 0,169 \text{ ADF} \\ \pm 1,250 \text{ MJ/kgMS}$$

Afin d'apprécier l'ingéré énergétique et protéique, les critères suivants sont calculés :

- Consommation moyenne quotidienne d'énergie digestible (kcal ED/jour) :

$$\text{Consommation énergétique / j} = \text{CMQ} \times \text{teneur en énergie digestible de l'aliment}$$

- Consommation moyenne quotidienne de protéines digestibles (en g de PD/jour) :

$$\text{Consommation de PD / j} = \text{CMQ} \times \text{teneur protéines digestibles de l'aliment}$$

- *Efficacité énergétique (kcal/g de GMQ) = consommation énergétique quotidienne/gain moyen quotidien*

- *Efficacité protéique (g de PD/g de GMQ) = consommation quotidienne en protéines digestibles/gain moyen quotidien.*

2.2.2.5. Bilan azoté

Le bilan azoté (BA) est mesuré sur une période de 4 jours (Figure 12). Les urines de 24H des lapins (7 par traitement) sont recueillies dans de l'acide sulfurique (N/10), mesurées et conservées à -20°C.

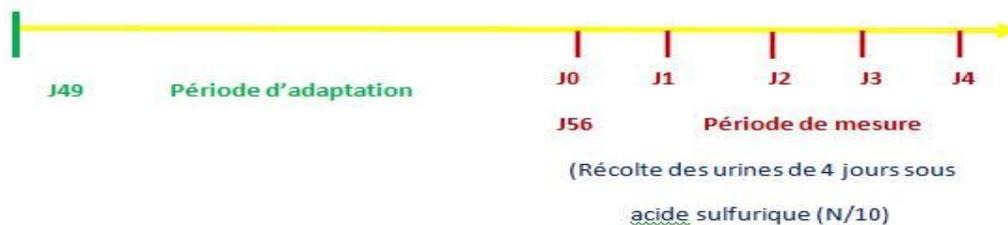


Figure 12. Schéma expérimental du bilan azoté

Ces urines sont ensuite analysées par la méthode de Kjeldhal afin de déterminer le bilan azoté et le coefficient de rétention azotée (CRA) :

$$\text{BA} = \text{Ingéré azoté} - (\text{azote des fèces} - \text{azote des urines})$$

$$\text{CRA} = \frac{\text{Ingéré azoté} - (\text{azote des fèces} - \text{azote des urines})}{\text{Ingéré azoté} - \text{azote des fèces}} \times 100$$

2.2.2.6. Le rendement à l'abattage

A la fin de la période d'engraissement, les animaux de chaque traitement (Tableau récapitulatif 24 annexe) sont sacrifiés à l'âge de 92 jours (Photo 5), par saignée sans mise à jeun préalable, afin d'évaluer les caractéristiques de la carcasse selon les recommandations de Blasco et *al.*, (1993). Les principales composantes de la carcasse étudiées sont :

- Poids de la peau (PP) : sans celle des manchons (photo 6)
- Poids du tube digestif (TD) (photo 7)

- Poids de la carcasse chaude (CC) (photo 8) : la carcasse est pesée 15 mn après l'abattage, elle comprend la tête, les membres, le foie, les reins, le gras péri rénal et inter scapulaire, le cœur et les poumons. Ensuite elle est placée au frais à +4°C pendant 24 h.

Après ressuyage, les pesées suivantes sont effectuées :

- Poids de la carcasse froide (CF) : le poids de la carcasse
- Poids du gras péri rénal et inter scapulaire
- Poids du foie et des reins
- La partie antérieure (PA) : l'avant de la carcasse jusqu'à la dernière vertèbre thoracique.
- Le râble ou partie intermédiaire : jusqu'à la 6^{ème} vertèbre lombaire.
- La carcasse arrière : les membres postérieurs

Des calculs ont été effectués pour le :

- rendement carcasse chaude (CC/PV): exprimé par: **CC/PVa x100**
- rendement de carcasse froide (CF/PV) : exprimé par: **CF/PVa x100**
- les proportions de la peau et du tube digestif (exprimées en % du PV)
- les proportions du gras péri rénal, inter scapulaire, des reins, des parties antérieure intermédiaire et postérieure (exprimées en % de la carcasse froide).

2.2.2.7. Morphométrie du tube digestif

Les mesures du tube digestif ont concerné la longueur et les poids pleins et vides de l'estomac, de l'intestin, du cecum et du colon proximal et distal (effectif dans le tableau récapitulatif 24) au cours des trois essais. Les organes lymphoïdes (thymus, appendice vermiforme et le *sacculus rotendus*) ont été mesurés pour l'essai 3.

2.2.2.8. Mesure de la taille des villosités et des cryptes intestinales

Les prélèvements sont réalisés au niveau de l'intestin grêle (effectif dans le tableau récapitulatif 24), plus précisément au milieu de chaque segment de celui-ci, en considérant que le duodénum, le jéjunum et l'iléon représentent respectivement 1/5, 3/5, et 1/5 de la longueur totale de l'intestin grêle (Gallois, 2006)

Deux segments d'environ 1cm sont prélevés et ouverts dans le sens de la longueur, puis plongés dans une solution de formol tamponnée à 4% pendant 48 h afin de fixer les tissus (Martoja et Martoja, 1967) (photo de 12 à 15).

Les échantillons sont analysés par la technique histologique dont la procédure est décrite par Gabe (1968). Les échantillons sont rincés à l'eau courante puis traités selon les étapes suivantes :

1/ Déshydratation :

Celle-ci est réalisée à l'aide de l'alcool éthylique à concentration croissante :

- 2 bains à 70° pendant 1 h pour chaque bain
- 2 bains à 90° pendant 1 h pour chaque bain
- 2 bains à 100° pendant 1h pour chaque bain

2/ Eclaircissement

Celui-ci est réalisé avec du xylène :

- 2 bains pendant 1h 30 mn pour chaque bain

3/ La mise en bloc (moulage)

Avant de procéder à la coupe, l'échantillon doit être contenu dans un bloc composé d'une cassette et d'un moule, rempli de paraffine liquide (chauffée à l'étuve à 56°C). L'échantillon est placé au milieu de la paraffine. L'ensemble est trempé dans de l'eau froide pendant une vingtaine de minutes afin que la paraffine se solidifie. A la fin, le bloc contenant l'échantillon est prêt à la coupe.

4/ La coupe

La coupe est réalisée à l'aide d'un microtome (Leika RM : 21-25). Le ruban très fin obtenu correspond à l'échantillon. Une coupe de chaque segment est placée sur trois lames contenant deux gouttes de liquide d'étalement (0,2% de gélatine) puis séchés pendant 12h sur un séchoir.

5/ La coloration

La coloration est topographique réalisée par de l'Hémalun Eosine dont le principe consiste à colorer le noyau par une laque aluminique (hemalun) et le cytoplasme par un colorant acide (éosine).

On procède de la manière suivante :

- Déparaffiner dans 2 bains de xylène pendant 5 mn chacun.
- Réhydrater avec de l'alcool éthylique à concentration décroissante : 1 bain à 100°, 1 bain à 90°, 1 bain à 70° pendant 30 secondes pour chaque bain puis un bain à l'eau courante pendant 1 mn.
- Colorer avec de l'hématinine pendant 46 secondes puis laver à l'eau courante
- Colorer à l'éosine pendant 2 mn.

Pour monter les coupes entre lame et lamelle, des étapes sont suivies :

- Déshydrater à l'alcool éthylique à concentration croissante : 70°, 90° et 100° pendant 30 secondes pour chaque bain
- Eclaircir avec 2 bains de xylène pendant 5 mn chacun
- Placer 2 gouttes de résine sur la lamelle puis la poser délicatement sur la lame contenant l'échantillon.

Vingt villosités (grossissement x10) et 20 cryptes (grossissement x40) sont mesurées à l'aide d'un microscope optique (type Motic) muni d'une caméra et d'un logiciel d'analyses d'images (Motic Image plus 2,0) (photo 16). Les longueurs et les largeurs des villosités ainsi que les profondeurs des cryptes sont mesurées, et les surface sont calculées.

2.2.2.9. Les paramètres sanguins

A l'abattage, les prélèvements sanguins sont réalisés sur des lapins nourris (effectif dans le tableau récapitulatif 24). Le sang est recueilli dans des tubes héparinés et EDTA puis centrifugé à 3500 tours/mn pendant 15 mn (centrifugeuse Type Sigma) (photo 9). Le plasma obtenu est congelé à -20°C (photo 10) afin de doser le glucose, les protéines totales, les triglycérides, le cholestérol, l'urée et la créatinine à l'aide d'un spectrophotomètre (LKB

Novastec) (photo 11) et les globules blancs, globules rouges, hémoglobine, hématocrite, VGM, TGMH, CCMH et les plaquettes sur Coulter à hématologie (automate Scil Vet abc Plus). Les différents dosages des métabolites sont réalisés selon les principes et les protocoles des kits SPINREACT, SA (Espagne).

2.2.2.10. Etude de la microflore digestive

L'étude de la microflore digestive est réalisée afin d'estimer l'effet du niveau énergétique et protéique sur cette flore. Le prélèvement est effectué sur le ceacum des lapins (Tableau 24). Afin de réaliser cette étude, la préparation des suspensions mères et les dilutions est réalisée d'après les directives de la norme ISO6887-1/ 1999 5F. Un gramme du contenu du ceacum est pesé aseptiquement, puis placé dans un pot stérile contenant 9ml de bouillon Triptone-Sel (TSE). Cette préparation constitue la solution mère pour tout échantillon. A partir de la suspension mère des dilutions successives de 10^{-1} à 10^{-6} en progression géométrique à raison de 1/10 sont réalisées avec le diluant (T.S.E) dans des tubes stériles. La recherche et le dénombrement des principales flores du ceacum ont porté sur *Escherichia coli* et les Lactobacilles. Le choix est porté sur cette flore du fait de l'impact des nutriments sur ces dernières.

Recherche et dénombrement des *E. coli*

Cette recherche est réalisée suivant les directives générales pour le dénombrement *Escherichia coli* selon la norme AFNOR NF V08-60/V08-17 dont le protocole est le suivant :

- 1ml des deux dilutions a été prélevé etensemencé en double couche et en profondeur dans des boites de pétri avec gélose VRBL. Les boites ont été ensuite incubées à 44°C pendant 24h à 48h. Seules les boites ayant des colonies bien développées, bien séparées et non contaminées par des levures ou moisissures ont été retenues en vue d'en apprécier l'aspect, la forme, la taille, la couleur (colonies violées entourées d'une zone rougeâtres).
- A partir d'un nombre déterminé (02) de colonies caractéristiques prélevées pour chaque boite retenue, un isolement sur milieu gélosé éosine et bleu de méthylène (EMB) coulé en boite de pétri a été réalisé et incubé à 37°C pendant 24h.

➤ Les colonies ayant fait virer l'indicateur coloré du milieu EMB donnant des colonies caractéristiques (colonies à reflets métalliques) ont été repiquées sur milieu (Kligler Hadjia) puis incubé 24h à 37°C. A partir de ces cultures pures une suite d'identification biochimique d'*E.coli* a été effectuée par les tests biochimiques (Indole, uréase, citrate).

➤ Le calcul du nombre de bactéries *Escherichia coli* se fait en appliquant la formule suivante :

$$nE * nd * 10x / np$$

10x : est l'inverse du taux de dilution correspondant

nE : est le nombre de colonies d'*E.coli* identifié

nd : est le nombre de colonies caractéristiques dénombrées

np : est le nombre de colonies caractéristiques prélevées.

Dans le cas où plusieurs boites ont été retenues, la moyenne des résultats est effectuée.

Recherche et dénombrement des lactobacilles

Cette analyse a été effectuée selon Vognola (2002), De Roissart et Luquet (1994). On ensemence 1ml des dilutions de 10^{-4} , 10^{-5} , en double couche et en profondeur dans deux boites de pétri contenant de la gélose MRS (Man Rogosa et Sharpe) solide, fondue et refroidie à 47°C. Les boites de pétri sont alors entreposées à l'intérieur d'une jarre d'anaérobiose puis incubées à 45°C pendant 48h. Après 48h, les colonies présentes dans chaque boite sont dénombrées, le calcul est réalisé grâce à la formule suivante :

$$N = \text{somme C} / 1.1xd$$

Somme C : la somme des colonies comptées sur les deux boites retenues

D : est le taux de dilution correspondant à la première dilution.

3. ANALYSE STATISTIQUE

Les résultats sont décrits par la moyenne et l'erreur standard (SE, calculée à partir de l'écart-type selon la formule : $SE = \text{Ecart type} / n^{0,5}$; n étant la taille de l'échantillon).

Pour l'essai 1, les résultats sont soumis à une analyse de variance à un facteur (ANOVA 1) pour déterminer l'effet du niveau énergétique de l'aliment sur les différents

paramètres considérés. Pour l'essai 2, l'analyse de variance à deux facteurs a été effectuée pour déterminer l'effet de la teneur en énergie et en protéines de l'aliment ainsi que les interactions éventuelles entre ces derniers sur les différents paramètres étudiés. Enfin pour l'essai 3, nous avons effectué une analyse de variance à un facteur afin d'évaluer l'effet du rapport PD/ED sur les différents paramètres étudiés. Le seuil de signification est de 5% ($p < 0,05$). Les analyses sont effectuées à l'aide du programme Stat View (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).



D'après la littérature, le lapin des différentes races et souches ajuste sa consommation d'aliment pour maintenir son ingéré d'énergie digestible et répondre à ses besoins, tant que la concentration énergétique de l'aliment est entre 2150 et 2750 kcal d'ED/kg. En effet, plus la concentration énergétique du régime est élevée plus la quantité d'aliment ingérée est réduite, se soldant par une amélioration de l'efficacité alimentaire du lapin en croissance (Lebas et Laplace, 1982 ; Renouf et Offner, 2007 ; Knudsen, 2013). Qu'en est-il du lapin de population locale ?

Afin de répondre à cette interrogation, le premier essai de notre travail de thèse, consiste à étudier l'effet de trois niveaux énergétiques sur la digestibilité, les paramètres zootechniques, le rendement de carcasse et ses composantes, la morphométrie du tube digestif et enfin les paramètres sanguins.

I. RESULTATS ESSAI 1

I.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS

Le Tableau 25 présente la composition chimique des aliments utilisés au cours de l'essai 1. La concentration en énergie brute des aliments est respectivement de l'ordre de 3460 Kcal/kg MS, 3964 Kcal/kg MS et 4538 Kcal/kg MS pour les lots basse énergie (BE), moyenne énergie (ME) et haute énergie (HE) et celle des protéines brutes est en moyenne de 17,2%.

I.2. EFFET DU TAUX ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LA DIGESTIBILITE DES NUTRIMENTS

La digestibilité apparente, représentée par le coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDa), des différents nutriments n'a pas été influencée par la teneur énergétique de l'aliment ($p > 0,05$), à l'exception de la matière grasse et de l'énergie brute. En effet, le CUDa de ces dernières augmente significativement chez les lapins nourris avec les aliments ME et HE (Tableau 26). Par ailleurs, la teneur en énergie digestible des aliments est de l'ordre de 2460, 3051 et 3450 Kcal/Kg MS respectivement pour BE, ME et HE. Les protéines digestibles sont similaires entre les lots ($13,2\% \pm 0,6$ en moyenne). Le rapport PD/1000 Kcal d'ED est significativement ($p < 0,05$) plus élevé avec l'aliment le moins énergétique : écarts respectifs de +16,2% et +31,3% par rapport à ME et HE.

Tableau 25. Composition chimique des aliments expérimentaux

Composition chimique	Bas (BE)	Moyen (ME)	Haut (HE)
Composition chimique % (MB)			
Matière sèche	90,4	88,3	88,7
Protéines brutes	15,6	15,3	15,0
Cellulose brute	12,5	10,8	11,1
Matière grasse	2,00	3,00	2,67
Matière minérale	6,34	7,13	6,42
Energie brute (Kcal/kg)	3128	3501	4027
Composition chimique % (MS)			
Protéines brutes	17,3	17,3	17,0
Cellulose brute	13,9	12,2	12,5
Matière grasse	2,21	3,40	3,38
Matière minérale	7,01	8,07	7,24
Energie brute (Kcal/kg)	3460	3964	4538
PB /ED ratio (% PB par Kcal d'ED)	0,70	0,56	0,50

BE : basse énergie, ME : moyenne énergie, HE : haute énergie

Tableau 26. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les coefficients d'utilisation digestive des nutriments (n= 7 ; Moyennes \pm SE).

Traitement	BE	ME	HE	p
Cuda %				
Matière Sèche	70,5 \pm 5,4	75,7 \pm 7,9	72,1 \pm 5,96	ns
Matières azotées	77,1 \pm 4,9	79,9 \pm 6,8	74,2 \pm 5,9	ns
Cellulose brute	32,6 \pm 9,1	32,6 \pm 9,8	35,5 \pm 7,2	ns
Matière grasse	66,7^a \pm4,5	80,7^b \pm8,5	76,0^b \pm8,6	p<0,05
Matière Minérale	70,2 \pm 6,4	78,0 \pm 8,1	77,1 \pm 6,6	ns
Energie Brute	71,1^a \pm4,8	76,9^b \pm7,6	76,0^b \pm5,6	p<0,05
Energie digestible* (kcal/kg)	2224	2694	3061	
Energie digestible (kcal/kg)/MS	2460	3051	3450	
Protéines digestibles PD (g/1000g) MS	133 \pm 0,8	138 \pm 1,2	126 \pm 1,0	ns
PD/ED Kcal MS (g/1000 kcal)	54,2^a \pm2,1	45,4^b \pm1,9	37,2^c \pm1,9	p<0,05

ns : non significatif

^{a,b}: les moyennes, affectées de lettres différentes, diffèrent significativement ($p < 0,05$).

* : valeur calculée : Energie brute x CUDa de l'énergie.

I.3. EFFET DU TAUX ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Avant de présenter nos résultats, nous tenons à préciser qu'au cours de cet essai, nous avons enregistré un taux de mortalité avoisinant 6%. La répartition de cette mortalité est située à la 2^{ème} et 3^{ème} semaine après le sevrage.

I.3.1. Le poids vif et la vitesse de croissance

Les poids vifs hebdomadaires et la vitesse de croissance des animaux sont mentionnés dans les Tableaux 27 et 28. La teneur énergétique de l'aliment n'a pas influencé le poids vif des animaux en fonction de l'âge ni le gain de poids ($p > 0,05$) au cours de la période de croissance.

Notons, toutefois, qu'une baisse du gain a été relevée à la période de 56-63 jours d'âge, engendrée par une infection bactérienne. Après administration du traitement, le GMQ s'est rétabli, mais avec un retard pour les animaux du lot HE qui montrent un GMQ plus bas entre 70-77 jours d'âge ($p < 0,05$).

I.3.2. L'ingéré alimentaire et l'indice de consommation

Les lapins nourris avec l'aliment BE présentent un ingéré alimentaire global significativement plus élevé comparé à ceux des lapins des lots ME et HE (en moyenne +9,4%, $p < 0,05$). Une hausse significative est relevée, surtout, au cours des premières semaines (42-49J et 49-56J), avec une augmentation en moyenne de 21% par rapport au lot HE. En revanche, à la période de 70-77 jours, les lapins de ce même lot (BE) ont ingéré moins d'aliment ($p < 0,05$) que les animaux du lot M soit un écart de -11,4% (Tableau 29).

Par ailleurs, l'évolution des indices de consommation (IC) ne semble pas être affectée par la teneur énergétique de l'aliment. Notons tout de même qu'à la période de 70-77 jours les animaux du lot BE enregistrent un IC plus bas ($p < 0,05$) induit, éventuellement, par la baisse de l'ingéré alimentaire constatée à cette période (Tableau 29).

I.3.4. Ingéré et efficacité énergétique et protéique

L'ingéré énergétique quotidien moyen augmente au fur à mesure que la teneur en énergie de l'aliment s'élève. Il est plus important chez les lapins consommant l'aliment HE +19,6% par rapport au lot BE et +8,5% par rapport au lot ME ($p < 0,05$). A l'inverse, celui des

Tableau 27. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'évolution des poids vifs des lapins en fonction de l'âge (n=7 ; Moyenne± SE)

Traitement	BE	ME	HE	p
42j	1110 ± 60	1133 ± 70	1097 ± 44	ns
49 j	1448 ± 85	1438 ± 67	1428 ± 74	ns
56 j	1738 ± 137	1717 ± 127	1733 ± 62	ns
63 j	1919 ± 149	1939 ± 122	1921 ± 69	ns
70 j	2219 ± 134	2276 ± 99	2250 ± 65	ns
77 j	2424 ± 117	2466 ± 141	2496 ± 82	ns
84 j	2662 ± 154	2676 ± 157	2692 ± 70	ns
91 j	2801 ± 187	2806 ± 219	2773 ± 117	ns

ns : non significatif

Tableau 28. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur le gain moyen quotidien des lapins en fonction de l'âge (n=7 ; Moyenne ± SE)

Traitements	BE	ME	HE	p
42- 49 j	48,3 ± 7,8	48,4 ± 7,57	49,4 ± 5,3	ns
49-56 j	44,5 ± 6,9	43,2 ± 10,7	45,3 ± 6,8	ns
56-63 j	26,7 ± 5,56	35,7 ± 16,5	33,7 ± 6,2	ns
63- 70 j	46,1 ± 7,52	48,1 ± 7,95	48,1 ± 4,0	ns
70-77 j	49,6^a ± 9,5	41,6^{ab} ± 15,2	35,2^b ± 3,4	p<0,05
77-84 j	38,7 ± 7,3	33,2 ± 5,7	32,7 ± 1,8	ns
84-91 j	28,2 ± 11	22,3 ± 7,2	21,0 ± 4,2	ns
42-91 j	34,5 ± 3,6	34,1 ± 4,9	34,2 ± 2,2	ns

ns : non significatif.

^{a,b}: les moyennes, affectées de lettres différentes, diffèrent significativement (p< 0,05)

Tableau 29. Effet de la teneur énergétique sur l'ingéré alimentaire et l'indice de consommation des lapins en fonction de l'âge (n=7 ; Moyenne ± SE)

Paramètre	Ingéré alimentaire				Indice de consommation				
	Traitements	BE	ME	HE	p	BE	ME	HE	p
Age (période)									
42- 49 j	141 ^a ± 36,1	125 ^{ab} ± 32,2	108 ^b ± 14,7	p<0,05	3,04 ± 1,2	2,62 ± 0,7	2,20 ± 0,2	ns	
49-56 j	168 ^a ± 34,8	124 ^b ± 11	123 ^b ± 25,5	p<0,05	3,76 ± 1,7	2,98 ± 0,6	2,76 ± 0,5	ns	
56-63 j	138 ± 16,4	121 ± 19,4	137 ± 21,4	ns	5,25 ± 1,1	4,04 ± 1,8	4,38 ± 0,8	ns	
63- 70 j	147 ± 21,6	140 ± 9,2	131 ± 7,1	ns	3,27 ± 0,7	2,98 ± 0,4	2,82 ± 0,2	ns	
70-77 j	126 ^a ± 10,8	141 ^b ± 10,2	131 ^{ab} ± 6,8	p<0,05	2,57 ^a ± 0,6	3,94 ^b ± 1,8	3,76 ^{ab} ± 0,4	p<0,05	
77-84 j	158 ± 19,3	157 ± 12,6	158 ± 29,1	ns	4,18 ± 0,8	4,93 ± 1,3	4,82 ± 0,8	ns	
84-91 j	161 ± 38,6	146 ± 37,1	150 ± 56,5	ns	6,17 ± 1,5	6,06 ± 1,8	7,01 ± 1,9	ns	
42-91 j	149^a ± 12,7	136^b ± 8,7	134^b ± 9,1	p<0,05	4,35 ± 0,5	4,07 ± 0,6	3,96 ± 0,5	ns	

ns : non significatif

a,b : les moyennes, affectées de lettres différentes, diffèrent significativement (p< 0,05)

protéines brutes et des protéines digestibles tend à diminuer avec l'augmentation de l'ED de l'aliment ($p < 0,05$) (Tableau 30).

Par ailleurs, les lapins nourris avec l'aliment le moins énergétique ont transformé efficacement l'énergie (10,3 vs 12,4 et 13,6 Kcal MS/g gain de poids ; $p < 0,05$). A l'inverse, l'efficacité protéique s'est trouvée dégradée avec ce même aliment. Elle est, cependant, meilleure avec les aliments HE et ME (0,53 g en moyenne vs 0,58 g de PD MS/g gain de poids ; $p < 0,05$) (Tableau 30).

Tableau 30. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'ingestion et l'efficacité énergétique et protéique ($n=7$; Moyenne \pm SE ; période globale 42-91 j)

Traitements	BE	ME	HE	p
<u>Ingéré (/MS)</u>				
Ingéré énergétique Kcal/j	366 ^a \pm 31,4	417 ^b \pm 26,6	456 ^c \pm 30,8	p<0,05
Ingéré de PB g/jour	25,7 ^a \pm 1,58	23,6 ^b \pm 1,51	22,9 ^b \pm 1,5	p<0,05
Ingéré de PD g /jour	19,8 ^a \pm 1,6	18,9 ^a \pm 1,9	16,9 ^b \pm 1,0	p<0,05
<u>Efficacité (/MS)</u>				
Kcal d'ED/g de GMQ	10,3 ^a \pm 1,2	12,4 ^b \pm 1,8	13,6 ^b \pm 1,6	p<0,05
PD g/g de GMQ	0,58 ^a \pm 0,06	0,56 ^{ab} \pm 0,07	0,50 ^b \pm 0,06	p<0,05

ns : non significatif.

^{a,b} : les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement ($p < 0,05$)

PB : Protéines brutes

PD : Protéines digestibles

I.4. EFFET DE LA TENEUR ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LES PERFORMANCES D'ABATTAGE

I.4.1. Rendement à l'abattage et caractéristiques de la carcasse

La teneur en énergie de l'aliment n'a pas influencé les composantes de la carcasse ni leurs proportions rapportées au PV ou à la carcasse froide CF ($p > 0,05$). Néanmoins, le rendement de la carcasse chaude est plus élevé ($p < 0,05$) chez les animaux nourris avec l'aliment BE en comparaison aux aliments les plus concentrés en énergie (Tableau 31).

I.4.2. Effet sur le tractus digestif

L'effet de taux énergétique de l'aliment sur les organes digestifs est limité à trois segments : le colon proximal, l'estomac et l'intestin (Tableau 32). En effet, le poids plein, vide et la proportion/poids vif du colon proximal et les longueurs de l'estomac et de l'intestin des animaux des lapins nourris avec l'aliment HE sont significativement ($p < 0,05$) réduits par rapport à ceux des lapins recevant les aliments BE et ME.

Tableau 31. Effet du niveau énergétique de l'aliment sur les composantes de la carcasse et sur le rendement à l'abattage (n=23 ; Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge).

Traitement	BE	ME	HE	p
Les poids (g)				
Poids vif à l'abattage	2666 \pm 114	2768 \pm 98	2759 \pm 99	ns
Peau (P)	276 \pm 16	302 \pm 16	295 \pm 14	ns
Carcasse Chaude (CC)	1799 \pm 69	1817 \pm 62	1804 \pm 69	ns
Carcasse Froide (CF)	1704 \pm 67	1760 \pm 61	1733 \pm 5	ns
Foie (F)	81,8 \pm 6	91,7 \pm 6	88,1 \pm 6	ns
Tube Digestif (TD)	470 \pm 34	476 \pm 21	509 \pm 31	ns
Gras Inter scapulaire (GI)	10,0 \pm 1,3	12,4 \pm 0,9	10,0 \pm 1,5	ns
Gras Péri rénal (GP)	31,5 \pm 4,0	39,8 \pm 3,9	33,5 \pm 4,7	ns
Reins (R)	15,6 \pm 0,5	17,2 \pm 0,6	16,3 \pm 0,6	ns
Partie Antérieure (PA)	580 \pm 30,9	608 \pm 27,2	587 \pm 26,7	ns
Partie Intermédiaire (PI)	272 \pm 14,5	278 \pm 14,4	289 \pm 13,4	ns
Partie Postérieure (PP)	595 \pm 24	620 \pm 21	593 \pm 28	ns
Les rendements%				
CC	68,1^a \pm 4,4	65,6^b \pm 3,7	65,5^b \pm 3,5	p < 0,05
CF	64,1 \pm 0,9	63,7 \pm 0,9	63,0 \pm 0,8	ns
Les proportions%				
P/PV	10,3 \pm 0,3	11 \pm 0,2	10,5 \pm 0,2	ns
TD/PV	17,6 \pm 0,7	17,1 \pm 0,7	18,5 \pm 0,8	ns
PF/PV	3,10 \pm 0,2	3,27 \pm 0,1	3,15 \pm 0,1	ns
GP/CF	1,77 \pm 0,7	2,17 \pm 0,9	1,87 \pm 0,7	ns
GI/CF	0,57 \pm 0,2	0,68 \pm 0,3	0,57 \pm 0,2	ns
R/CF	0,60 \pm 0,02	0,63 \pm 0,02	0,60 \pm 0,01	ns
PA/CF	22,3 \pm 0,3	21,8 \pm 0,4	21,2 \pm 0,3	ns
PI/CF	10,2 \pm 0,3	10,0 \pm 0,3	10,5 \pm 0,4	ns
PP/CF	22,4 \pm 0,3	22,4 \pm 0,3	21,5 \pm 0,8	ns

ns : non significatif.

^{a,b}: les moyennes, affectées de lettres différentes, diffèrent significativement ($p < 0,05$)

Tableau 32. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les différents segments du tube digestif
(n=10, Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge)

Traitement	BE	ME	HE	p
<u>Poids (g)</u>				
Poids vif à l'abattage (PVa)	2400 \pm 272	2492 \pm 252	2493 \pm 209	ns
Estomac plein (Ep)	92,0 \pm 24,4	76,9 \pm 20,5	92,8 \pm 18,4	ns
Intestin grêle (Igp)	79,2 \pm 23,6	72,4 \pm 15,2	70,9 \pm 32,4	ns
Ceacum plein (Cp)	145 \pm 40,5	152 \pm 28,6	148 \pm 39,8	ns
Colon proximal plein (Cpp)	22,1^a \pm 6	22,2^a \pm 4,4	17,3^b \pm 3,7	p<0,05
Colon distale plein (Cdp)	25,8 \pm 9,6	20,3 \pm 5,3	27,4 \pm 11,6	ns
Estomac vide (Ev)	24,9 \pm 4,1	24,3 \pm 3,7	25,3 \pm 2,9	ns
Intestin grêle vide (Igv)	59,7 \pm 10,6	52,2 \pm 10,2	51,7 \pm 18,9	ns
Ceacum vide (Cv)	44,8 \pm 11,0	41,8 \pm 8,0	40,5 \pm 7,0	ns
Colon proximal vide (Cpv)	15,3^a \pm 3,7	16,1^a \pm 2,7	12,4^b \pm 3,2	p<0,05
Colon distal vide (Cdv)	15,0 \pm 3,2	15,7 \pm 3,4	15,0 \pm 2	ns
<u>Longueurs</u>				
Estomac	24,5^a \pm 3,6	24,4^a \pm 3,7	20,82^b \pm 2,9	p<0,05
Intestin grêle	3,27^a \pm 0,4	3,16^a \pm 0,5	2,85^b \pm 0,5	p<0,05
Ceacum	56,4 \pm 5,9	54,1 \pm 6,8	57,4 \pm 7	ns
Colon proximal	36,8 \pm 5,8	39,5 \pm 4,7	37,0 \pm 4,7	ns
Colon distal	96,4 \pm 14,1	92,9 \pm 14,2	93,6 \pm 8	ns
<u>Proportions</u>				
Ep/PVa	3,83 \pm 0,9	3,1 \pm 0,8	3,73 \pm 0,7	ns
Ev/PVa	1,04 \pm 0,1	0,97 \pm 0,1	1,02 \pm 0,1	ns
Igp /PVa	3,30 \pm 0,9	2,94 \pm 0,7	2,82 \pm 0,7	ns
Igv /PVa	2,50^a \pm 0,3	2,10^b \pm 0,3	2,11^b \pm 0,7	p<0,05
Cp /PVa	6,06 \pm 1,5	6,18 \pm 1,5	6,00 \pm 1,8	ns
Cv/PVa	1,87 \pm 0,3	1,69 \pm 0,4	1,64 \pm 0,3	ns
Cpp/PVa	0,92^a \pm 0,2	0,89^a \pm 0,2	0,69^b \pm 0,1	p<0,05
Cpv /PVa	0,64^a \pm 0,1	0,65^a \pm 0,1	0,50^b \pm 0,1	p<0,05
Cdp /PVa	1,06 \pm 0,2	0,82 \pm 0,3	1,08 \pm 0,4	ns
Cdv/PVa	0,62 \pm 0,1	0,64 \pm 0,2	0,61 \pm 0,08	ns

ns : non significatif

^{a,b} : les moyennes, affectées de lettres différentes, diffèrent significativement ($p < 0,05$)

I.5. EFFET DU NIVEAU ENERGETIQUE DE L'ALIMENT SUR LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES SANGUINS

Les paramètres biochimiques sanguins des animaux sont présentés dans le Tableau 33. Les teneurs plasmatiques n'ont pas été affectées par les concentrations énergétiques à l'exception du taux de lipides totaux qui est significativement élevé chez les lapins nourris avec les aliments ME et HE par rapport à celui des lapins ayant reçu l'aliment BE (+17,7%, +30% respectivement ; $p < 0,05$).

Tableau 33. Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les paramètres sanguins (n=10 ; Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge).

Traitement	BE	ME	HE	p
Glucose $\mu\text{mol/l}$	8,33 \pm 0,1	7,89 \pm 0,9	7,98 \pm 0,9	ns
Triglycérides $\mu\text{mol/l}$	1,30 \pm 0,4	1,51 \pm 0,4	1,26 \pm 0,3	ns
Cholestérol $\mu\text{mol/l}$	2,16 \pm 0,6	2,34 \pm 0,8	2,02 \pm 0,4	ns
Protéines g/l	70,4 \pm 8,6	73,4 \pm 5,1	70,9 \pm 5,7	ns
Lipides totaux mg/dl	506\pm198^a	595\pm197^a	723\pm244^b	p<0,05
Urée $\mu\text{mol/l}$	5,60 \pm 1,3	5,76 \pm 1,1	6,24 \pm 1	ns
Créatinine mg/dl	1,15 \pm 0,3	1,11 \pm 0,3	1,13 \pm 0,3	ns

ns : non significatif.

^{a,b}: les moyennes, affectées de lettres différentes, diffèrent significativement ($p < 0,05$)

II. DISCUSSION ESSAI 1

Dans notre étude, l'utilisation digestive de la matière sèche, des protéines brutes, des cendres et des fibres n'a pas été affectée par l'augmentation de la teneur énergétique de l'aliment. En revanche, les lapins ont mieux digéré ($p < 0,05$) la fraction de l'énergie brute et de la matière grasse des aliments riches en énergie.

Nos résultats corroborent ceux de Fernandez et *al.* (1994), Yamani et *al.* (1994) et Prasad et *al.* (1996), qui rapportent un effet similaire avec des niveaux énergétiques élevés dans la ration de base. Selon Ledin (1984) et Perez et *al.* (1994), ceci peut être lié au faible

niveau d'ingestion qui a, souvent, un effet favorable sur la digestibilité. Les coefficients de digestibilité élevés de la matière grasse et de l'énergie brute reflètent une meilleure assimilation des lapins de population locale à l'égard de ces nutriments.

Par ailleurs, l'utilisation digestive de la fraction protéique est identique quelque soit la concentration énergétique de l'aliment, ce qui rejoint les résultats de Dehall (1981), Lebas et *al.* (1982) et Yamani et *al.* (1994) obtenus chez les races sélectionnées. Elle est, cependant, inférieure (74,1% vs 85,7%) à celle rapportée par Berchiche et *al.* (2000), avec un aliment dosant 2933 Kcal/kg chez la même population de lapins.

L'estimation des teneurs en protéines digestibles (PD) est similaire (en moyenne 132 g/Kg MS) et répond aux normes recommandées par Lebas (2004) afin de couvrir les besoins de croissance du lapin (120 g de PD/Kg d'aliment MS). Néanmoins, le taux en PD de l'aliment le plus énergétique est inférieur de 7% sans pour autant être statistiquement significatif, rejoignant les données de Yamani et *al.* (1994) chez la race Néo-Zélandaise avec des concentrations énergétiques allant de 2525 Kcal/kg à 2820 Kcal/kg.

Par ailleurs, la teneur énergétique de l'aliment n'a pas influencé la digestibilité de la fraction fibreuse. Toutefois, le niveau de digestibilité des fibres chez les lapins de population locale reste faible comparativement à celui enregistré par Onifade et Tewe (1993) chez la race Néo-zélandaise (moyenne de 33,6% vs 55,6%). La digestion des constituants celluloseux reste relativement faible chez le lapin, car selon Scholaut, (1982), la première fonction des fibres chez cet animal est plus une fonction du « lest » qu'une fonction nutritive.

L'appréciation des caractéristiques nutritionnelles des aliments, estimée par le rapport PD/ED, montre que dans nos conditions expérimentales les aliments contenant des taux d'énergie bas et moyen affichent un rapport significativement élevé de 54,2 g/1000 kcal MS ($p < 0,05$) pour le premier et 45,4 g/1000 kcal MS pour le second. Ces derniers sont proches de celui préconisé par Lebas (2004) estimé à 46,5 g/1000 kcal MS, et par conséquent, couvrent les besoins de croissance des lapins de population locale. Selon Ouhayoun et Cheriet (1983), une concentration énergétique de l'aliment élevée induit une réduction de l'ingéré alimentaire, et par conséquent limite l'ingestion de protéines. Ainsi, la vitesse de croissance est ralentie et les performances d'abattage sont faibles.

Dans nos conditions expérimentales, de toutes les performances zootechniques mesurées seul l'ingéré alimentaire est affecté par l'augmentation de l'énergie digestible de l'aliment. L'élévation de l'ED de 590 Kcal ED/kg MS entre les aliments BE et ME et de 990 Kcal ED/Kg MS entre les aliments BE et HE, induit une réduction de l'ingéré alimentaire respective de 8,7% et de 10%. Sur la même population locale, Lounaoui et *al.* (2009) rapportent la régulation de l'ingéré alimentaire du lapin en fonction de la concentration énergétique de l'aliment de l'ordre de 8%, pour un écart de 215 Kcal ED/Kg d'aliment bien inférieur que celui fixé dans notre essai. Aussi, le même constat est relevé par plusieurs auteurs sur des lapins de races sélectionnées, à savoir une diminution de 10,3% (en moyenne) pour une augmentation de l'ED partant de 330 Kcal ED/Kg (Dehalle, 1981 ; Onifade et Tawe, 1993 ; Renouf et Offner, 2007 ; Montessuy et *al.*, 2009 ; Knudsen et *al.*, 2013 et Lebas, 2015).

Gidenne et Lebas (2005) indiquent que la régulation de la consommation alimentaire est soumise à des mécanismes chémostatiques impliqués au travers du système nerveux et de métabolites sanguins liés au métabolisme énergétique. La régulation chémostatique n'apparaît qu'avec une concentration d'ED du régime alimentaire supérieure à 9 MJ/ kg (2150 Kcal/Kg ED) selon Parigi Bini et Xiccato (1998).

Le lapin consommant un aliment hautement énergétique réduit son ingéré, mais sans pour autant diminuer son ingéré énergétique (456 Kcal/Kg/j soit +19,7% ; $p < 0,05$), corroborant les résultats par divers auteurs chez des races sélectionnées (Faf et *al.*, 2011 ; Corrent et *al.*, 2007 ; Montessuy et *al.*, 2009). Par ailleurs, selon Lebas et *al.* (1989), l'ingestion énergétique volontaire est proportionnelle au poids vif métabolique ($PV^{0,75}$), elle est d'environ 220 à 240 Kcal d'ED/j/Kg de $PV^{0,75}$ chez le lapin de race sélectionnée.

A l'inverse, la consommation en protéines digestibles se trouve limitée (-17% ; $p < 0,05$). La consommation de 16,9 g de PD par jour chez le lapin recevant un aliment très énergétique aurait probablement affecté la croissance.

Dans nos conditions expérimentales, l'augmentation du taux énergétique de l'aliment ne semble pas affecter la croissance des lapins. Nos résultats rejoignent ceux rapportés par Berchiche et *al.* (2000) sur les lapins de population locale avec des concentrations énergétiques des aliments variant entre 2658 Kcal/kg et 2933 Kcal/kg. Aussi, chez les races sélectionnées, plusieurs auteurs rapportent également l'absence d'effet significatif de la

Teneur en ED de l'aliment sur le poids final des animaux (Dehall, 1981 ; Lebas et *al.*, 1982 ; Remois et *al.*, 2000 ; Ayyat et *al.*, 1994 ; Verdelhane et *al.*, 2005 ; Renouf et Offner, 2007, Montessy et *al.*, 2009, Knudsen et *al.*, 2014 et Lebas, 2015).

Les rapports PD/ED des aliments testés sont significativement différents, mais aucun effet de ces derniers n'a été relevé sur la vitesse de croissance des lapins, contrairement aux données avancées par Ouhayoun et Cheriet (1983).

L'efficacité de transformation alimentaire (IC) des animaux est quasi similaire. Comme pour l'ingéré, Xiccato et Trocino (2010) ont rapporté une variabilité sur l'indice de consommation en fonction de l'augmentation du niveau énergétique ($R^2 = 0,74$) soit une baisse de 0,29 points pour une réduction de l'ingéré de 12 g/j à 238 Kcal/kg d'ED.

La teneur énergétique de l'aliment n'a pas affecté les composantes et le rendement de carcasse, à l'exception du rendement de carcasse chaude des animaux du lot BE supérieur ($p < 0,05$) à celui des lapins des lots ME et HE. Toutefois, il est à mentionner que ce rendement n'est qu'une étape transitoire de l'abattage. Nos résultats rejoignent ceux mentionnés par Obinne et Mmereole (2010).

La proportion de la peau, rapportée au poids vif, des animaux consommant les aliments ME et HE paraît plus élevée en comparaison à celle du lot BE. Cette proportion reste en dessous de celle enregistrée chez le lapin hybride (Ouhayoun, 1989) et les souches INRA 3889, INRA 9077 et Hyla (Lebas, 2015). Il semblerait que cette faible proportion est la caractéristique des lapins de population locale comme mentionné par Berchiche et *al.* (2000) et Lounaouci et *al.* (2009).

Par ailleurs, la proportion du tube digestif/poids vif des animaux soumis aux trois aliments est relativement faible comparée à celle des lapins standard (Ouhayoun, 1989). Cette proportion relativement réduite du tube digestif serait en partie, la conséquence de la prolongation de l'engraissement au-delà de 77 jours d'âge comme cela a été rapporté par Ouhayoun (1989). Aussi la basse teneur en cellulose brute (CB) des aliments BE, ME et HE par rapport à la teneur recommandée par De Blas et *al.* (1999), aurait également évité le développement du tube digestif des lapins. En effet une parfaite illustration avec un régime contenant 39,4% CB, Lounaouci et *al.* (2009) ont enregistré une proportion de 19,5%.

Par ailleurs, l'adiposité est appréciée par le dépôt du gras péri rénal car ce dernier est un bon indicateur de l'état d'engraissement de la carcasse (Lebas, 1983 ; Ouhayoun, 1989).

Celle-ci n'est pas affectée par la teneur énergétique de l'aliment. Dans notre étude, les résultats révèlent, généralement, que l'adiposité est réduite comparativement à celle rapportée par Renouf et Offner (2007) sur la souche hyplus, et celles enregistrée par Lebas (2015) sur la souche INRA 3889 et INRA 9077. Selon Pascual et al. (2004) et Larzul et al. (2005), les animaux sélectionnés sur la vitesse de croissance présentent une adiposité importante. Quant à la population locale, Berchiche et al. (2000) ont enregistré avec les régimes à 2650 Kcal/kg et 2933 Kcal/kg, une proportion de gras plus élevée que celle des lapins de notre étude. La réduction de l'adiposité de nos animaux peut être due à son statut de population non sélectionnée. En effet, Prud'hon et al. (1970) relèvent que le dépôt de gras est plus important chez les races sélectionnées à croissance rapide, alors qu'il est faible chez les animaux à croissance lente.

Le poids du colon proximal et les longueurs de l'estomac et de l'intestin grêle sont importants chez les lapins ayant consommé l'aliment à faible énergie, corroborant les résultats observés par Lebas et al. (1982) et Wang et al. (2012). Selon Lebas et al. (1982), la dilution de l'énergie entraîne d'une part l'augmentation de la consommation et éventuellement une hypertrophie du tube digestif.

L'étude des métabolites plasmatiques révèle une augmentation du taux des lipides totaux chez les lapins recevant l'aliment le plus énergétique ($p < 0,05$), liée probablement à l'augmentation de l'ingéré énergétique de ces animaux sous tendue par un coefficient d'utilisation digestive plus élevé de la matière grasse, comme cela a été rapporté par Yamani et al. (1994).

Par ailleurs, dans nos conditions expérimentales, la teneur en protéines totales plasmatiques n'est pas influencée par la teneur énergétique de l'aliment, contrairement aux données avancées par Ayyat et al. (1994) et Wang et al. (2012), qui enregistrent une teneur plus élevée en protéines totales chez les lapins de race Néo- Zélandaise recevant des aliments plus énergétiques.

III. CONCLUSION ESSAI 1

De ce premier essai, il en ressort que les lapins de population locale régulent leur ingéré alimentaire en fonction de l'augmentation énergétique. La consommation alimentaire est effectivement plus élevée avec l'aliment à faible concentration d'ED, mais l'ingéré

énergétique est significativement faible. La vitesse de croissance reste inchangée quelque soit le taux en énergie de l'aliment, en particulier chez les lapins recevant un aliment riche en énergie. On pouvait attendre, chez ces derniers, une meilleure vitesse de croissance mais celle-ci se trouve compromise par un faible ingéré en protéines digestibles. Par ailleurs, les lipides sanguins sont significativement élevés en relation avec l'ingéré énergétique impliquant une éventuelle modification du métabolisme lipidique, sans pour autant concerner l'adiposité du lapin.

Au cours de l'essai 1, l'augmentation de l'énergie digestible de l'aliment a induit une baisse de l'ingéré alimentaire sans pour autant diminuer l'ingéré énergétique. En revanche, l'ingéré protéique a significativement baissé (-14,6%) entre l'aliment le plus énergétique et l'aliment à basse énergie. Afin de lever cette contrainte, nous avons étudié l'effet de la variation des teneurs en protéines en considérant les régimes à haute teneur énergétique testés précédemment, sur les paramètres zootechniques, les paramètres biochimiques, le rendement de carcasse et ses composantes, la morphométrie des segments digestifs et sur l'histométrie des villosités et cryptes intestinales, chez le lapin de population locale.

I. RESULTATS ESSAI 2

I. 1. COMPOSITION CHIMIQUE DES REGIMES

L'analyse chimique des aliments est présentée dans le Tableau 34. Estimée par l'équation de Fekete et Gippert (1986), l'énergie digestible (ED) est en moyenne de 2790Kcal/Kg MS pour les aliments à basse énergie et 2985 Kcal ED/Kg MS pour ceux renfermant une teneur élevée en énergie. Les teneurs en protéines totales considérées sont en moyenne de 16,5% ; 18,2% et 19,3 % (MS), respectivement pour les aliments à faible, moyenne et haute teneur en PB. Pour chacun des niveaux énergétiques, les ratios PB/ED augmentent en fonction du taux protéique des aliments : en moyenne 0,58 pour le PB bas, 0,62 pour le PB moyen et 0,67 pour le PB élevé. Concernant le rapport PD/ED, ce dernier a été calculé à partir d'une équation de régression déterminée à partir des rapports PB/ED et des rapports PD/ED de l'essai 1 et 3. Par ailleurs, la teneur en cellulose brute et en fibres des aliments est inférieure à celles recommandées par Lebas (2004), et de surcroît plus faible dans les aliments à haute énergie, en raison de la limite des matières premières disponibles. Il est à noter que les aliments BEBP et HEHP présentent des valeurs en ED inférieures à celles de leurs homologues, liées probablement à des erreurs au cours de la production des aliments.

Tableau 34. Composition chimique des aliments expérimentaux.

<i>Composition</i>	BEBP	BEMP	BEHP	HEBP	HEMP	HEHP
<u>Composition chimique %(brut)</u>						
Protéine brute	15,5	16,8	17,9	15,0	16,8	17,5
Matière grasse	2,18	2,15	2,48	2,24	2,20	2,57
Cellulose brute	9,24	7,52	6,76	4,77	5,05	3,01
NDF	25,5	27,5	24,2	20,9	18,9	16,6
ADL	3,92	3,49	3,31	3,84	3,14	1,52
ADF	11,0	10,8	9,20	10,6	8,5	6,0
Hemicellulose	14,5	16,7	15,0	10,3	10,3	10,7
Matière minérale	7,55	7,37	7,58	6,83	6,75	7,73
Energie brute (Kcal/kg)	3830	3695	4869	3799	3688	4783
Energie digestible (Kcal/kg)*	2494	2616	2593	2788	2769	2667
PB /ED ratio (% PB par Kcal d'ED)	0,62	0,64	0,69	0,54	0,61	0,66
<u>Composition chimique %(MS)</u>						
Matière sèche	91,5	92,5	92	92,5	92	91
Protéine brute	16,7	18,2	19,5	16,3	18,3	19,2
Matière grasse	2,42	2,39	2,76	2,49	2,44	2,85
Cellulose brute	10,3	8,36	7,51	5,30	5,61	3,35
NDF	28,4	30,6	26,8	23,3	21,0	18,5
ADL	4,36	3,87	3,68	4,26	3,49	1,70
ADF	12,3	12,0	10,2	11,8	9,50	6,64
Hemicellulose	16,1	18,6	16,6	11,5	11,5	11,8
Matière minérale	8,40	8,20	8,42	7,59	7,5	8,60
Energie brute (Kcal/kg)	3830	3695	4869	3799	3688	4783
Energie digestible (ED) (Kcal/kg) ¹	2725	2828	2818	3014	3010	2931
PB /ED ratio (% PB par Kcal d'ED)	0,62	0,64	0,69	0,54	0,61	0,65
PD/ED²	47,9	50,4	54,1	42,3	47,5	51,2

¹ l'équation de Fekete et Gippert (1986) : DE (Kcal/kg MS)= 4253-326(CB MS%)-144.4(C MS%).

² : PD/ED : équation de régression (y=0,782 x) R²= 0,981

1.2. EFFET DES NIVEAUX ENERGETIQUES ET PROTEIQUES SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

1.2.1. Effet sur le poids vif

La Figure 13 et le Tableau 35 présentent l'évolution hebdomadaire du poids vif des animaux. A 91 jours d'âge, les animaux nourris avec les aliments à faible teneur énergétique (BE) enregistrent un poids vif supérieur (2240g vs 2144 ; écart de 4,32%, $p < 0,05$). En revanche, l'analyse statistique ne révèle aucun effet significatif du taux protéique ni de l'interaction Energie x Protéines.

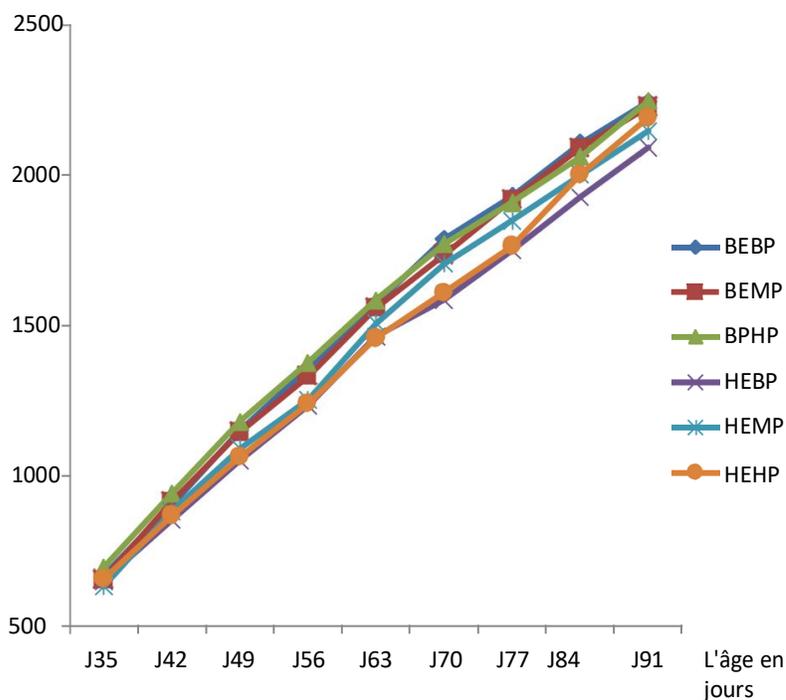


Figure 13. Effet du niveau énergétique et protéique de l'aliment sur l'évolution du poids du lapin en fonction de l'âge.

1.2.2. Effet sur la vitesse de croissance

Comme pour le poids vif, le gain moyen quotidien des animaux recevant les aliments à faible taux d'ED est supérieur à ceux des autres lots : en moyenne 28,5 g/j vs 27,0g/j, soit un écart de 5,3% ($p < 0,05$). Par ailleurs le taux protéique de l'aliment n'agit pas sur la vitesse de croissance (Tableau 36). Aussi l'interaction Energie X protéines concernant la vitesse de croissance globale n'est pas relevée ($p > 0,05$).

Tableau 35. Effet du niveau énergétique et protéique sur le poids vif en fonction de l'âge (n=6, Moyenne ± SE)

Lots	BEBP	BEMP	BEHP	HEBP	HEMP	HEHP	p-valeurs		
							Effet énergie	Effet protéine	Energie x Protéines
J35	670 ± 13,7	659 ± 7,18	698 ± 21,4	653 ± 11,9	635 ± 13,5	660 ± 6,5	-	-	-
J42	⁹⁰⁴ ade ± 14,8	⁹¹⁷ ad ± 9,25	^a 943 ± 17,2	857 ^c ± 10,3	885 ^{cd} ± 15 ^c	871 ^{ce} ± 16	*	ns	ns
J49	^a 1154 ± 20,4	^{ac} 1147 ± 19,1	^a 1182 ± 19,6	1053 ^b ± 16,4	1094 ^{bc} ± 24,2	1066 ^b ± 19,7	*	ns	ns
J56	^a 1360 ± 25,5	^a 1335 ± 22,9	^a 1379 ± 23,6	1236 ^b ± 10,3	1256 ^b ± 23,3	1243 ^b ± 19,3	*	ns	ns
J63	^a 1575 ± 43,2	^a 1561 ± 24,3	^a 1586 ± 33,2	1465 ^{be} ± 15,8	1508 ^{ae} ± 37,2	1461 ^{be} ± 26,4	*	ns	ns
J70	^a 1789 ± 56,6	^a 1738 ± 46,5	^a 1773 ± 44,1	1586 ^{bc} ± 20,1	1707 ^{acd} ± 35,7	1612 ^{bd} ± 33	*	ns	ns
J77	^a 1932 ± 50,5	^a 1920 ± 51,8	^a 1911 ± 30	1750 ^{bc} ± 23,8	1849 ^{ac} ± 29,5	1766 ^{bc} ± 24,1	*	ns	ns
J84	^a 2109 ± 47,1	^a 2092 ± 61,4	^a 2063 ± 31,8	1929 ^{bc} ± 39,0	2003 ^{ac} ± 34,3	2004 ^{ac} ± 26	*	ns	ns
J91	^{ac} 2247 ± 49,6	^{ac} 2228 ± 62,5	^a 2249 ± 70,3	2093 ^{bc} ± 35,7	2148 ^{ac} ± 38,3	2192 ^{ac} ± 31,5	*	ns	ns

BE=Basse Energie, HE= Haute Energie, BP= Basse Protéine, MP= Moyenne Protéine, HP= Haute Protéine. ^{a,b,c,d,e}: les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement (p< 0,05). * : p<0.05. ns : non significatif. SE : erreur standard.

Tableau 36. Effet du niveau énergétique et protéique sur le gain moyen quotidien en fonction de l'âge (n=6, Moyenne ± SE)

Lots	BEBP	BEMP	BEHP	HEBP	HEMP	HEHP	p-valeur		
							Effet énergie	Effet protéine	Energie x Protéines
35-42 J	33,5 ^{ac} ± 1,3	36,8 ^a ± 0,43	34,9 ^{ac} ± 2,94	29,1 ^{bc} ± 2,70	35,7 ^{ad} ± 3,34	30,1 ^{bcd} ± 1,64	*	*	ns
42-49 J	35,5 ^a ± 1,56	32,9 ^{ade} ± 2,33	34,1 ^{acd} ± 1,20	28,0 ^{be} ± 1,40	29,7 ^{bd} ± 1,73	27,8 ^{be} ± 2,10	*	ns	ns
49-56 J	^a 29,5 ± 1,30	^{bc} 26,8 ± 1,05	^{ace} 28,1 ± 0,81	26,1 ^{be} ± 1,14	23,2 ^d ± 0,32	25,2 ^{bd} ± 0,35	*	*	ns
56-63 J	33,0 ± 1,55	32,9 ± 0,70	30,0 ± 2,50	32,7 ± 2,40	36,0 ± 2,45	31,2 ± 1,20	ns	ns	ns
63-70 J	^a 29,3 ± 1,63	^a 28,2 ± 1,74	^a 27,1 ± 2,01	16,8 ^b ± 1,30	28,3 ^a ± 2,10	21,5 ^b ± 2,11	*	*	*
70-77 J	31,4 ^a ± 1,64	26,1 ^{ac} ± 2,31	23,6 ^{bc} ± 2,0	23,3 ^{bc} ± 2,50	20,3 ^b ± 1,70	21,9 ^{bc} ± 1,50	*	*	ns
77-84 J	^a 25,3 ± 1,65	^a 24,5 ± 1,50	19,5 ^{bc} ± 0,84	31,6 ^e ± 2,13	22,0 ^{ac} ± 1,86	33,2 ^{de} ± 2,0	*	*	*
84-91 J	21,8 ± 1,70	19,4 ± 1,0	19,6 ± 2,04	25,5 ± 2,83	20,7 ± 1,82	26,7 ± 2,0	ns	ns	ns
35-91 j	^a 29,9 ± 0,53	^{ac} 28,4 ± 0,80	^{bc} 27,1 ± 1,0	27,1 ^{bc} ± 0,74	27,0 ^{bc} ± 1,0	26,9 ^{bc} ± 0,45	*	ns	ns

BE=Basse Energie, HE= Haute Energie, BP= Basse Protéine, MP= Moyenne Protéine, HP= Haute Protéine. ^{a,b,c,d,e}: les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement * : p<0.05. ns : non significatif.

1.2.3. Effet sur l'ingéré alimentaire

La consommation alimentaire globale, présentée dans le Tableau 37, est élevée chez les lapins recevant les aliments BE (en moyenne 85,1g/j vs 78,6g/j soit une diminution de 8,3% ; $p < 0,05$). Notons qu'à partir de la période 56-63 jours d'âge, cet écart devient moins important et par conséquent non significatif ($p > 0,05$).

Par ailleurs, l'effet du taux protéique sur la consommation globale de l'aliment est significatif ($p < 0,05$). En effet, quelque soit la concentration énergétique de l'aliment, l'ingéré alimentaire diminue chez les lapins consommant des aliments à faible teneur protéique, avec un écart moyen de -5,5%. Toutefois, à partir de 70 jours d'âge cet effet s'annule.

Aucune interaction significative n'est enregistrée entre les niveaux énergétique et protéique sur l'ingéré.

1.2.4. Effet sur l'indice de consommation

Le tableau 38 et Figure 14 montrent que le niveau énergétique de l'aliment n'a pas influencé l'indice de consommation des lapins : 3,23 pour les aliments BE et 3,20 pour les aliments HE. En revanche, il en ressort un effet significatif de l'augmentation du taux des protéines brutes des aliments sur l'IC, se traduisant par détérioration de ce paramètre chez les animaux nourris à base d'aliments faiblement énergétique et à taux élevés de PB (en moyenne +12,5% ; $p < 0,05$). Ce même effet est constaté chez les lapins recevant des aliments plus énergétiques, toutefois avec une amélioration de l'IC chez les lapins du lot (HEHP), d'où l'interaction ED x PB significative ($p < 0,05$) constatée dans le tableau.

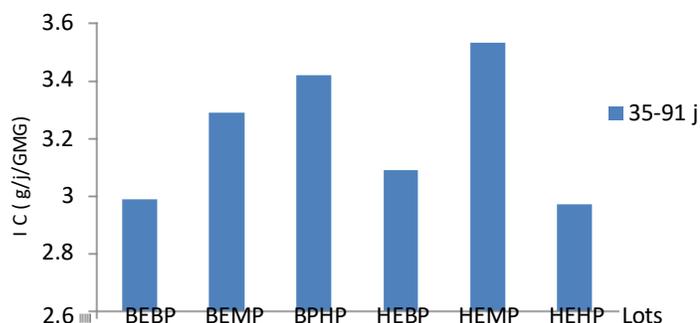


Figure 14. Effet du niveau énergétique et protéique sur l'indice de consommation (35-91)

1.2.5. Effet sur l'ingéré énergétique et protéique

L'effet des concentrations en énergie et en protéines de l'aliment sur l'ingéré énergétique (IED) et protéique totales (IPT) des lapins sont reportés dans le Tableau 39. Les résultats montrent que l'ingéré énergétique n'est pas modifié par la variation de la teneur en ED de l'aliment (237,6 et 234,5 Kcal d'ED/J/MS ; $p>0,05$). Par contre, l'analyse statistique révèle un effet significatif de la composition en PB de l'aliment sur l'ingéré énergétique, en particulier pour les taux de protéines moyens BEMP et HEMP (225 vs 247 Kcal ED/j MS pour le BE et 227 vs 247 Kcal ED/j MS pour HE). Au-delà de ces taux (MP), nous notons une baisse non significative de l'IED ($p>0,05$).

Toutefois, l'ingéré protéique est influencé significativement par la composition à la fois énergétique et protéique des aliments testés (Tableau 39). Les lapins ingèrent, en moyenne, une quantité de protéines totales plus importante avec les aliments BE (15,5 vs 14,1 g/j, soit +9% ; $p<0,05$).

D'autre part, l'ingéré protéique semble plus important chez les animaux recevant des régimes riches en protéines (15,5 en moyenne vs 13,1 g/ ; $p<0,05$).

L'efficacité énergétique, estimée par la quantité d'énergie nécessaire par gramme de gain de poids, est significativement modifiée par la teneur en énergie et en protéines totales de l'aliment. Ce paramètre augmente de 4% chez les lapins nourris avec les aliments HE.

En revanche, l'efficacité énergétique évolue différemment en fonction du taux de PB de l'aliment selon le taux d'énergie considéré. A basse énergie, elle augmente avec la hausse de la teneur des PB (écart de +14,5%), par contre avec les aliments plus énergétiques, celle-ci diminue avec le régime hautement protéique (-7%), d'où l'interaction significative décelée par l'analyse statistique.

1.3. EFFET DES NIVEAUX ENERGETIQUES ET PROTEIQUES SUR LES PERFORMANCES A L'ABATTAGE

1.3.1. Effet sur le rendement et les composantes tissulaires de la carcasse

Les résultats du rendement de carcasse des animaux sont reportés dans le Tableau 40. L'analyse statistique révèle que le rendement de la carcasse froide est modifié par la

Tableau 41. Effet du niveau énergétique et protéique sur la morphométrie des segments digestifs

(n=6 ; 92 jours d'âge ; Moyenne ± SE).

Lots	BEBP	BEMP	BEHP	HEBP	HEMP	HEHP	p-valeur		
							Effet Energie	Effet Protéines	Energie x Protéines
<i>Longueurs</i>									
Estomac	21,2 ^a ± 1,80	18,8 ^{ab} ± 1,19	17,6 ^{bd} ± 0,21	21,1 ^a ± 0,75	17,6 ^{bd} ± 0,42	15,1 ^{cd} ± 0,50	ns	*	ns
Intestin grêle	3,0 ± 0,02	3,13 ± 0,10	3,03 ± 0,02	3,16 ± 0,13	3,08 ± 0,11	3,02 ± 0,12	ns	ns	ns
Ceacum	43,6 ^a ± 0,76	47,0 ^b ± 1,68	47,0 ^b ± 1,37	48,5 ^b ± 1,67	44,8 ^{ab} ± 1,40	43,0 ^a ± 1	ns	ns	*
Colon proximal	29,8 ^a ± 0,70	29,50 ^a ± 1,21	35,6 ^b ± 2,11	33,0 ^{ab} ± 0,72	30,1 ^a ± 1,04	32,0 ^{ab} ± 1,15	ns	*	*
Colon distal	61,5 ^a ± 0,34	66,0 ^{ac} ± 3,23	71,1 ^{bc} ± 1,22	68,0 ^{bc} ± 0,63	66,8 ^{ac} ± 2,61	78,1 ^d ± 1,66	*	*	ns
<i>Proportions %</i>									
Esv/pv	0,90 ^a ± 0,02	0,89 ^a ± 0,06	0,68 ^{be} ± 0,03	1,09 ^c ± 0,03	0,78 ^d ± 0,01	0,71 ^{ed} ± 0,04	ns	***	*
Igv/pv	1,96 ^a ± 0,06	2,23 ^{ac} ± 0,06	2,09 ^{ad} ± 0,07	2,28 ^{bcd} ± 0,14	2,43 ^{bc} ± 0,06	2,13 ^{ad} ± 0,15	*	*	ns
Cev/pv	1,26 ^a ± 0,01	1,52 ^b ± 0,07	1,44 ^{ab} ± 0,08	1,90 ^{cd} ± 0,16	2,01 ^c ± 0,11	1,71 ^{bd} ± 0,09	*	ns	ns
Cpv/pv	0,50 ^a ± 0,01	0,64 ^b ± 0,04	0,50 ^a ± 0,02	0,65 ^b ± 0,02	0,68 ^b ± 0,01	0,70 ^b ± 0,03	***	ns	*
Cdv/pv	0,39 ^a ± 0,02	0,47 ^b ± 0,03	0,56 ^c ± 0,01	0,61 ^c ± 0,02	0,46 ^{ab} ± 0,03	0,56 ^c ± 0,04	*	*	*

BE=Basse Energie, BP= Basse Protéine, MP= Moyenne Protéine, HP= Haute Protéine, HEHP= Haute Energie. ^{a,b,c,d,e}: les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement ($p < 0,05$). SE: erreur standard. *: $p < 0,05$. ***: très significatif $p < 0,0001$. ns : non significatif

teneur énergétique de l'aliment. En effet, celui-ci diminue significativement chez les lapins recevant les aliments riches en énergie (64,1 vs 66,5 ; écart de -4% ; $p < 0,05$).

Par ailleurs, la proportion de la peau (P/PV) est affectée par le niveau protéique des aliments. Celle-ci augmente en relation avec l'élévation du taux de PB totales des aliments particulièrement avec les taux de protéines les plus importants (BEHP, HEHP : 10,7 vs 11,8% pour BE et 10,2 et 11,8% pour HE)

D'autre part, des interactions entre l'ED et PB ont été obtenus pour les proportions du foie, du gras inter scapulaire et du gras périrénal. L'effet du taux de protéines n'est visible que chez les animaux recevant les aliments riches en énergie ($p < 0,05$).

L'adiposité, représentée par la proportion du gras interscapulaire (GI/CF) et périrénal (GP/CF), est influencée par le niveau énergétique et protéique. L'interaction significative énergie x protéines montre que l'augmentation du taux de protéines des aliments induit une adiposité plus importante chez les animaux recevant les aliments riches en énergie ($p < 0,05$).

1.3.2. Effet sur le tractus digestif

L'analyse montre que la longueur et la proportion / au poids vif des segments digestifs sont modifiés par les taux énergétiques et protéique de l'aliment (Tableau 41). La longueur du colon distal est influencée par le niveau énergétique ; celle-ci augmente avec la hausse de l'énergie digestible de l'aliment (70,9 cm vs 66,2 cm, écart de + de 6,6%, $p < 0,05$). Par ailleurs, la longueur de l'estomac et du colon distal est modifiée par la teneur protéique des aliments ; la longueur de l'estomac diminue avec l'augmentation du taux protéique (HP) (21,1 cm vs 16,3 cm ; écart de +22,7%, $p < 0,05$), par contre, la longueur du colon distal augmente avec la hausse de celui ci (78,1 cm vs en moyenne 67cm, $p < 0,05$).

D'autre part, des interactions entre l'ED et PB sont enregistrés pour la longueur du ceacum et du colon proximal. La longueur du ceacum ne semble pas être influencée par le taux énergétique et protéique, cependant, nous avons relevé une interaction significative ($p < 0,05$). Il semblerait que celle ci diminue sous l'effet de l'augmentation de la concentration protéique avec un aliment haut en énergie. Quant à la longueur du colon proximal, l'augmentation de la teneur BP avec un aliment à bas taux énergétique a favorisé cette longueur.

D'autre part, la concentration énergétique a influencé la proportion de l'intestin grêle (Igv/pv) et du ceacum (Cev/pv) respectivement. L'augmentation du niveau énergétique de l'aliment (HE) a induit une proportion élevée ($p < 0,05$) de ces deux segments en comparaison à BE (2,28% vs 2,09% ; écart de +8,33%, $p < 0,05$ et 1,87% vs 1,40% ; écart de +25%, $p < 0,05$). Aussi, nous avons relevé que la proportion Igv/pv est affectée par la teneur en PB de l'aliment ; celle-ci diminue avec la hausse des protéines soit écart de -10,4%.

Par ailleurs, nous avons relevé des interactions significatives entre l'ED et PB sur la proportion de l'estomac et du colon proximal et distal. L'augmentation de la teneur protéique (HP) avec la basse énergie (BE) ou la teneur moyenne (MP) avec la haute énergie diminue la proportion de l'estomac (Esv/pv). Quant à la proportion du colon proximal et distal (Cdv/pv ; Cdv/pv), l'augmentation de la concentration énergétique avec un aliment riche en protéines favorise cette proportion.

1.4. EFFET DES NIVEAUX ENERGETIQUE ET PROTEIQUE SUR LES PARAMETRES PLASMATIQUES

Les différents paramètres biochimiques sanguins sont mentionnés dans le Tableau 42. Nos résultats font apparaître une différence hautement significative de l'effet de l'ED et des PB des aliments ($p < 0,0001$) sur le taux de glucose sanguin. Ce dernier diminue avec l'augmentation de l'ED et de PB des aliments. Aussi, l'interaction ED x PB ($p < 0,05$) montre que cette diminution est plus accrue chez les lapins nourris avec les aliments à basse énergie (-39% pour BE et -18,3% pour HE).

Par ailleurs, les teneurs en protéines totales et en cholestérol sont modifiées, différemment par la concentration énergétique des aliments. Les protéines totales sont plus élevées de +5,7% en faveur de la basse énergie. En revanche l'effet contraire est obtenu pour la teneur en cholestérol (+19% en moyenne pour les aliments HE ; $p < 0,05$).

Les teneurs en triglycérides et en créatinine sont affectées par la concentration protéique des aliments. La teneur en triglycérides diminue avec le taux de protéines moyen (MP). Par contre, la créatinine augmente au fur et à mesure que le taux de PB s'élève.

Quant à la teneur en urée du plasma, l'étude statistique ne révèle aucun effet de l'ED et des PB sur ce paramètre.

Tableau 42. Effet du niveau énergétique et protéique sur les paramètres biochimiques

(n=10 ; 92 jours d'âge ; Moyenne ± SE).

Lots	BEBP	BEMP	BEHP	HEBP	HEMP	HEHP	p-valeur		
							Effet Energie	Effet Protéines	Energie x Protéines
Glucose (mmol/l)	12,4 _a	10,1 _{bd}	7,56 _{cfg}	9,29 _{de}	8,04 _{efg}	7,66 _f	***	***	*
Protéines totales (g/l)	46,2 _{ab}	47,9 _a	48,7 _a	43,0 _{bc}	45,7 _{ac}	46,0 _{ac}	*	ns	ns
Cholestérol (mmo/l)	1,83 _a	2,30 _{abcd}	2,19 _{adc}	2,62 _{bcd}	2,3 _{cd}	2,67 _d	*	ns	ns
Triglycérides (mmol/l)	2,49 _{ac}	2,20 _a	2,57 _{ac}	2,29 _a	2,27 _a	2,92 _{bc}	ns	*	ns
Créatinine (umol/l)	1,31 _a	1,53 _{ace}	1,77 _{bde}	1,50 _{ac}	1,51 _{ac}	1,64 _{cd}	ns	*	ns
Urée (mmol/l)	6,43	6,56	7,23	7,63	7,34	7,27	ns	ns	ns

BE=Basse Energie, HE= Haute Energie, BP= Basse Protéine, MP= Moyenne Protéine, HP= Haute Protéine. ^{a,b,c, d, e, f, g}: les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement (p< 0,05). ns : non significatif. * : significatif, p<0,05. *** : hautement significatif, p<0,0001 ; SE : erreur standard.

1.5. EFFET DU NIVEAU ENERGETIQUE ET PROTEIQUE SUR L'HISTOMETRIE DES VILLOSITES ET DES CRYPTES

L'histométrie des villosités intestinales des animaux est assignée dans le Tableau 43. Les résultats montrent des différences hautement significative de l'effet de l'ED et des PB des aliments ($p < 0,0001$) sur les trois portions de l'intestin grêle (*Duodénum*, *jéjunum* et *iléon*). L'analyse statistique révèle que l'augmentation de la concentration énergétique de l'aliment (HE) avec un aliment riche en teneur protéique diminue la hauteur, la superficie et la profondeur des cryptes du *duodénum* et du *jéjunum*.

Par ailleurs, la teneur haute en protéines (HP) de l'aliment avec la basse concentration énergétique (BE) et la teneur moyenne en protéines (MP) avec la haute teneur énergétique (HE) ont baissé la hauteur et la surface de l'iléon. Toutefois nous avons constaté que la profondeur des cryptes de cette portion est affectée seulement par l'effet énergétique, nous n'avons pas relevé d'interaction significative entre ED et PB de l'aliment. L'augmentation du taux énergétique de l'aliment augmente significativement ($p < 0,05$) ce critère (HE : 282 μm vs BE : 278 μm , $p < 0,05$).

Tableau 43. Effet du niveau énergétique et protéique sur l'histométrie des villosités et des cryptes

(n=10 ; 92 jours d'âge ; Moyenne ± SE)

Lots	BEBP	BEMP	BEHP	HEBP	HE MP	HEHP	p-valeur		
							Effet Energie	Effet Protéine	Energie x Protéine
<u>Duodénum</u>									
Hauteur µm (L)	808 ^a ± 21,4	1379 ^{bde} ± 33,5	1927 ^c ± 63	870 ^a ± 23,5	1311 ^{de} ± 42,5	1330 ^e ± 37,5	***	***	***
Superficie mm ²	0,33 ^a ± 0,01	0,84 ^{bd} ± 0,02	1,07 ^c ± 0,04	0,36 ^a ± 0,01	0,79 ^{de} ± 0,02	0,75 ^e ± 0,04	***	***	***
Prof Cryptes µm	236 ^a ± 6,78	319 ^{bd} ± 7,08	344 ^c ± 8,90	304 ^{de} ± 6,11	256 ^a ± 4,10	283 ^e ± 10,11	*	***	***
<u>Jéjunum</u>									
Hauteur µm (L)	1268 ^a ± 40,1	2000 ^{be} ± 61,3	1677 ^c ± 34,3	1412 ^{df} ± 29,2	1945 ^e ± 54,7	1424 ^f ± 49,5	ns	***	*
Superficie mm ²	0,73 ^{ae} ± 0,03	1,17 ^{bd} ± 0,05	0,94 ^{ce} ± 0,04	0,83 ^{ae} ± 0,03	1,15 ^{dg} ± 0,05	0,82 ^e ± 0,04	ns	***	*
Prof Cryptes µm	291 ^{ad} ± 7,76	377 ^b ± 11	277 ^a ± 7,84	304 ^d ± 12,2	278 ^a ± 7,60	248 ^c ± 5,77	***	***	***
<u>Iléon</u>									
Hauteur µm (L)	705 ^a ± 23,3	943 ^{bce} ± 16	7241 ^a ± 19	916 ^{ce} ± 19,5	828 ^d ± 32,4	915 ^e ± 37	***	*	***
Superficie mm ²	0,25 ^a ± 0,09	0,53 ^{bf} ± 0,01	0,40 ^c ± 0,02	0,32 ^d ± 0,09	0,46 ^e ± 0,01	0,55 ^f ± 0,03	*	***	***
Prof Cryptes	269 ^a ± 8,50	295 ^{bcd} ± 7,61	270 ^{ag} ± 7,93	296 ^{cde} ± 7,50	301 ^d ± 5,92	249 ^{ag} ± 8,80	ns	*	ns

BE=Basse Energie, HE= Haute Energie, BP= Basse Protéine, MP= Moyenne Protéine, HP= Haute Protéine. ^{a,b,c,d,e,f} : les moyennes affectées de lettres différentes diffèrent significativement (p< 0,05). ns : non significatif, *** : hautement significatif, p<0.0001 ; SE : erreur standard

II. DISCUSSION ESSAI 2

Dans nos conditions expérimentales, l'augmentation de la concentration énergétique de l'aliment a réduit l'ingestion alimentaire soit une diminution significative de 8,3%, ce qui corrobore les résultats obtenus chez la population locale par Berchiche et *al.* (2000) avec un écart de 18% et des teneurs en ED des aliments variant de 2500 à 2900 Kcal/kg MS.

En revanche, l'élévation du taux de protéines dans chacun des deux niveaux énergétiques augmente l'ingéré alimentaire (+5%). Ces résultats révèlent une régulation de l'ingéré alimentaire par le lapin, en fonction de la concentration énergétique (Gidenne et Lebas, 2005). Ces deux effets sont dissociés puisque aucune interaction n'est relevée. Toutefois, nos résultats ne concordent pas avec ceux de Habibi et *al.* (1995), Obinne et *al.* (2010) et Wang et *al.* (2012) qui n'observent pas d'effet sur l'ingéré alimentaire, avec des régimes alimentaires allant de 1780 à 3100 Kcal/kg de MS et une variation des teneurs en protéines s'étalant de 15 à 22% PB (MS), respectivement chez les lapins de race Rex, des hybrides et des lapins de race New Zélandaise. Plusieurs travaux, portant sur l'effet de la

variation des protéines (allant de 13,4 à 26,6%) indiquent des résultats contradictoires. Habibi *et al.* (1995), Lei *et al.* (2004) et Ladokun *et al.* (2006) ne trouvent aucune différence de l'ingéré alimentaire, par contre, Maertens *et al.* (1997) et Momoh *et al.* (2015) constatent une augmentation significative de ce paramètre liée à celle des taux de protéines des aliments.

Par ailleurs, l'évolution de l'ingéré alimentaire en fonction de l'âge du lapin montre que la régulation alimentaire s'effectue d'une manière significative durant les trois premières semaines de l'essai soit une diminution moyenne de 13% par rapport à celle enregistrée lors des dernières semaines (en moyenne -6%). Cet effet, observé également par Al-Dobaib (2010), s'atténue au fil de l'âge et serait lié probablement à l'adaptation métabolique de l'animal.

Bien que l'ingéré alimentaire diminue en fonction de l'augmentation du taux énergétique de l'aliment, l'ingéré énergétique n'est pas modifié significativement ($p > 0,05$). En revanche, ce dernier est plus élevé lorsque le taux protéique augmente. D'autre part, l'ingéré protéique augmente significativement ($p < 0,05$) avec l'élévation, à la fois de l'énergie digestible et de la teneur en protéines de l'aliment.

En comparaison aux races sélectionnées, Prasard *et al.* (1996) n'ont pas enregistré d'effet significatif des teneurs en ED et en PB de l'aliment sur l'ingéré énergétique et protéique du lapin. En revanche, l'augmentation de la teneur en PB de l'aliment (15% à 23% MS) a induit une hausse significative de l'ingéré protéique (Habibi *et al.*, 1995 et Prasard *et al.*, 1996), ce qui rejoint les résultats obtenus dans nos conditions expérimentales.

Concernant la croissance, les lapins recevant des aliments à faible teneur énergétique montrent un poids plus élevé de +4% ($p < 0,05$), du même ordre que celui rapporté par Berchiche *et al.* (2000). Il semblerait que la surconsommation alimentaire induite par l'aliment à faible teneur énergétique a augmenté le gain de poids.

En revanche, dans nos conditions expérimentales, la variation de la teneur en PB des aliments n'a pas eu d'effet sur le gain de poids des animaux, bien que l'ingéré protéique soit significativement élevé chez les lapins recevant des aliments riches en protéines. Des résultats identiques sont rapportés par Berchiche *et al.* (1999), sur des lapins de population locale nourris avec des aliments renfermant 18% et 19% de PB ainsi que Lei *et al.* (2004) sur la race New Zélandaise. D'autres travaux effectués sur des races sélectionnées mentionnent

une amélioration du GMQ avec des aliments à haute teneur protéique (Habib et *al.*, 1995 ; Ladokun et *al.*, 2006 ; Momoh et *al.*, 2015 ; Ayyat et *al.*, 2017) particulièrement à partir de 16% de PB.

Dans nos conditions expérimentales, l'interaction entre l'ED et les PB des aliments sur la croissance n'a pas été révélée. Aussi, le même constat est mentionné chez les lapins de races sélectionnées par Prasard et *al.* (1996), Ren et *al.* (2004), Kjaer et Jensen (1997), Wang et *al.* (2012) et Tazzoli et *al.* (2015). Par contre, Obinne et *al.* (2010) rapportent une interaction entre l'ED et le PB des aliments sur le gain de poids des lapins, démontrant que l'augmentation de l'ED des aliments entraîne une meilleure croissance avec des taux de protéines supérieurs à 16%. Certaines études relatives à l'effet des acides aminés sur la croissance du lapin nous renseignent que le poids est optimal lorsque la couverture de ces nutriments est atteinte (Maertens et *al.*, 1992 ; Yesmin et *al.*, 2013). Chez la population locale, cet aspect devrait être exploité en fonction des apports en PB.

L'indice de consommation n'est pas modifié par la variation de la teneur des aliments en ED. En revanche, l'IC est détérioré par les lapins recevant les aliments riches en PB et à basse énergie. Ceci a été rapporté par Ren et *al.* (2004) et Prasard et *al.* (1996) en enregistrant une efficacité alimentaire plus élevée avec les aliments dosés à 2556 et 2620 Kcal/kg d'ED contre 2769 et 2742 Kcal/kg d'ED. Tandis que Obinne et *al.* (2010) ont rapporté des IC similaires.

Par ailleurs, l'augmentation de la teneur énergétique et protéique des aliments entraînent une diminution de l'efficacité énergétique (EE) chez les lapins. Ainsi, la meilleure EE est obtenue avec un aliment à basse ED associée à un taux de PB faible. Cependant, l'analyse statistique révèle une interaction démontrant une amélioration significative de l'EE avec l'aliment hautement énergétique et protéique, sans pour autant atteindre la précédente.

D'après les résultats, le lapin de population locale valorisent mieux les régimes à basse concentration énergétique et protéique. En effet, nos résultats corroborent ceux de Ouhayoun et Delmas (1980), Poisman et Wittouk (1986) et Ouhayoun et Cheriet (1983), qui constatent que les animaux qui disposent moins de protéines en rapport avec l'énergie, utilisent mieux ces derniers et que ce mécanisme est bien connu chez les monogastriques.

Dans nos conditions expérimentales, le rendement de la carcasse et ses composantes ont été affectés par les différents teneurs énergétiques et protéiques de l'aliment. L'augmentation de la concentration énergétique a altéré significativement le rendement de la carcasse froide des lapins. Il est probable que cette baisse serait liée à la réduction de l'ingéré alimentaire et de la vitesse de croissance en relation avec l'augmentation de l'énergie (HE). Toutefois, chez la race sélectionnée, Duperray, (2009) et Lebas (2015) rapportent que le rendement de carcasse est plus important chez les lapins recevant des aliments à concentration élevée en énergie, lié éventuellement à leur vitesse de croissance accélérée, contrairement à Ayyat et *al.* (1994) qui ne signalent aucun effet significatif.

Par ailleurs, la proportion de la peau est plus importante avec l'augmentation des protéines dans l'aliment. Les lapins nourris à base d'aliment HP présente un développement de la peau plus important en relation avec l'ingéré protéique élevé. Chez la même population locale, Lounaouci et *al.* (2008) ne trouvent pas d'effet de l'augmentation des protéines dans l'aliment sur la proportion de la peau. Maertens et *al.* (1997) constatent une baisse de la proportion de la peau au-delà de 16% de PB dans l'aliment. Ouhayoun et Cheriet (1983) et Lebas et Ouhayoun (1987) rapportent le rôle important des protéines dans le développement de la peau en soulignant qu'une faible teneur en protéines peut limiter la formation des réserves cutanées ou de la tunique musculaire.

Les lapins consommant des aliments à haute énergie (HE) et protéines (HP) présentent une proportion du foie est plus élevée. Cette augmentation est probablement liée à l'ingestion protéique élevée avec les aliments HP. Poisman et Wittouk (1986) expliquent que cette hypertrophie peut être le résultat d'une activité métabolique compensatoire à une faible efficacité protidique. Toutefois, chez le rat, des études, ont rapporté que lors de la consommation de régimes hyperprotéiques, le mécanisme majeur d'adaptation est l'augmentation des capacités métaboliques du foie par induction des enzymes du catabolisme des acides aminés (Didier et *al.*, 1983 ; Jean et *al.*, 2001). Néanmoins, Obinne et *al.* (2010) enregistrent une proportion F/CF élevée chez les lapins nourris avec des aliments à concentrations énergétiques et protéiques faibles.

Concernant l'adiposité, l'influence des nutriments apportés par l'alimentation est différente selon l'emplacement du gras déposé. En effet, nos résultats montrent que le gras péri rénal accroît avec l'augmentation de l'ED de l'aliment, en contradiction avec les

résultats de Berchiche et *al.* (2000) qui ne trouvent pas d'effet significatif de la concentration énergétique de l'aliment sur le gras péri rénal chez la population locale. Par ailleurs, nos résultats concordent avec ceux rapportés par Ouhayoun et Cheriet 1983 ; Partidge et *al.*, 1986 ; Fernandez et Fraga, 1996 ; Renouf et Offener, 2007. En revanche, nos résultats montrent une augmentation du gras inter scapulaire influencée par la hausse des PB de l'aliment.

La concentration énergétique et protéique des aliments de l'essai a influencé les segments du tube digestif. L'augmentation de la teneur énergétique et protéique a favorisé la proportion / poids vif de l'intestin grêle vide, du cecum et du colon proximal et distal. Poismans et Wittouk (1986) et Obinne et *al.* (2010) ont rapporté des poids plus importants avec les régimes bas en énergie et riche en protéines et des taux de cellulose brute élevés. Selon ces auteurs ce développement est favorisé par la concentration élevée des fibres dans la ration. Toutefois nos résultats ne sont pas en accord avec ces auteurs, quant la concentration élevée des fibres, car nos aliments sont faibles en cette fraction selon les recommandations de Lebas (2004).

Par ailleurs, dans nos conditions expérimentales, la concentration du glucose a baissé significativement avec l'augmentation de l'énergie et des protéines des aliments. Il semblerait que la diminution de la concentration du glucose des lapins est liée à l'utilisation de ce métabolite comme source de production d'énergie. Aussi, selon Jean et *al.* (2001) les régimes hyperprotéiques et pauvres en énergie favorisent la réduction de la glycémie. Nos résultats sont en concordance avec celles rapportées par Wang et *al.* (2012) et Hemid et *al.* (2015).

Par ailleurs, la teneur en protéines totales sériques, n'a pas été affectée par le taux protéique des aliments. Comparé à d'autres études, la teneur en protéines est modifiée en réponse à un faible apport en protéines (Wang et *al.* 2012). Poismans et Wittouk et *al.* (1986) ont enregistré de résultats similaires aux nôtres, avec des aliments à teneur protéique situé entre 15 et 17% de PB. Toutefois, les protéines totales sont affectées par le taux énergétique. En effet, nous avons enregistré un taux plus élevé avec la basse énergie (BE), attribuée probablement à l'ingéré alimentaire plus élevé.

La **créatinine** est plus importante ($p < 0,05$) chez les lapins nourris avec les aliments riches en PB quelque soit la concentration énergétique. Il est à rappeler que l'ingestion des protéines est plus importante avec ces régimes alors que celle de l'énergie est limitée. L'apport insuffisant en énergie ne permet pas l'utilisation adéquate des protéines ingérées, le lapin se trouve contraint de puiser sur sa masse grasseuse, en premier ce qui explique la diminution de l'adiposité dans le lot BEHP et en second lieu sur sa masse musculaire ce qui coïncide avec la baisse du GMQ dans ce même lot. Selon Apatal et *al.* (1999) l'excès de créatinine dans le sang indique la présence d'atrophie musculaire due au catabolisme de la créatine, ce qui induit à la réduction de la masse musculaire donc à la diminution du gain de poids. Il semblerait que la teneur élevée de la créatinine chez les lapins des lots BEHP et HEHP, pourrait expliquer la baisse du GMQ de ces animaux.

La teneur élevée du cholestérol est favorisée par la concentration énergétique de l'aliment. Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Onifade et Tewe (1993) chez le lapin New zélandais et par Aguiar Silvia (2012) chez le rat Wistar. Toutefois, Wang et *al.* (2012) n'ont rapporté aucun effet sur ce métabolite chez la race Néo Zélandaise.

Par ailleurs, nos résultats montrent que les triglycérides sont plutôt sensibles à l'élévation de la teneur en PB dans les aliments (HP), soit un écart de +12,7% et +18% respectivement par rapport à BP et MP. Hemid et *al.* (2015) ont rapporté une teneur plus élevée avec la basse protéine (14% de PB).

Sur le plan histométrique, la muqueuse intestinale subit d'importantes modifications. En effet, l'augmentation de la concentration énergétique et protéique des aliments (HP) a affecté négativement la hauteur, la surface et la profondeur des cryptes du duodénum et du jéjunum à l'exception de l'iléon.

Par ailleurs, nous avons constaté que la hauteur du jéjunum et de l'iléon considérés comme le siège de l'absorption des nutriments, présentent une hauteur et une profondeur des cryptes plus importantes. Tufarelli et *al.* (2010) ont rapporté que l'augmentation de la hauteur des villosités favorise la surface d'absorption et entraîne une action satisfaisante des enzymes digestives et un transport plus élevé des nutriments, améliorant ainsi l'efficacité de la digestion et de l'absorption. Aussi une crypte plus profonde peut indiquer un renouvellement tissulaire plus rapide des villosités (Laudadio et *al.*, 2012). Chez le rat Wistar, une atrophie de la hauteur des villosités est constatée avec des régimes hyperprotéiques qui

seraient liée à une adaptation physiologique de l'animal aux régimes hyperprotéiques (Addou, 2008). Chez d'autres espèces, Ojediran et *al.* (2017) ont enregistré une hauteur des villosités et une profondeur des cryptes du jéjunum plus élevées avec le taux de 16% de PB chez le poulet. Aussi, chez le porc, une réduction du niveau protéique de l'aliment diminue la hauteur et la profondeur des cryptes des trois portions de l'intestin (Peng et *al.*, 2016).

III. CONCLUSION ESSAI 2

Dans nos conditions expérimentales, les effets dissociés de l'ED et des protéines de l'aliment montrent que l'augmentation de la concentration en ED de l'aliment réduit l'ingéré alimentaire. Par conséquent, l'ingéré en protéines brutes se trouve significativement restreint comme pour le premier essai et la vitesse de croissance réduite. Aussi, la teneur plasmatique en protéines totales et en cholestérol diminue lorsque la concentration en ED de l'aliment augmente.

Quant à l'effet du taux des protéines de l'aliment, il se distingue par un ingéré énergétique et protéique des animaux plus accru. Aussi, le rendement de carcasse froide, la proportion de la peau ainsi que la longueur du colon distal sont favorisés avec la concentration hyperprotéique. D'autre part, les métabolites sanguins ne sont pas sensibles à la teneur protéique de l'aliment, excepté la teneur en triglycérides qui baisse avec la hausse des protéines tandis que la concentration en créatinine augmente, témoignant du catabolisme de la créatine liée à l'insuffisance en protéines pour répondre aux besoins de l'animal. Enfin, quant à l'histométrie des villosités intestinales, les aliments hyperprotéiques augmentent la profondeur des cryptes de l'iléon, favorisant ainsi une bonne croissance des villosités.

Les interactions relevées par l'analyse statistique, montrent que les lapins recevant des aliments riches en ED et PB ont une meilleure efficacité alimentaire et énergétique et présentent une adiposité de la carcasse plus importante. Ces mêmes animaux présentent des villosités du jéjunum et de l'iléon plus importantes, favorisant ainsi l'absorption et l'efficacité de la digestion. Quant au profil métabolique, l'augmentation de la concentration protéique associée à la basse teneur énergétique de l'aliment induit une diminution de la teneur du glucose, témoignant d'une utilisation plus importante de ce dernier comme source de production d'énergie.

L'étude de la variation des teneurs en énergie digestible et en protéines de l'aliment effectuée au cours de l'essai 2 impliquait des rapports PD/ED variant de 42,3 à 54,1. Ces derniers ont montré des effets dissociés des teneurs de l'ED et des PB sur les performances de croissance et métaboliques du lapin de population locale. Toutefois, l'interaction ED x PD sur l'adiposité de la carcasse est positive chez les lapins recevant des aliments riches en énergie et en protéines. A cet effet, dans l'essai 3, il convenait d'exacerber les valeurs du rapport en l'augmentant de 54 à 69,6, afin d'élucider son impact sur les paramètres étudiés.

Sur le plan méthodologique, lors de nombreux antérieurs, les résultats des performances zootechniques obtenus chez la population locale présentaient une importante variabilité (20%) due à l'effet groupe (Berchiche et *al.*, 1998 ; Lounaoui et *al.*, 2009 ; Benali et *al.*, 2011). Dans l'essai 1 et l'essai 2, nos données variaient respectivement de 15% à 10% pour des unités expérimentales comptant 05 lapins et 04 lapins par cage. Cette variabilité, liée à la compétitivité entre les animaux, semble s'atténuer par la diminution du nombre de lapins par cage. Face à ce constat, nous avons rectifié l'unité expérimentale dans l'essai 3 en la ramenant à l'individu afin d'évaluer, en complément des paramètres étudiés ultérieurement, l'effet des rapports PD/ED sur le bilan azoté, la microflore intestinale et l'immunité.

I. RESULTATS ESSAI 3

I.1. COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS EXPERIMENTAUX

La composition chimique des aliments expérimentaux de l'essai est présentée dans le Tableau 44. L'énergie digestible, estimée par l'équation de Lebas (2013), est de l'ordre de 2914, 2898 et 2840 kcal/kg de MS, et les teneurs en PB (MS) sont de 20,4%, 21,1% et 25,3% de MS respectivement pour les trois rapports testés. Les trois ratios PD/ED, calculés à partir des protéines digestibles et de l'énergie digestible de l'aliment, présentent des valeurs croissantes de 53,9 ; 57,7 et 69,6 pour le bas (BR), moyen (MR) et haut (HR) rapport. Toutefois, la valeur du ratio MR (57,7) ne répond pas à celle fixée théoriquement en raison du non respect de la formule alimentaire au cours de la production des aliments par le fabricant.

Tableau 44. Composition chimique des aliments expérimentaux.

Composition PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6
Composition chimique % (MB)			
Protéines brutes	19,1	19,7	23,5
Matières grasses	2,22	3,59	3,57
Cellulose brute	12,35	13,49	10,35
NDF	39,6	39,5	42,6
ADL	3,21	4,56	3,98
ADF	17,06	17,58	19,41
Hémicellulose	22,57	21,95	23,22
Matières minérales	7,10	7,25	7,65
Energie brute (Kcal/kg)	2777	4930	4850
Energie digestible (Kcal/kg)	2704	2692	2637
Composition chimique % (MS)			
Matière sèche	93,5	92,9	92,8
Protéines brutes	20,4	21,1	25,3
Matières grasses	2,37	3,86	3,85
Cellulose brute	13,7	14,9	11,5
NDF	44,0	43,9	47,3
ADL	3,57	5,07	4,42
ADF	18,9	19,5	21,5
Hémicellulose	25,0	24,4	25,8
Matières minérales	7,59	7,80	8,24
Energie brute (Kcal/kg)	2969	5307	5227
Energie digestible (Kcal/kg)*	2914	2898	2841

BR : bas ratio, MR : moyen ratio, HR : haut ratio

* Estimée par l'équation de prédiction de Lebas (2013): $ED-Lap = 15,627 + 0,000982 MAT^2 + 0,0040 EE^2 - 0,0114 MX^2 - 0,169 ADF \pm 1,250 MJ/kg MS$

Par ailleurs, les taux en cellulose brute (CB) et en fibres des aliments sont similaires aux normes recommandées par Lebas (2004), à l'exception des teneurs en NDF qui sont supérieures 45% en moyenne vs 34,8%.

I.2. EFFET DU RATIO PD/ED SUR L'UTILISATION DIGESTIVE DES ALIMENTS

Les coefficients d'utilisation digestible apparente (CUDa) des aliments sont regroupés dans le Tableau 45. Les CUDa de la matière sèche, des matières azotées, des matières grasses, de la cellulose brute et des matières minérales ne sont pas influencés ($p < 0,05$) par le ratio PD/ED de l'aliment. Par ailleurs, le ratio HR (69,6) présente une teneur en protéines digestibles (PD) plus élevée ($p < 0,05$) par rapport aux deux autres ratios, soit un écart de : +20,7% pour BR et 15,6% pour MR.

Tableau 45. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur le coefficient d'utilisation digestive des nutriments chez le lapin de population locale (n=7 ; Moyenne \pm SE ; 56-60 jours)

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	p
Matière sèche	58,2 \pm 0,10	56,5 \pm 1,70	54,2 \pm 1,10	ns
Matières azotées totales	80,6 \pm 0,63	78,9 \pm 1,05	74,2 \pm 1,07	ns
Matières grasses	85,1 \pm 2,66	79,8 \pm 5,52	80,5 \pm 0,44	ns
Cellulose brute	28,6 \pm 1,76	27,7 \pm 1,66	25,8 \pm 2,50	ns
Matières minérales	39,2 \pm 1,00	39,4 \pm 2,05	39,0 \pm 2,70	ns
Energie digestible (kcal/kg MD)*	2914	2898	2841	-
Protéines digestibles (g/100g) MS	15,7 ^a \pm 0,12	16,7 ^a \pm 0,22	19,8 ^b \pm 0,27	***
PD/1000 kcal ED	53,9 ^a \pm 0,10	57,7 ^a \pm 0,77	69,6 ^b \pm 0,95	***

* : Energie digestible estimée selon l'équation Lebas (2013)= 15,627 + 0,000982 MAT² + 0,0040 EE² - 0,0114 MX² - 0,169 ADF 1,250 MJ/kg MS

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport

^{a, b} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne diffèrent significativement $p < 0,05$.

ns : non significatif ; *** : $p < 0,0001$; SE : erreur standard.

I.3. EFFET DU RATIO PD/ED SUR L'UTILISATION METABOLIQUE DES PROTEINES

Les résultats du bilan azoté (BA) et du coefficient de rétention azoté (CRA) sont mentionnés dans le Tableau 46. L'ingéré azoté des lapins ne varie pas quelque soit le ratio PD/ED de l'aliment ($p > 0,05$) Par ailleurs, le BA et le CRA se trouvent significativement altérés

chez les animaux consommant l'aliment dont le ratio est plus élevé (-32% en moyenne, $p < 0,001$).

Tableau 46. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur l'utilisation métabolique des protéines chez le lapin de population locale (n=7 ; Moyenne \pm SE ; 56-60 jours)

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	p
Ingéré azoté (g/j)	4,58 \pm 0,30	4,47 \pm 0,22	4,31 \pm 0,14	ns
Bilan azoté (g/j)	3,98 ^a \pm 0,12	3,85 ^a \pm 0,16	2,95 ^b \pm 0,16	**
Coefficient de rétention d'azote (%)	71,2 ^a \pm 1,75	73,4 ^a \pm 2,01	54,5 ^b \pm 4,00	**

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport,

^{a, b, c} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne diffèrent significativement $p < 0,05$.

ns : non significatif ; ** : $p < 0,005$; SE : erreur standard.

I.4. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES

Le Tableau 47 montre que le poids, le gain de poids, l'ingéré alimentaire et l'ingéré énergétique sont influencés par le ratio PD/ED de l'aliment à l'exception de l'indice de consommation et de l'ingéré en protéines digestibles ($p > 0,05$). En effet, le poids vif et le gain de poids quotidien sont significativement plus faibles chez les lapins nourris avec l'aliment HR en comparaison à BR et MR (PV : 2034g vs 2253 et 2321g ; GMQ : 26,3g/j vs 31,1 et 31,9g/j ; $p < 0,05$), soit une diminution moyenne de 12,4% pour le poids vif et 19,7% pour le gain de poids quotidien. De même, l'ingéré alimentaire et l'ingéré énergétique sont inférieurs chez les lapins de ce groupe cité précédemment avec des écarts moyens -11,6% pour l'ingéré alimentaire et 13,8% pour l'ingéré énergétique quotidien ($p < 0,05$).

Tableau 47. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur les performances zootechniques chez le lapin de population locale (n=10 ; Moyenne \pm SE)

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	p
Poids initial (42J) g	728 \pm 24,2	755 \pm 30,4	742 \pm 31,4	-
Poids final (J91) g	2253 ^a \pm 61,0	2321 ^a \pm 51,4	2034 ^b \pm 73,3	*
GMQ 42-91j (g/j)	31,1 ^a \pm 1,33	31,9 ^a \pm 1,00	26,3 ^b \pm 1,15	**
Ingéré alimentaire (g/j)	138 ^a \pm 4,33	141 ^a \pm 3,10	125 ^b \pm 6,00	*
IC (42-91j)	4,42 \pm 0,40	5,2 \pm 0,42	5,5 \pm 0,40	ns
Ingéré énergétique (kcal/j)	403 ^a \pm 18,7	410 ^a \pm 8,9	357 ^b \pm 16,9	*
Ingéré protéique PD (g/100g/j)	21,8 \pm 1,01	23,6 \pm 0,51	23,6 \pm 1,12	ns

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport

^{a, b} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne diffèrent significativement $p < 0,05$.

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; ** : $p < 0,005$; SE : erreur standard.

I.5. EFFET DES RATIOS PD/ED SUR LE RENDEMENT DES COMPOSANTES DE LA CARCASSE

Les résultats du rendement de carcasse et de ses composantes sont illustrés dans le Tableau 48. Le poids vif à l'abattage des lapins du lot HR est significativement bas en comparaison à ceux des lapins des deux autres lots ($p < 0,05$) soit une baisse moyenne de -12,8%. Le rendement de la carcasse froide, la proportion de la peau ainsi que celle du foie ne sont pas influencés par le rapport PD/ED ($p > 0,05$). En revanche, l'adiposité, estimée par le gras péri rénal et le gras inter scapulaire est significativement réduite chez les lapins recevant l'aliment à ratio PD/ED le plus élevé. Les écarts enregistrés sont de l'ordre de - 40,5% pour le gras péri rénal et - 52% pour le gras inter scapulaire.

Tableau 48. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur les composantes de la carcasse chez le lapin de population locale (n=10 ; Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge)

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	p
Poids vif à l'abattage (g)	2302 ^a \pm 63,4	2391 ^a \pm 56,0	2078 ^b \pm 87,7	*
CF/PV (%)	62,7 \pm 0,42	62,9 \pm 0,40	61,8 \pm 0,30	ns
P/PV%	11,42 \pm 0,34	11,53 \pm 0,22	11,05 \pm 0,36	ns
PF/CF%	5,20 \pm 0,20	5,0 \pm 0,26	5,27 \pm 0,30	ns
GP/CF%	2,10 ^a \pm 0,14	1,92 ^a \pm 0,13	1,43 ^b \pm 0,12	**
GI /CF%	0,72 ^a \pm 0,07	0,74 ^a \pm 0,07	0,48 ^b \pm 0,05	**

I.6. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LES VILLOSITES ET LES CRYPTES INTESTINALES

La hauteur, la superficie des villosités et la profondeur des cryptes mesurées au niveau du duodénum, du jéjunum et de l'iléon sont présentées dans le Tableau 49. Généralement, tous les paramètres sont significativement influencés par le ratio PD/ED de l'aliment, mais d'une manière différente selon le site. En effet, au niveau du duodénum, les lapins nourris avec l'aliment BR montrent une superficie des villosités et une profondeur des cryptes significativement plus faibles (0,37 vs 0,73 pour MR et 1,07 mm² pour HR ; $p < 0,0001$). A l'inverse, au niveau du jéjunum et de l'iléon, les lapins de ce même lot (BR) présentent des valeurs des paramètres cités au préalable, significativement plus élevées soit des écarts moyens de +28% au niveau du jéjunum et +16,5% au niveau de l'iléon ($p < 0,005$).

I.7. EFFET DU RATIO PD/ED SUR L'IMMUNITE

Le Tableau 50 regroupe les résultats relatifs à l'effet du ratio PD/ED de l'aliment sur les paramètres hématologiques et sur les organes lymphoïdes chez le lapin. L'analyse statistique n'a pas révélé d'effet significatif sur les paramètres hématologiques ainsi que sur le poids et la longueur des organes lymphoïdes à l'exception du poids de l'appendice vermiforme et de la rate. Ces derniers sont respectivement réduits significativement ($p < 0,05$) de -23% et 40% chez les lapins nourris avec l'aliment HR.

I.8. EFFET DU RATIO PD/ED DE L'ALIMENT SUR LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES

Les résultats des paramètres biochimiques des animaux à l'âge de 92 jours d'âge sont mentionnés dans le Tableau 51. Les teneurs des métabolites sanguins (glucose, protéines totales, cholestérol, créatinine) ne sont pas influencées ($p > 0,05$) par le ratio PD/ED de l'aliment à l'exception des triglycérides et de l'urée. La concentration des triglycérides diminue significativement en relation avec l'augmentation du ratio (1,12; 1,31 et 0,71 mmol/l respectivement pour BR MR et HR). En revanche, les lapins recevant l'aliment HR présente une urémie significativement plus élevée (+34.8%, $p < 0,0001$).

Tableau 49. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur l'histométrie des villosités intestinales chez le lapin de population locale (n=6 ; Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge).

Lots PD/ED	BR 53.9	MR 57.7	HR 69.6	p
Duodénole				
Hauteur μm (H)	874 ^a \pm 24,2	1338 ^b \pm 39,0	1929 ^c \pm 62,7	***
Superficie mm ²	0,37 ^a \pm 0,07	0,73 ^b \pm 0,15	1,07 ^c \pm 0,19	***
Prof Cryptes μm	306 ^a \pm 5,55	284 ^a \pm 10,24	346 ^b \pm 9,13	**
Jéjunum				
Hauteur μm (H)	2003 ^a \pm 29,4	1427 ^b \pm 49,0	1677 ^c \pm 34,3	***
Superficie mm ²	1,21 ^a \pm 0,16	0,82 ^b \pm 0,21	0,95 ^b \pm 0,20	**
Prof Cryptes μm	78 ^a \pm 12,0	251 ^b \pm 6,31	279 ^c \pm 8,00	*
Iléon				
Hauteur μm (H)	917 ^a \pm 17,5	719 ^b \pm 38,1	729 ^b \pm 19,0	**
Superficie mm ²	0,52 ^a \pm 0,04	0,43 ^b \pm 0,15	0,41 ^b \pm 0,09	**
Prof Cryptes μm	298 ^a \pm 8,50	250 ^b \pm 8,60	261 ^b \pm 8,00	*

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport ; ^{a, b, c} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne différent significativement $p < 0,05$. ns : non significatif ; * : $p < 0,05$. ** : $p < 0,005$; *** : $p < 0,0001$; SE : erreur standard

Tableau 50. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur les paramètres hématologiques et les organes lymphoïdes chez le lapin de population locale (n=10 ; 92 jours d'âge ; Moyenne \pm SE).

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	p
Paramètres hématologiques				
Globules blancs (g/l)	7,30 \pm 0,60	8,00 \pm 0,53	6,35 \pm 0,55	ns
Globules rouges (g/l)	6,00 \pm 0,20	6,56 \pm 0,31	6,40 \pm 0,26	ns
Hémoglobine (g/l)	12,2 \pm 0,33	13,1 \pm 0,60	13,0 \pm 0,40	ns
Hématocrites (%)	37,2 \pm 1,10	41,5 \pm 2,05	40,3 \pm 1,32	ns
VGM (fL)	61,3 \pm 0,66	62,6 \pm 1,12	62,5 \pm 0,72	ns
TGMH (pg)	21,7 \pm 0,30	20,1 \pm 0,15	21,7 \pm 1,20	ns
CCMH (g/dl)	35,7 \pm 0,34	31,8 \pm 0,23	35,4 \pm 2,40	ns
Plaquettes	297 \pm 21,0	291 \pm 26,0	312 \pm 30,0	ns
Organes lymphoïdes				
<i>Poids (g)</i>				
Appendice vermiforme	8,99 ^a \pm 0,70	9,43 ^a \pm 0,60	7,46 ^b \pm 0,50	*
Sacculus rotendus	3,71 \pm 0,15	4,00 \pm 0,50	3,52 \pm 0,26	ns
Rate	1,50 ^a \pm 0,11	1,15 ^b \pm 0,05	1,07 ^b \pm 0,10	*
Thymus	4,50 \pm 0,31	4,30 \pm 0,20	3,66 \pm 0,32	ns
<i>Longueur (cm)</i>				
Appendice vermiforme	11,6 \pm 0,41	11,5 \pm 0,31	11,1 \pm 0,31	ns
Sacculus rotendus	3,30 \pm 0,33	3,50 \pm 0,16	3,07 \pm 0,15	ns
Rate	6,00 \pm 0,25	5,20 \pm 0,15	5,36 \pm 0,31	ns

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport
^{a, b} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne différent significativement $p < 0,05$.
 ns : non significatif ; * : $p < 0,05$; SE : erreur standard.

Tableau 51. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur les paramètres biochimiques chez le lapin de population locale (n=10 ; Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge).

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	p
Glucose (mmol/l)	8,82 \pm 0,36	8,70 \pm 0,50	8,30 \pm 0,33	ns
Protéines totales (g/l)	57,4 \pm 2,60	57,1 \pm ,130	56,2 \pm 1,30	ns
Cholestérol (mmo/l)	1,02 \pm 0,08	0,97 \pm 0,08	0,81 \pm 0,08	ns
Triglycérides (mmol/l)	1,12 ^a \pm 0,11	1,31 ^b \pm 0,17	0,71 ^c \pm 0,07	*
Créatinine (umol/l)	1,25 \pm 0,10	1,24 \pm 0,11	1,04 \pm 0,10	ns
Urée (mmol/l)	8,23 ^b \pm 0,75	9,24 ^b \pm 0,50	13,4 ^a \pm 0,66	***

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport

^{a, b, c} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne diffèrent significativement $p < 0,05$.

ns : non significatif ; * : $p < 0,05$. *** : $p < 0,05$; SE : erreur standard

I.9. EFFET DU RATIO PD/ED SUR LA MICROFLORE

Le Tableau 52 montre des effets significatifs du ratio PD/ED de l'aliment sur la microflore du lapin. La flore lactobacilaire se trouve significativement ($p < 0,05$) améliorée par l'aliment ayant le rapport le plus faible (BR) En revanche, la flore représentant E coli est significativement diminuée chez ces mêmes lapins du lot BR (-60%).

Tableau 52. Effet du ratio PD/ED de l'aliment sur la microflore chez le lapin de population locale (n=10 ; Moyenne \pm SE ; 92 jours d'âge).

Lots PD/ED	BR 53,9	MR 57,7	HR 69,6	P
Lactobacilles (UFC)	7306 ^a \pm 105	4295 ^b \pm 618	5636 ^{ab} \pm 605	*
<i>E coli</i> (UFC)	7783 ^a \pm 480	11 816 ^b \pm 215	13 033 ^b \pm 262	**

UFC: unité formant colonie, *E coli* : *Escherichia coli*

BR=Bas rapport, MR= Moyen Rapport, HR= Haut Rapport

^{a, b, c} : Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne diffèrent significativement $p < 0,05$.

ns: non significatif * : $p < 0,05$. ** : $p < 0,005$ SE : erreur standar

II. DISCUSSION ESSAI 3

En complément aux paramètres mesurés dans les essais précédents, nous avons exploré l'effet de trois aliments ayant des ratios PD/ED différents sur le bilan azoté, l'histométrie des villosités, le profil immunitaire et la microflore des lapins de population locale.

Dans nos conditions expérimentales, les aliments utilisés présentaient des teneurs en énergie digestible et en protéines semblables à celles qui avaient été calculées, à l'exception de l'aliment MR (PD/ED : 57,7) qui s'écarte de la composition calculée de 5,4%. Ceci a réduit l'écart entre les aliments BR et MR de 6,5% au lieu de 11,6 %. Toutefois l'analyse statistique a tout de même été réalisée sur ces valeurs.

L'utilisation digestive des nutriments (MS, MAT, MG, CB et MM) des aliments testés dans notre essai, a été identique quelque soit le ratio PD/ED de l'aliment. Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par Lei et *al.* (2004), à l'exception de la digestibilité des protéines brutes qui augmente significativement lorsque le ratio passe de 52 à 67. Onifade et Tewe (1993), en comparant des aliments dont le ratio PD/ED varie de 58 à 67, montrent que la digestibilité de la MS, des PB et de la CB diminue en relation avec l'augmentation du ratio des aliments, tout en attribuant ce résultat à la hausse des teneurs en fibres dans les aliments, ce qu'il n'est pas observé dans notre cas. Selon Gidenne et Perez (1994) et Gidenne (1994 et 1996), la réduction des apports de fibres, a pour principal effet d'allonger le temps de séjour dans l'ensemble caecum-côlon, tandis que l'augmentation des fibres entraîne une diminution du temps de rétention d'où réduction de la digestibilité des nutriments (Gidenne et *al.*, 1998 ; De Blas et *al.*, 1999).

Par ailleurs, les valeurs de la teneur en protéines digestibles des aliments expérimentaux sont supérieures aux normes recommandées par Lebas (2004) : en moyenne 18% vs 13,4 à 14,6%. Gidenne (2000) et Gutiérrez et *al.* (2003), ont mentionné que des régimes à PD élevés associés à un faible niveau de fibres peuvent être une source de risques digestifs. Dans notre étude, il semblerait que l'état de bonne santé des lapins durant l'essai serait attribué au taux de cellulose brute des aliments répondant relativement aux normes : 12,3% contre 13,3% de CB (MS) dans notre cas.

L'appréciation des caractéristiques nutritionnelles des aliments, représentée par le rapport PD/ED, montre que l'excès en PD du troisième lot a induit un ratio PD/ED (69,6) plus élevé que le maximum recommandé par Lebas (2004) soit 48 g de PD/1000 Kcal d'ED). Le rapport PD/ED est important pour le lapin, ainsi un rapport trop haut ou trop bas aura deux effets néfastes, l'un sur les performances de production et l'autre sur l'augmentation du taux de mortalité (Ouhayoun, 1989).

L'utilisation métabolique de l'azote par les animaux, s'est avérée plus faible ($p < 0,05$) avec le ratio PD/ED (69,6) par rapport aux autres. Bien que le bilan azoté soit positif dans les trois lots, la rétention azotée est plus élevée ($p < 0,05$) avec les aliments dont les ratios sont bas. La faible rétention du lot HR serait probablement liée à la faible ingestion d'énergie qui aurait probablement limité l'utilisation métabolique des protéines digestibles. Notons que Dehalle (1981) rapporte le même effet en comparant des ratios allant de 48 à 57.

Par ailleurs, Prasard et *al.* (1996), Lei et *al.* (2004) et Malik et *al.* (2017) indiquent que la rétention azotée augmente avec la hausse de la teneur protéique des aliments chez les races sélectionnées, de même que pour la synthèse des protéines (Singh et *al.*, 1988 ; et Lei et *al.*, 2004). Chez le lapin local, il semblerait que l'augmentation du taux de PB de 20,8 à 25,3% PB(MS) a induit une baisse de la rétention azotée. Toutefois, Maertens et *al.* (1997), ont constaté que le coefficient de rétention azoté (CRA) augmentait avec la baisse du taux protéique. En effet, le CRA des lapins de notre étude diminue avec l'augmentation du taux protéique.

La variation du rapport PD/ED a affecté l'ingéré alimentaire et l'ingéré énergétique, qui s'est traduit par la baisse de la vitesse de croissance des lapins recevant l'aliment dont le ratio est le plus élevé (69,6). Les résultats de la littérature sont controversés, ainsi Lei et *al.* (2004), Ladokun et *al.* (2006), Obinne et *al.* (2010), Xuepeng et *al.* (2012) n'ont pas rapporté d'effet significatif du ratio PD/ED sur l'ingéré alimentaire, et un poids vif bas est obtenu par Kjaer et Jensen (1997) et Onifade et Tewe (1993) avec des ratios PB/ED supérieurs à 88 sur les races croisées (Danish et Néo Zélandais).

Par ailleurs, les rapports PD/ED 53,9 et 57,7 considérés comme supérieurs par rapport aux recommandations de Lebas (2004) chez la race sélectionnée, ont favorisé le gain de poids des animaux de population locale des lots BR et MR. Par ailleurs, la vitesse de croissance satisfaisante des lapins de notre essai, est liée à l'ingestion des protéines de

bonne qualité permettant l'expression maximale de la synthèse protéique des muscles comme mentionné par Ouhayoun (1989) et Hernandez et Dalle Zotte (2010).

L'efficacité de transformation s'est traduite par des indices de consommation (IC) quasi identiques entre les différents lots étudiés, en accord avec celui enregistré par Obinne et Mmereole (2010) sur la race croisée (Néo Zélandais x Géants Flamands). Toutefois, Kjaer et Jensen (1997) et Onifade et Tewe (1993) ont enregistré un IC plus élevé lorsque le ratio PD/ED augmente. Selon ces auteurs, un ratio PD/ED élevé compromettrait l'efficacité alimentaire.

Globalement, ni le rendement de la carcasse ni les composantes de cette dernière ne sont affectés par l'augmentation du ratio PD/ED ($p > 0,05$) (Xiccato et *al.*, 1992). En revanche, l'adiposité reflétée par le gras péri rénal et inter scapulaire est moins importante ($p < 0,05$) avec le ratio PD/ED le plus élevé en rapport avec les résultats de Ouhayoun (1989), Kjaer et Jensen (1997), Hernández et Dalle Zotte (2010) contrairement aux résultats rapportés par Tazzoli et *al.* (2015). Il semblerait que la faible rétention azotée retrouvée chez les lapins ayant reçu un aliment à ratio élevé (69,6) a altéré la carcasse des lapins de population.

La meilleure croissance observée chez les lapins nourris avec les aliments à faible ratio pourrait être attribuée aux surfaces des villosités et aux profondeurs des cryptes significativement supérieures au niveau du jéjunum et de l'iléon, considérés comme les principaux sites d'absorption des nutriments. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Xiccato et *al.* (2011) chez les lapins hybrides, qui selon eux les ratios les plus élevés entraînent une détérioration des cryptes pouvant être associées à une moindre intégrité des muqueuses et donc, indirectement, pourraient expliquer la plus grande sensibilité des désordres digestifs chez les lapins. Aussi, une crypte plus profonde peut indiquer un renouvellement plus rapide des villosités (Baurhoo et *al.*, 2009).

En général, les composants sanguins biochimiques sont influencés par la quantité et la qualité des aliments (Akinmutimi, 2004). Dans notre étude, les métabolites sanguins n'ont pas été affectés par le ratio PD/ED des aliments, à l'exception des teneurs en triglycérides et de l'urée.

Les triglycérides, indicateurs des réserves énergétiques, sont plus importants chez les lapins recevant des aliments à bas ratio PD/ED, ce qui explique leur importante adiposité, ce qui corrobore les résultats obtenus par Hemid et *al* (2015) chez les lapins New Zélandais, nourris avec des régimes hypoprotéiques.

L'urémie des lapins semble être favorisée par l'aliment riche en protéines. Wang et *al.* (2012) trouvent une augmentation de l'urée (+30%) chez des lapins de race New Zélandaise nourris avec des aliments contenant 20% de PB contre 16% de PB. D'autres auteurs rapportent l'effet contraire des PB de l'aliment sur la concentration d'urée dans le sang (Poismans et Wittouk, 1986 ; Onifade et *al.*, 1993 et Jiwuba *al.*, 2016) et attribuent cela à un catabolisme excessif des tissus associé à un déficit en protéines, ou encore à un déséquilibre des acides aminés. Les valeurs de créatinine similaires, indiquent un métabolisme musculaire normal, comme le rapportent Onifade et Tewe (1993). Njidda et Isidahomen (2010) rapportent que les animaux n'ont pas eu recours au catabolisme des tissus musculaires, ceci est une bonne indication que les protéines alimentaires sont bien utilisées par les lapins.

Comparées aux normes (Hillyer, 1994 et Jenkins, 1993), les lapins nourris avec les régimes expérimentaux présentent des protéines sériques totales acceptables. Cela indique que les aliments sont de bonne qualité et que les lapins ont utilisé efficacement les protéines.

Par ailleurs, les paramètres hématologiques, indicateurs d'une inflammation et la présence de facteurs de stress, sont similaires entre les lots (Jurcik et *al.*, 2007; Melillo, 2007; Betancourt et *al.*, 2011). Ces derniers se situent, tout de même, dans la plage des valeurs normales définies par des études antérieures (Tavares et *al.*, 2004 ; Jurcik et *al.*, 2007; Archetti et *al.*, 2008 ; Jenkins, 2008 ; Ozkan et *al.*, 2012). Ce qui pourrait expliquer l'état de bonne santé de nos animaux. Signalons que pendant la période de l'essai nous n'avons pas enregistré de mortalité sur les différents lots étudiés.

Les protéines et les acides aminés ont une relation étroite avec les organes de croissance et le développement du système immunitaire (Lei et *al.*, 2004). Parmi les organes lymphoïdes étudiés, le poids de l'appendice vermiforme et de la rate sont affectés par l'augmentation des PB dans l'aliment en contradiction avec les résultats énoncés par Lei et *al.* (2004).

Par ailleurs, l'aliment agit sur l'écosystème caecal, en apportant sur le plan quantité et qualité des nutriments pour la flore (Gidenne et *al.*, 2007) et peut altérer son équilibre (Lebas, 2008 ; Combes et *al.* 2001). L'augmentation du ratio PD/ED (69,6) a limité le développement des lactobacilles ($p < 0,05$), contrairement à la flore *E coli* qui prolifère ($p < 0,01$). Selon, Marlier et *al.* (2003), toute augmentation de la flore colibacillaire intestinale au-delà de 10^4 UFC d'*E coli*/g de contenu caecal est anormale chez le lapin. Dans cette situation, il semblerait que les ratios PD/ED 69,6 et 57,7 sont considérés comme néfastes pour la santé des animaux. Selon des études ultérieures (Cortez et *al.*, 1992, Haffar et *al.*, 1988 ; Chamaroll et *al.*, 2007), un excès de protéines favoriserait la prolifération de certains pathogènes tels que *E Coli* qui utilisent les acides aminés comme substrat pour la croissance.

III. CONCLUSION ESSAI 3

L'augmentation du ratio PD/ED a affecté la croissance du lapin en diminuant la consommation alimentaire et par conséquent l'ingéré énergétique, sans pour autant augmenter l'ingéré en protéines digestibles. Par ailleurs, sur le plan qualité de la carcasse, l'adiposité se trouve significativement réduite, résultat probable de la diminution de l'ingéré énergétique.

Les composantes biochimiques sanguines n'ont pas été modifiées par l'augmentation du ratio PD/ED, à l'exception de la teneur plasmatique de l'urée qui augmente significativement et celle des triglycérides qui diminue.

Les paramètres hématologiques, sont similaires et concordent avec les normes citées par plusieurs auteurs, révélant ainsi l'état de bonne santé des lapins. Concernant, les organes lymphoïdes, seuls l'appendice vermiforme et la rate qui semblent moins développés chez les lapins recevant l'aliment à ratio élevé.

Aussi, l'augmentation du ratio diminue la superficie des villosités et la profondeur des cryptes du jéjunum et de l'iléon, considérés comme le siège de l'absorption.

Enfin, quant à la microflore, la hausse du ratio favorise le développement de la flore pathogène (*E coli*) au détriment de la flore lactique, qui est considérée comme la flore bénéfique pour la santé de l'animal susceptible de réduire la prolifération d' *E coli*.

DISCUSSION GENERALE



La vitesse de croissance du lapin de population locale nourri avec une alimentation fermière est de 12,5 g/jour (Djellel et *al.*, 2006). Celle-ci se trouve augmentée avec un aliment commercial atteignant ainsi 20 à 26 g/jour (Lakabi et *al.*, 2004 ; Lounaouci et *al.*, 2009 ; Benali et *al.*, 2011), ce qui constitue une grande amélioration. Toutefois, cette population tant incriminée par son statut de population non sélectionnée est alimentée avec un aliment commercial non équilibré à faibles teneurs en énergie digestible, en acides aminés et en fibres (Lebas, 2010) ne lui permettant pas de répondre à ses besoins de croissance. En effet, plusieurs essais menés sur le lapin local nourri avec des aliments équilibrés ont permis un GMQ de 34g/j soit une amélioration de 32% (Berchiche et *al.*, 1999 ; Berchiche et *al.*, 2000 ; Lakabi et *al.*, 2008 ; Kadi et *al.*, 2016 ; Moumen et *al.*, 2016). Cette dernière vitesse de croissance obtenue dans des conditions expérimentales avec des aliments répondant aux normes des races sélectionnées constitue-t-elle la limite du potentiel génétique du lapin de population locale ?

C'est dans ce contexte que s'inscrivent nos travaux dont l'objectif est de déterminer les teneurs en énergie et en protéines de l'aliment qui optimisent la croissance du lapin local. Notre étude s'articule autour de 3 essais. Le premier essai consiste à déterminer l'effet seul de la teneur en énergie digestible de l'aliment sur la croissance du lapin. Dans le second essai et à partir des résultats du premier, nous avons retenu deux niveaux énergétiques auxquels trois taux de protéines brutes ont été affectés. Les mesures effectuées au cours de cet essai ont été complétées par une étude de l'histométrie intestinale afin d'expliquer les probables effets sur la croissance. Quant au troisième essai, il répondait à deux préoccupations, l'une consistait à augmenter le rapport PD/ED afin d'élucider son impact sur les paramètres étudiés ultérieurement, complété par sur le bilan azoté, la microflore intestinale et l'immunité. L'autre d'ordre méthodologique, où l'unité expérimentale a été rectifiée pour plus de précision dans les résultats.

Aspects méthodologiques

Notre choix a porté sur les lapereaux de population locale sevrés à différents âge en relation avec la disponibilité des animaux.

Les aliments expérimentaux testés dans notre étude, ont été formulés à l'aide du logiciel ALLIX 2 avec des matières premières disponibles au niveau national, et produits par des fabricants d'aliments de bétail. Cependant, l'analyse de ces aliments montrait qu'ils n'étaient pas tout à fait conformes aux formules calculées, particulièrement dans l'essai 3 liées à des erreurs au cours de la production des aliments. .

L'estimation de l'énergie digestible a été faite soit par bilan digestif ou par équations de prédiction vue la disponibilité irrégulière du calorimètre.

Effet de l'augmentation de la concentration énergétique sur la croissance, l'utilisation digestive, le rendement à l'abattage et le profil métabolique

Les résultats obtenus au cours de l'étude ont révélé que l'augmentation de l'énergie digestible des régimes à elle seule, n'a pas influencé ($p > 0,05$) la vitesse de croissance des lapins ni l'efficacité alimentaire. En revanche, l'ingéré énergétique augmente significativement en fonction de la hausse du niveau énergétique, mais l'ingéré des protéines digestibles baisse. Sur le plan physiologique, la surconsommation de l'énergie digestible des lapins consommant l'aliment hyper énergétique ainsi que la meilleure digestibilité des matières grasses est confortée par la teneur significativement élevée en lipides totaux dans le sang (Yamani et *al.*, 1994), constituant une réserve énergétique qui ne semble pas être utilisée pour la croissance. Malgré cette réserve énergétique, la diminution de l'ingéré protéique induite par la baisse de l'ingéré alimentaire semble limiter la croissance des animaux. Nos résultats rejoignent les données de plusieurs auteurs concernant l'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur la croissance et la consommation alimentaire et énergétique chez les lapins sélectionnés (Renouf et Offner, 2007 ; Corrent et *al.*, 2007 ; Montessuy et *al.*, 2009 ; Faf et *al.*, 2011 ; Knudsen et *al.*, 2014 et Lebas, 2015) ainsi que chez la population locale (Berchiche et *al.*, 2000 et Lounaouci et *al.*, 2009). Par ailleurs, dans nos conditions expérimentales, l'augmentation de l'énergie digestible de l'aliment a bien entraîné un ingéré énergétique accru, sans pour autant provoquer une adiposité plus élevée chez les lapins (Ayyat et *al.*, 1994), contrairement à Renouf et Offner (2007) et Obinne et Mmereole (2010) qui soulignent un dépôt de gras plus important chez les lapins hybrides, en raison, probablement, de leur capacité d'engraissement plus élevée.

Effet de la concentration simultanée en énergie digestible et protéique sur la croissance, les performances à l'abattage, les paramètres biochimiques et l'histométrie intestinale

Dans nos conditions expérimentales, l'analyse statistique de l'ensemble des paramètres étudiés montre des effets dissociés de l'énergie et des protéines sur certains et des interactions pour d'autres.

L'augmentation de l'énergie digestible de l'aliment détériore la croissance sous l'effet probable de la réduction de l'ingéré alimentaire (-7,7%) et de l'ingéré protéique, ce qui rejoint les résultats rapportés par la littérature (Berchiche et *al.*, 2000) suggérant ainsi que le lapin local régule son ingéré en fonction de la teneur énergétique de l'aliment. La réduction de l'ingéré protéique, sous-tendue par une teneur en protéines totales sériques significativement basse, entraîne une carcasse amoindrie à l'abattage. En revanche, l'augmentation de l'ED de l'aliment se solde d'une teneur en cholestérol dans le plasma plus élevée. Nos résultats concordent avec ceux rapportés par Kjaer et Jensen (1997), Prazard et *al.* (1996) et Obinne et *al.* (2010).

Un taux de PB élevé dans l'aliment favorise la consommation des lapins de +6% par rapport à la faible concentration, avoisinant celle rapportée par Maertens et *al.* (1997) et Prazard et *al.* (1996), (+ 7,6%) lorsque le taux passe de 15 à 17% de PB chez les lapins de race sélectionnées. De même, l'ingéré énergétique et protéique se trouvent améliorés (+13% et de +18% respectivement), expliquant éventuellement la hausse des teneurs en triglycérides et de la créatinine dans le sang. Hemid et *al.* (2015) enregistrent une concentration de triglycérides plus élevée mais avec un aliment à basse protéine. Apatal et *al.* (1999) soulignent qu'un excès de créatinine dans le sang renseigne sur le catabolisme de cette dernière, ce qui induit la réduction de la masse musculaire et par conséquent au ralentissement de la croissance. Il semblerait que la teneur élevée de la créatinine chez les lapins des lots BEHP et HEHP, pourrait expliquer la diminution de la vitesse de croissance.

Les lapins recevant un aliment hyperprotéique développent une peau plus importante (Rochambeau et *al.*, 1996 ; Maertens et *al.*, 1997). Toutefois, la faible proportion de la peau enregistrée par les lapins de notre essai est liée probablement à son adaptation climatique, tel que suggéré par Lebas et Ouhayoun (1987) après avoir étudié les effets de la saison d'élevage.

Globalement, l'énergie digestible et les protéines ont interagit sur l'efficacité alimentaire, l'adiposité, la proportion du foie, l'histométrie des villosités intestinales et le taux de glucose plasmatique.

En effet, les lapins recevant l'aliment riche à la fois en énergie et protéines présentent une meilleure efficacité alimentaire, contrairement à Ren et *al.* (2004) qui enregistrent un IC plus élevé avec les régimes bas en énergie, tandis que Obinne et *al.* (2010) ne trouvent aucune différence. Chez ces mêmes lapins, l'adiposité est accrue avec des régimes hyper énergétiques (Ouhayoun et Cheriet, 1983 ; Partidge et *al.*, 1986 ; Renouf et Offner 2007).

L'interaction significative entre l'énergie et les protéines a révélé que lorsqu'on augmente les protéines dans la ration sans augmenter le taux énergétique, la teneur du glucose baisse dans le sang. D'après certains auteurs, les aliments hyperprotéiques et pauvres en énergie réduisent la glycémie (Jean et *al.*, 2001 ; Wang et *al.*, 2012 et Hemid et *al.* 2015).

Enfin, l'augmentation des protéines et de l'énergie limite le développement des villosités intestinales et des cryptes du duodénum et du jéjunum. Les meilleurs résultats sont enregistrés avec la basse teneur en énergie. Tazzoli et *al.* (2015), n'ont pas rapporté d'effet significatif avec les taux de 15 et 17% de PB et des niveaux énergétiques de l'ordre de 2364 et 2746 Kcal/kg.

Effet de l'augmentation du ratio PD/ED sur la croissance, le bilan azoté, le profil métabolique et immunitaire, l'histométrie intestinale et la microflore.

Dans nos conditions expérimentales, l'augmentation du ratio PD/ED (69,6) de l'aliment a entraîné une baisse significative de la croissance et de l'ingéré alimentaire et énergétique, sans modifier l'ingéré des protéines digestibles. Nos résultats coïncident avec ceux mentionnés par Onifade et Tewe (1993) et Kjer et Jensen (1997) qui rapportent une faible croissance chez la race Néo Zélandaise.

Aussi, la hausse des protéines digestibles et du rapport PD/1000 Kcal d'ED par l'augmentation du ratio PD/ED est lié aux taux élevé des PB dans le régime. Ces résultats dépassent les valeurs recommandées par Lebas (2004). Selon Gidenne (2000) et Gutiérrez et *al.* (2003), les protéines digestibles élevées associées à un faible niveau de fibres, peuvent

être une source de risques digestifs. L'état de santé favorable des lapins de notre essai serait attribué probablement au taux de cellulose brute des régimes répondant relativement aux normes. Quant au rapport PD/ED, celui-ci est très important pour les lapins à viande, un rapport trop haut ou trop bas aura deux effets néfastes, l'un sur les performances de production, et l'autre sur l'augmentation du taux de mortalité.

D'autre part, l'augmentation du ratio PD/ED (69,6) a agit négativement sur le bilan et le coefficient de rétention azotés (CR). Chez les races sélectionnées, Lei et *al.* (2004) et Malik et *al.* (2017) annoncent une rétention azotée plus importante avec l'augmentation de la teneur protéique des régimes. Toutefois, Maertens et *al.* (1997) ont constaté que le CR augmentait avec la baisse du taux protéique, corroborant ainsi nos résultats.

Le ratio PD/ED dépassant la norme recommandée et une faible rétention azotée élevée, a affecté significativement le rendement des composantes de la carcasse tel que mentionné par Xiccato et *al.* (1993). Par ailleurs, Ouhayoun (1989), Maertens et *al.* (1988), Kjer et Jensen (1997), Xiccato (1999), Hernández et Dalle Zotte (2010) et Tazzoli et *al.* (2015) indiquent qu'un aliment, à ratio élevé, réduit l'adiposité des carcasses.

Sur le plan physiologique, le ratio élevé (PD/ED : 69,6) n'a pas affecté les métabolites sanguins à l'exception de la teneur en triglycérides qui a baissé et la teneur de l'urée qui a augmenté. Nos résultats rejoignent ceux enregistrés par Jiwuba et *al.* (2016). Eggum (1970) et Oduye et Adadevoh (1976) qui rapportent qu'un taux élevé de l'urée dans le sang est lié à une faible teneur en protéines de l'aliment ou à une carence en protéines dans l'aliment. Toutefois, les lapins de notre essai ont été nourris avec des aliments renfermant des taux de protéines brutes élevés, aussi la concentration de la créatinine de ce lot est comparable avec les différents lots étudiés.

Concernant le profil immunitaire, l'augmentation du ratio PD/ED (69,6) a entraîné une réduction des poids de l'appendice vermiforme et de la rate. Les concentrations des paramètres hématologiques de notre étude se situent dans la plage des valeurs normales mentionnées par les auteurs (Tavares et *al.*, 2004; Jurcik et *al.*, 2007; Archetti et *al.*, 2008; Jenkins, 2008), reflétant ainsi l'état de bonne santé des lapins.

Par ailleurs, les villosités et les cryptes du jéjunum et de l'iléon (intervenant dans l'absorption) diminuent avec l'augmentation du ratio PD/ED, en revanche au niveau du duodénum, une notable amélioration est relevée. Il semblerait que les ratios bas favorisent

la surface d'absorption, en effet nous avons constaté que les nutriments ont été efficacement assimilés avec les régimes à basse teneur protéique.

D'autre part, l'augmentation du ratio PD/ED, a favorisé la prolifération d' E coli au détriment des lactobacilles. Selon Combes et *al.* (2001) et Lebas (2008) la composition de l'aliment influence l'équilibre de la microflore chez le lapin. Notre étude concorde avec celle rapportée par Cortez et *al.* (1992) et Chamaroll et *al.* (2007) qui soulignent qu'un excès de protéines favorise la prolifération de certains pathogènes tels que *E Coli*.

A la fin de cette discussion, une récapitulation des résultats s'imposait. Ainsi, à travers les résultats obtenus, nous avons comparé les résultats des essais 1 et 3, menés dans les mêmes conditions méthodologiques (composition d'aliments, âge de sevrage, ...). Les principales données obtenues à travers ces essais sont regroupés dans le tableau 53. Deux régimes alimentaires (un dans chaque groupe) se distinguent de l'ensemble et présentent une meilleure vitesse de croissance du lapin local (GMQ de 34g/j et 32g/j pour les essais 1 et 3), permises respectivement par des ingérés énergétiques de 366 et 410 Kcal/j et des ingérés protéiques de 19,8 et 23,6 g/j.

Tableau 53: Récapitulation des résultats de la croissance optimale obtenue à travers les essais 1 et 3.

	Composition des aliments (MS)				Résultats 42-91j			
	Energie Digestible Kcal/Kg	PB %	PD %	PD/ED	IC (g/g)	Ingéré énergétique Kcal/j	Ingéré protéique digestible g/j	GMQ (g/j)
1 ^{er} Essai	2460	17,3	13,3	54,2	4,35	366	19,8	34
3 ^{eme} Essai	2898	21,1	16,7	57,7	5,2	410	23,6	32

Aussi, en se basant sur le tableau de Xiccato et Trocino (2010), nous avons estimé l'énergie digestible pour la croissance et l'énergie digestible totale du lapin local pour chaque essai (Tableaux en annexe). Concernant l'énergie digestible pour la croissance, elle se situe entre 37,2 et 44 Kcal/Kg PV^{0,75}. Quant à l'énergie digestible totale, elle varie entre 176 et 212 Kcal/Kg PV^{0,75}, et semble inférieure en comparaison à la race sélectionnée (314 Kcal/kg PV^{0,75} ; Xiccato et Trocino, 2010). Il convient d'optimiser ces aliments par un équilibre en acides

aminés essentiels, afin de permettre au lapin local d'exprimer ses potentialités de croissance.

***CONCLUSION GENERALE ET
RECOMMANDATIONS***



L'élevage cunicole en Algérie, est basé sur le lapin de population locale qui se caractérise par une prolificité élevée et une adaptation aux conditions de son milieu. Toutefois, cette espèce rencontre des contraintes telles que le facteur alimentaire déficient en nutriments équilibrés pour couvrir ses besoins nutritionnels lui permettant ainsi d'extérioriser son potentiel de croissance.

A cet effet les travaux de cette thèse ont été menés afin de déterminer les besoins de croissance en énergie et en protéines de cette population. Les résultats enregistrés au cours de nos travaux ont permis d'avoir une connaissance sur l'impact des différents niveaux énergétiques et protéiques des aliments sur les performances de croissance et d'abattage du lapin de population locale. Nous avons ainsi montré que :

La hausse de la teneur en énergie digestible de l'aliment n'a pas affecté la croissance des lapins de la population locale, mais a induit une baisse de l'ingéré alimentaire et protéique tout en augmentant l'ingéré énergétique. Toutefois, rendement de carcasse et l'adiposité ne sont pas modifiés, car d'après la littérature l'augmentation de la teneur énergétique de l'aliment favorise ces deux critères. Aussi les lapins n'ayant pas ajusté leur ingéré énergétique en fonction de l'augmentation de la concentration, ont entraîné des rapports PD/ED différents, pouvant limiter la croissance.

Le taux élevé des protéines brutes dans les régimes a favorisé l'ingestion protéique et l'efficacité alimentaire. Aussi, le rendement de carcasse et l'adiposité augmentent lorsque la teneur en protéines brutes et de l'énergie digestible de l'aliment s'élève.

Par ailleurs, l'augmentation du ratio PD/ED de l'aliment décroît l'ingéré alimentaire et entraîne une faible rétention azotée, induisant ainsi une faible croissance des lapins. Aussi, le rendement de carcasse et l'adiposité diminuent avec l'augmentation du ratio PD/ED de l'aliment.

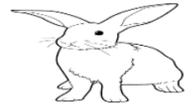
Globalement, dans nos conditions expérimentales, le lapin de population locale exprime une vitesse optimale (33g/j) avec des régimes alimentaires dont les ratios moyens se situent à 56.

En perspective, il serait intéressant d'approfondir notre étude par l'utilisation d'aliments renfermant des teneurs en acides aminés différents afin de déterminer le besoin optimum de ces derniers sur la croissance du lapin local.

Aussi, un autre élément très important, il s'agit des fibres qui jouent un rôle très important, non pas uniquement sur la santé digestive du lapereau, mais aussi sur la concentration énergétique de l'aliment lors de la formulation de l'aliment. A cet effet il serait judicieux de se pencher sur cet aspect, car généralement le non respect de ces taux engendre une baisse des performances de croissance du lapin.

Aussi, il est important d'effectuer des travaux avec d'autres populations telles que la blanche et la souche synthétique qui sont largement utilisées actuellement dans les élevages.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES





A

- ADDOU S, 2008. Conséquences de l'adaptation à un régime hyperprotéique sur la structure de l'épithélium intestinal chez le rat Wistar. Ecole doctorale ABIES, thèse de doctorat, pages 114.

- ADUKU A O., OLUKOSI J O., 1990. Rabbits management in the tropics: Production, utilization, marketing, economics, practical training, research and future prospects. *Living Book Series, Abuja, Nigeria; ISBN 978-2022-11.*

- AFNOR., 1985. Recueil de normes françaises. Méthodes d'analyses françaises et communautaires. Aliments des animaux. 2^{ème} Edition, 47-170.

- AGUIAR E SILVA, IVAN JOSE VECHETTI-JUNIOR, ANDRE FERREIRA DO NASCIMENTO, KELLY SILVA FURTADO, LUCIANA AZEVEDO, DANIEL ARAKI RIBEIRO., LUIS FERNANDO BARBISA., 2012. Effects of swim training on liver carcinogenesis in male Wistar rats fed a low-fat or high-fat diet. *Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme, Volume 37, numéro 6.*

- AKPO Y., KPODEKON T.M. , TANIMOMO E., DJAGO A.Y. , YOUSSAO A.K.I. , COUDERT P., 2008. Evaluation of the reproductive performance of a local population of rabbits in south benin. *9 th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy, p: 29-33.*

- AL-DOBAIB S N., 2010. Effect of diets on growth, digestibility, carcass and meat quality characteristics of four rabbit breeds. [Saudi Journal of Biological Sciences Volume 17, Issue 1, p 83-93.](#)

- ALABI C D A., AZALOU M., ADJASSIN J S0, ASSANI A S0, S WOROGO H S0, IDRISOU Y0, AKPO Y., ALKOIRET I T., 2019. Effet de la granulation d'un aliment avec pulpe de soja (okara) sur l'engraissement de lapins locaux au Nord-Bénin. [Livestock Research for Rural Development 31 \(5\) 2019.](#)

- APATAL D.F., JOSEPH J K., ADEOYE E.O., 1999. Performance, blood composition and carcass quality attributes of rabbits fed dietary levels of cassava and yam wastes. *Nig.J.Pure et Appl. Scie. Vol 14, p 786-792.*

- ARVEUX., 1988. Production cunicole en période estivale. *Cuniculture N° 82, 15 (4), 197-199.*

- AYYAT MS, YAMANI KA, BASSUNY SM, EL GUENDY KM., ABDALLAH MA., 1994. A study on using different energy levels for growing rabbits in Egypt. *Options Méditerranéennes*: 8, 131-139.

- AYYAT M S., MARAI I.F.M., 1997. Effects of heat stress on growth, carcass traits and blood components of New Zealand White rabbits fed various dietary energy-fibre levels, under Egyptian conditions. *J. Arid Environ.* 37, 557–568.

-AYYAT M.S, SAGHEER AL., A.A., GIHAN F. ELSISI, H.A. GABR., G.A. ABD EL-RAHMA., 2017. Effect of dietary protein levels and zinc supplementation on growth performance, digestibility, blood constituents and carcass traits of growing rabbits. *Cuniculture*.

<file:///C:/Users/lm/Desktop/article%20discussion%20essai%20%20perform/ayyat%20et%20al,%202017.html>

B

- BAURHOO B., FERKET P R., ZHAO X., 2009. Effects of diets containing different concentrations of mannanoligosaccharide or antibiotics on growth performance, intestinal development, cecal and litter microbial populations, and carcass parameters of broilers. *Poult. Sci.* 88:2262–2272.

- BATTAGLINI M., GRANDI A., 1984 cité par Fernanadez et *al.*, 2004. Stima del valore nutritivo dei mangimi composti por conigli. *Proc. 3rd World Rabbit Congress, Roma, Italy*, 252-264.

- BARKOK A., 1992. Quelques aspects de l'élevage du lapin au Maroc. *Options Méditerranéennes - Série Séminaires - n° 17 - 1992*: 19-22.

- BARKOK A., JAOUZI T., 2002. The Zemmouri Rabbits (Morocco). Rabbit genetic resources in Mediterranean countries Zaragoza : *CIHEAM Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches*; n. 38.

- BAUMIER L M., RETAILLEAU B., 1986. Croissance, consommation alimentaire et rendement à l'abattage des lapins d'une souche à aptitude bouchère. In : *4èmes Journées de la Recherche Cunicole* : 275-277.

-BENALI N., AIN BAZIZ H., LOUNAOUCI G. , KADDOUR R., BELABAS R., DJELLOUT B., TEMIM S., 2011. Caractérisation de deux populations de lapin local: performances de croissance, utilisation digestive, rendement à l'abattage et histométrie intestinale. *Livestock Research for Rural Development* 23 (12) 2011.

-BERCHICHE M.,1992 . Systèmes de production de viande de lapin au Maghreb. Séminaire approfondi, Institut agronomique méditerranéen de Saragosse (Espagne) ,14-26 septembre.

-BERCHICHE M., LEBAS F., LOUNAOUCI G., KADI S.A., 1996. Feeding of local population rabbit : effect of straw addition to low fiber, pelleted diet, on digestibility, growth, performance and slaughter yield. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12 July, 96, 89-92.

- BERCHICHE M., LOUNAOUCI G., LEBAS F., LOMBOLEY B., 1998. Utilisation of 3 diets based on different protein sources by algerian local growing rabbits. *Options Méditerranéennes, Série Cahier, 41, 51-55.*

- BERCHICHE M., KADI SA., LEBAS F., 2000. Valorisation of wheat by-products by growing rabbits of local algerian population. 7th World Rabbit Congress, 4-7 july 2000 – Valencia Spain, Volume C, pages 119-124.

- BERCHICHE. M., ET KADI SA., 2002. The Kabyle rabbits (Algeria). *Options Méditerranéennes, 13-20.*

-BERCHICHE M., CHERFAOUI D., KADI SA., 2012.Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie. 3^{ème} Congrès Franco-Magrébin de Zoologie et d'Ichtyologie 6-10 Novembre 2012 Marrakech, Maroc.

-BETANCOURT-ALONSO M.A., ORIHUELA A., AGUIRRE V., VAZQUEZ R., FLORES-PEREZ I. 2011. Changes in behavioural and physiological parameters associated with *Taenia pisiformis* infection in rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) that may improve early detection of sick rabbits. *World Rabbit Sci., 19: 21-30.*

- BIROLO M., TROCINO A., TAZZOLI M., XICCATO G., 2017. Effect of feed restriction and feeding plans on performance, slaughter traits and body composition of growing rabbits. *World Rabbit Sci. 2017, 25: 113-122.*

-BLASCO A., 1992. Croissance, carcasse et viande du lapin. Séminaire sur les systèmes de production de viande du lapin, Valencia, 14 - 25 Septembre.

-BLASCO A, OUHAYOUN J., MASEORO G., 1993. Harmonisation of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science, 1, 3-10.*

-BLASCO A, GOMEZ E., 1993. A note on growth curve of rabbit lines selected on growth rate or litter size. *Animal Production, 57- 332-334.*

- BOLET G., BRUN J., LECHEVESTRIER S., LOPEZ M., BOUCHER S., 2004. Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms . *Anim. Res.* 53 (2004) 59–65.

-BOUGUERRA A., 2012. Contribution à l'évaluation des performances zootechniques du lapin de population locale élevé en semi plein air. Mémoire de magistère, ENSA, EL HARRACH., 95 pages.

- BOULBINA I, AINBAZIZ H, ILES I, BELABBAS R, BENALI N, ZENIA S ET TEMIM S., 2012. Effet de la saison de naissance sur l'âge d'entrée en puberté et les caractéristiques de la semence chez le lapin mâle de population locale algérienne (*Oryctolagus Cuniculus*). [Livestock Research for Rural Development 24 \(1\) 2012.](#)

- BOUSSAID-OM EZZINE S., 2011. Adaptations environnementales de la protéosynthèse et de la protéolyse dans le muscle de poulet ; voies de signalisation impliquées. INRA, Nouzilly Thèse de doctorat, INRA NOUZILLY, 180 pages.

C

- CANTIER J., VEZINHET A., ROUVIER R. DAUZIER L., 1969. Allométrie de croissance chez le lapin (*Oryctolagus Cuniculus*) : I. principaux organes et tissus. *Annale Biologie Animal, Biochimie, Biophysique*, 9 (1) 5-39.

-CARABAÑO R., BADIOLA I., CHAMORRO S., GARCÍA J., GARCÍA-RUIZ AI., GARCÍA-REBOLLAR P., GÓMEZ-CONDE M.S., GUTIÉRREZ 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.

- CHAOUT., 2006. Eude des paramètres zootechniques et génétiques d'une lignée paternelle sélectionnée mise en place en GO et sa descendance, du lapin local. Mémoire de magistère, ENSV, 102 pages.

-CHAPAGAIN U., LUKEFAHR S.D. 2016. Rabbit production in Nepal: a solution to food insecurity and poverty. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China*, 927-930.

- CHIERICATO GM., BAILONI L., RIZZI C., 1992. The effect of environmental temperature on the performance of growing rabbits. In: *Proceedings of the 5th World Rabbit Congress, Corvallis, OR, USA, 25-30 July 1992, B*, 723-731.

- CHAMORRO S., GOMEZ CONDE M.S., PEREZ DE ROZAS A.M., BADIOLA I., CARABAÑO R., DE BLAS J.C., 2007. Effect on digestion and performance of dietary protein content and of increased substitution of lucerne hay with soya-bean protein concentrate in starter diets for young rabbits. *Animal*, 651-659.

-CHERFAOUI. D., 2015. Evaluation des performances de production de lapin d'élevage rationnel. Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi –Ouzou. 133 pages.

- COLIN M., LEBAS F., 1996. Rabbit meat production in the world. A proposal for every country. In Proc: *6th World Rabbit Congress, Toulouse, France. 9-12 July 1996.*

-CORRENT. E., LAUNA.C., TROISLOUCHES.G, VIARD.F, DAVOUST. C, LEROUX.C. 2007. Impact d'une substitution d'amidon par des lipides sur l'indice de consommation du lapin en fin d'engraissement. *12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France.*

- COMBES S., 2004. Valeur nutritionnelle de la viande de lapin. *Prod. Anim. 17: 373-383.*

- COMBES S., LEBAS F., 2003. Les modes de logement du lapin en engraissement : influence sur les qualités des carcasses et des viandes. *10èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 nov. 2003, Paris, 185-200.*

- COULETEL G., 2015. Performances moyennes des élevages cuniques en France pour l'année 2014 résultats RENACEB. *Cuniculture Magazine, Volume 42, p : 39 - 40.*

- COLMIN J.P., FRANCK Y., LE LOUP P., MARTIN S., 1982. Incidence du nombre de lapins par gage d'engraissement sur les performances zootechniques. *3^{ème} Journée de la Recherche Cunicole, 8-9 Dec, Paris, Communication N° 24.*

- CORTEZ S., BRANDEBURGER H., GREUEL E., SUNDRUM A., 1992. Investigations of the relationships between feed and health status on the intestinal flora of rabbits. *Tierarztl. Umsch., 47, 544-549.*

- CORINO, C., 1987 cité par par Fernandez et *al.*, 2004. Alcune considerazioni sulla stima del valore nutritivo dei mangimi composti integrati utilizzati nell'alimentazione del coniglio. *Rivista di Conigliculture, 9: 41-44.*

D

DALLE ZOTTE A., 2014. Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers, Volume 4, Issue p: 62–67.*

-DARDEVET, D., SORNET C., BAYLE G., PRUGNAUD J., POUYET C., GRIZARD, J., 2002. Postprandial stimulation of muscle protein synthesis in old rats can be restored by a leucine supplemented meal. *J Nutr, 132(1):95-100.*

-DEHALL C., 1981. Equilibre entre les apports azotés et énergétiques dans l'alimentation du lapin en croissance. *Annale zootechnie, 1981, 30 (2) 197-208.*

-DE BLAS, J.C., FRAGA, M. AND RODRIGUEZ, J., 1985. Units for feed evaluation and requirements for commercially grown rabbits. *Journal of Animal Science 60, 1021–1028.*

- DE BLAS J C., WISEMAN J., FRAGA, M J., VILLAMIDE, M.J., 1992. Prediction of the digestible energy and digestibility of gross energy of feeds for rabbits. 2. Mixed diets. *Anim. Feed Sci. Techn., 39: 39-59.*

-DE BLAS, J. C., J. GARCÍA, AND R. CARABAÑO. 1999. Role of fiber in rabbit diets: A review. *Ann. Zootech. 48:113.–119.*

-DE BLAS C., WISSEMAN J., 2010. Nutrition of the rabbit. 2nd Edition , ISBN 978-1-84593-6693.

- DELTOROANA J., LÓPEZ M., 1986. Development of commercial characteristics of rabbit carcasses during growth. Volume 15, Issue 3, September 1986, Pages 271-283.

- DE ROCHAMBEAU H., DE LA FUENTE FL, ROUVIER R., OUHAYOUN J., 1989. Sélection sur la vitesse de croissance post-sevrage chez le lapin. *Genetic, sélection Evolution, 21, 527-547.*

-DUPERRAY J., GYONVARCH A., 2009. Effect of different quantitative feed restriction strategies on fattening performance, and interest of a high energy and protein feed. 13èmes Journ. Rech. Cunicoles, 17-18 novembre, Le Mans, France, 59-62.

-DJELLAL F., MOUHOUS A M., KADI. SA., 2006. Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development, 18 (7), 2006.*

- DUPERRAY J , GRAND , PICARD , TROISLOUCHES G , LAUNAY C., 2017. Effet de différentes durées quotidiennes de jeûne sur l'état sanitaire et les performances zootechniques des lapins en engraissement. 17^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France, p 71-74.

-DROGOUL C., GADOUD R., JOSEPH M., JUSSIAU R., LISBERNY M., MAONGEOL B., MOTMESAS L., TARRIT A., 2004. Nutrition et alimentation des animaux d'élevage. Edition Julie Cousailler, ISBN 978-284444-346-5. P, 270.

E.

- EGGUM B.O., 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Brit.J.Nutr.*24 : 983-988.

F

- FAOSTAT (2017). *Données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole : Division de la statistique, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Site web : <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QL>, Consulté le 09/05/2019.*

-F.A.F.. OMER HAA., ABEDO.A.A., SOHA.S.ABDEL-MAGID., IBRAHIM SH. A.M., 2011. *Using mixture of sweet basal and black cumin as feed additives with different levels of energy in growing rabbits diets. American-Eurasian J-Agric. & Environ. Sci. 10 (5) : 917-927.*

-FERNANDEZ C., COBOS A., FRAGA M., 1994. *The effect of fat inclusion on diet digestibility in growing rabbits. J.Anim.Sci. 1994, 72 :1508-1515.*

- FEKETE S., ET GIPPERT J., 1986. Digestibility and nutritive value of nineteen important feed for rabbits. *J. Appel. Rabbit Res, 9 (3), 103-108.*

- FETTAL, M.; MOR, B., BENACHOUR ,H., 1994. *Connaissance des performances de croissance post-sevrage de lapereaux de population locale, élevés dans les conditions du terrain. Options méditerranéennes, (8), 431-435.*

- FERNANDEZ J., CARMONA C.CERVERAE C., BLAS E., 1996. *Prediction of the energy value of rabbit feeds varying widely in fibre content. Animal Feed Science and Technology*

V (64), Issue 1, 10, p, 61-75.

- FERNANDEZ C., FRAGA, M.J., 1996. *Effect of fat inclusion in diets for rabbits on the efficiency of digestible energy and protein utilization. World Rabbit Science 4, 19–23*

-FERNÁNDEZ-CARMONA J., SORIANO J., PASCUAL J. J., CERVERA C., 2004. *The prediction of nutritive value of rabbit diets from tables of feed composition. 8th World Rabbit Congress – September 7-10, p, 818, 823.*

-FEKETE S., 1992. The rabbit body composition: methods of measurement, significance of its knowledge and the obtained results. A critical review. *Journal of Applied Rabbit Research* 15, 72–85.

- FRAGA, M.J., 1998. Protein requirements. In: de Blas, C. and Wiseman, J. (eds) *The Nutrition of the Rabbit*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 133–143.

G

-GACEM M., LEBAS F., 2005. Rabbit husbandry in Algeria. Technical structure and evaluation of performances. *7th World Rabbit Congress, Valencia – Spain, 2000 Volume B, 75-8.*

- GACEM M., BOLET G., 2005. Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie. *11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris, 15-18.*

- GALLAL ESE., KHALIL MH., 1994. Developpement of rabbit industry in Egypt. In *Rabbit production in hot climates. Option méditerranéenne, Vol. 8, 43 - 46.*

- GALLOIS M., 2006. Statut nutritionnel du lapereau : maturation des structures et des fonctions digestives et sensibilité à une infection par une souche Enteropathogène d'Escherichia Coli. Thèse de doctorat, 285 p.

- GARREAU H., GILBERT H., MOLETTE C, LARZUL C, BALMISSE E., RUESCHE J., SECULA-TIRCAZES A., GIDENNE T., DROUILHET L., 2015. Réponses à la sélection pour deux critères d'efficacité alimentaire chez le lapin. 1. Croissance, ingéré et efficacité alimentaire. *16^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 24 et 25 novembre, Le Mans, France.*

- GARCIA-PALOMARES J., CARABANO R., GARCIA-REBOLLAR P., DE BLAS J.C., CORUJO A., GARCIA-RUIZ A.I., 2006. Effects of a dietary protein reduction and enzyme supplementation on growth performance in the fattening period. *World Rabbit Sci.*, 14, 231-236.

-GIDENNE T., 1994. Effet d'une réduction de la teneur en fibres alimentaires sur le transit digestif du lapin. Comparaison et validation de modèle d'ajustement des cinétiques d'excrétion fécale des marqueurs. *Reprod.Nutri.Dev*, 34, 295-306.

- GIDENNE T., PEREZ J.M., 1994. Apports de lignines et alimentation du lapin en croissance. I. Conséquences sur la digestion et le transit. *Ann Zootech.*, 43, 313-322.

- GIDENNE T., 1996. Conséquences digestives de l'ingestion de fibres et d'amidon chez le lapin en croissance : vers une meilleure définition des besoins. *INRA Prod. Anim.*, 1996, 9 (4), 243-254.
- GIDENNE T., PINHEIRO V., FALCAO E., CUHNA L., 1998. Conséquences d'une déficience en fibres alimentaire sur la digestion et le transit : premiers résultats chez le lapin adulte. 7^{èmes} journées de recherche cunicole, Lyon, 13-14 Mai 1998, 147-150.
- 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. 9^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, Paris, France, 6568.
- GIDENNE T., 2003. Fibres in rabbit feeding for digestive troubles prevention: respective role of low-digested and digestible fibre. *Livestock Production Science* 81, 105–117.
- GIDENNE T, LEBAS F., 2005. Comportement alimentaire du lapin. 11èmes Journées de la Recherche Cunicoles, 29-30 Novembre 2005.
- GIDENNE T., CARABAÑO R., BADIOLA I., GARCIA J., LICOIS D., 2007. L'écosystème caecal chez le lapin domestique: Impact de la nutrition et de quelques facteurs alimentaires Conséquences sur la santé digestive du lapereau. 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France, p 59-72.
- 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.*, 2008, 21 (3), 239-250.
- GIDENNE T., MURR S., TRAVEL A., CORRENT E., FOUBERT C., BEBIN K., MEVEL L., REBOURS G., RENOUF B., 2009. Effets du niveau de rationnement et du mode de distribution de l'aliment sur les performances et les troubles digestifs au post-sevrage du lapereau. Premiers résultats d'une étude concertée du réseau GEC. *Cuniculture Magazine*, Volume 36, pages 65 à 72.
- GIDENNE T., FORTUN-LAMOTHE L., COMBES S., 2012. Restreindre l'ingestion du jeune lapin de nouvelles stratégies pour renforcer sa santé digestive et améliorer son efficacité alimentaire. *INRA Prod. Anim.*, 2012, 25 (4), 323-336.
- GIDENNE T., 2015. Le lapin. De la biologie à l'élevage. Parution le 21 décembre 2015, Éditions Quæ Collection Savoir Faire, 288 pages, ISBN 978-2-7592-2416-6.

-GONDRET F., LEBAS F., BONNEAU M., 1999. Effets d'une restriction alimentaire en fin d'engraissement sur les caractéristiques biochimiques, cellulaires et métaboliques du muscle chez les lapins. *8 èmes Journées de la recherche cunicole 06-09-1999*.

- GUTIERREZ I., ESPINOSA A., GARCIA J., CARABANO R., DE BLAS C., 2003. Effect of protein source on digestion and growth performance of earlyweaned rabbits. *Anim. Res.*, 52, 461-471.

-GRIZARD J., DARDEVET D., PAPET I., MOSONI, L., PATUREAU-MIRAND, P., ATTAIX, D., TAUVERON, I., BONIN, D., ARNAL, M., 1995. Nutrient regulation of skeletal muscle protein metabolism in animals. The involvement of hormones and substrates, *Nutr Research Rev*, 8:67-91.

H

- HANNACHI R., KADI S A., BANNELIER C., BERCHICHE M., GIDENNE T., 2017. La graine de fève sèche (*Vicia faba major*) en alimentation cunicole: effets sur les performances de croissance et d'abattage. *Livestock Research for Rural Development*, 29 (3) 2017.

-HABIBI A., KUSNIDOU D., SARTIK T., RAHARJO Y.C., 1995. Effect of dietary levels of energy and protein at the finishing stage. Performance and pelt production of rex rabbits. *Bulletin of Animal Science*, p 249-255.

-HAFFAR A., LAVAL A., GUILLOU J.P., 1988. Entérotoxémie à *Clostridium spiroforme* chez les lapins adultes. *Le Point Vétérinaire*, 20: 99-102.

-HEMID A A, ABDEL-AZEEM F., AFIFI M.A., EL-SANHOORY M.H. 2015. Effect of different dietary starch and protein levels on productive performance of growing rabbits. *Egyptian Journal and feeds*, 18(2) special issue: 247-262.

- HILLYER EV., 1994. Pet Rabbits. *The Veterinary Clinics of North America, Small Animal Practice*, 24(1): 25–65.

-HOCQUETTE JF., ORTIGUES-MARTY, DAMON M., HERPIN P., GEAY Y., 2000. Métabolisme énergétique des muscles squelettiques chez les animaux producteurs de viande. *INRA, Prod. Anim.*, 13, 185-200.

- HOCQUETTE J F., PICARD B., FERNANDEZ X., 1996. Le métabolisme énergétique musculaire au cours de la croissance et après abattage de l'animal. *Viandes. Prod.Carnés*, 17, 217-230.

-HOCQUETTE J F., ORTIGUES-MARTY I., PETHICK D.W., HERPIN P., FERNANDEZ X., 1998. Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat-producing animals. *Livest. Prod. Sci.*, 56, 115-143.

- HOCQUETTE, J.F., TESSERAUD, S., CASSAR-MALEK, I., CHILLIARD, Y., ORTIGUES-MARTY, I. 2007. Responses to nutrients in farm animals: implications for production and quality. *Animal*, 1(9):1297–1313.

I

- ILES I., BOUKHARI S., BELABBES R., BOULBINA I., ZENIA S., AIN BAAZIZ H., 2013. Relationships between sexual behaviour and vulva external characteristics in Algerian domestic rabbits. *Livestock Research for Rural Development*, 25 (8).

-ISAR, O.,1981. Energy requirement of meat rabbits. *Lucrari stiintifice ale Institutului de Cercetari pentru Nutritia Animalelor/Ministerul Agriculturii si Industriei Alimentare, Academia de Stiinte Agricole si Silvice (Romania) 9/10*, 253–264.

J

- JAOUZI T., BARKOK A., EL MAHARZI L., BOUZEKRAOUI A., ARCHA B., 2006. Etude sur les systèmes de production cunicole au Maroc. *Cuniculture Magazine Volume 33, pages 99 à 110*.

-JEAN C., ROME S., MATHE V., HUNEAU J.F., AATTOURI N., FROMENTIN G., ACHAGIOTIS C.L., TOME D., 2001. Metabolic evidence for adaptation to a high protein diet in rats. *J. Nutr.*, 31:91–98.

-JEHL N., MEPLAIN E., MIRABITO L., COMBES S., 2003. Influence de 3 modes de logement sur le comportement, les performances zootechniques et la qualité de la viande. *10èmes Jour. Rech. Cunicole. Paris, 19-20 novembre, 181- 184, ITAVI, Paris*.

-JIWUBA P. C., IKWUNZE K, DAUDA E., UGWU D. O., 2016. Haematological and serum biochemical indices of growing rabbits fed diets containing varying levels of moringa oleifera leaf meal. *British Biotechnology Journal* 15(2): 1-7, 2016

-JENKINS J.R. 2008. Rabbit diagnostic testing. *J. Exot. Pet Med.*, 17: 4-15.

- JOUVE D., OUHAYOUN J., MAITRE I., LATOUR O., COULMIN J.P., 1986. Caractéristiques de croissance et qualités bouchères d'une souche de lapin. *5^{èmes} journées de recherche cunicole, Vol, 2, N° 22*.

-JURCIK R., SUVEGOVA K., HANUSOVA E., MASSANYI P., RYBAN L., CHRENEK P. 2007. Evaluation of haematological, biochemical and histopathological parameters of transgenic rabbits. *J. Vet. Med. A*, 54: 527-531.

K

-KADI S A., BELAIDI-GATER N., DJOURDIKH S., ABERKANE N., BANNELIER C., GIDENNE T., 2016. Feeding Quercus ilex acorns to fattening rabbits: effects on growth and carcass characteristics. Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China, 419-422.

- KAMAL A., YAMANI KO., FRAGHALI. HM., 1994. Adaptability of rabbits to the hot climate. *Option Méditerranéenne, séries séminaire, N° 8, 97-101.*

- KENNOU S., LEBAS F., 1990. Growth performances of local Tunisian rabbits fed with rations including fresh green or ensiled forage. *Cuniculture Science, Vol 6. Fasc. 1.*

- KHALIL. M.H., 2002. The Baladi Rabbits (Egypt). In Khalil MH Baselga M eds Genetic Resources in Mediterranean Conntrie , p 41-50.

-KJAER J.B, JENSEN JA., 1997. Perirenal fat, carcass, conformation, gain and feed efficiency of growing rabbit as affected by dietary protein and enrgy content. *World Rabbit Science, 5 (3), 93-97.*

- KNUDSEN C., COMBE S., BRIENS S., DUPERRAY C., REBOURS J., SALAÛN G., J. M., TRAVEL A., WEISSMAN D., GIDENNE T., 2013. Ingestion restreinte et concentration énergétique de l'aliment: Impact sur la santé, les performances et le rendement à l'abattage du lapin. 15^{ème} Journ. Rech. Cunicoles, Le Mans. p 47-50.

- KNUDSEN C., COMBES S., BRIENS C, DUPERRAY J., REBOURS G., J-M. SALAUN, A. TRAVEL, D. WEISSMAN, T. GIDENNE., 2015. Performances de croissance et santé des lapins lors d'une restriction alimentaire post sevrage par substitution de l'amidon par des fibres digestibles, dans un aliment énergétique. 16^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 24 et 25 novembre 2015, Le Mans, France.

-KNUDSEN C., COMBES S., BRIENS C., COUTELET G., DUPERRAY J., REBOURS G., SALAUN J-M., TRAVEL A., WEISSMAN D., GIDENNE T. 2014. Increasing the digestible energy intake under a restriction strategy improves the feed conversion ratio of the growing rabbit without negatively impacting the health status. *Livestock Science, Volume 169, pages 96-105.*

-KHALIL M.H., OWEN J.B., AFIFI E.A., 1986. A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits. *Anim. Breed. Abst.*, 54, 725-749.

-KOVITVADHI A., SANYATHITISEREE P., GASCO L., RUKKWAMSUK T., 2016 - Meat rabbit production in Central, Western and Eastern Thailand: Social network and current status. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China*, 961-964.

- KITA, K., MURAMATSU, T., OKUMURA, J. Effect of dietary protein and energy intakes on whole-body protein turnover and its contribution to heat production in chicks. *Br J Nutr*, 1993, 69(3):681-688.

-KIMSE M., COULIBALY K.A.S., GNANDA B.I, OTCHOUMOU A.A., 2016- Characterization of rabbit's productions in the district of Abidjan, Côte d'Ivoire. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China*, 957-960.

-KOIZUMI T. Turnover rates of structural proteins of rabbit skeletal muscle. *J Biochem*. 1974, 76(2):431-9.

L

- LADOKUN A.O. , EGBUNIKE G.N., ADEJUMO D.O., SOKUNBI O.A., 2006. The Effect of Three Dietary Crude Protein Levels on Digestibility and Tests Function in Male Pubertal Rabbits. *Tropicultura*, 2006, 24, 1, 3-6.

-LAFFOLAY B., 1985. Croissance journalière du lapin. *Cuniculture*, 12 (6), 212-331.

- LAUDADIO.V., PASSANTINO. L., PERILLO. A., LOPRESTI. G., PASSANTINO A., KHAN R. U., TUFARELLI. V., 2012. Productive performance and histological features of intestinal mucosa of broiler chickens fed different dietary protein levels. *Poultry Science* 91: 265–270.

-LAKABI.D, ZERROUKI.N, LEBAS.F, BERCHICHE.M., 2004. Growth performances and slaughter traits of local Kabylia population of rabbit reared in Algeria : effects of sex and rearing season. 8th World Rabbit Congress –September 7-10, 2004 – Puebla, Mexico.

-LAKABI-IOUALITENE D., LOUNAOUCI-OUYED G., BERCHICHE. M., LEBAS F., FORTUN-LAMOTHE L., 2008. The effects of the complete replacement of Barley and soybean meal with hard wheat by-products on diet digestibility, growth and slaughter traits of a local algerian rabbit population. *World Rabbit Sci*. 2008, 16: 99 – 106.

- LAKABI D., 1999. Citée par LAKABI D, 2009. Production de viande de lapin : Essais dans les conditions de production algériennes. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Département de Biologie Animale et Végétale, 125 pages.

- LAVANYA R., MAHENDER M., RAJANNA N., GNANAPRAKASH.M., 2017. Productive performance of broiler rabbits. *Indian J. Anim. Res.*, 51 (2) 2017 : 391-394.

- LARZUL C., GONDRET F., 2005. Aspects génétiques de la croissance et de la qualité de la viande chez le lapin. *INRA, Prod. Anim.*, 2005, 18 (2), 119-129.

- LEBAS F., LAPLACE J. P., 1982. Mensurations viscérales chez le lapin. 4. Effets de divers modes de restriction alimentaire sur la croissance corporelle et viscérale. *Ann. Zootech.*, 31, 391-430.

- LEBAS F., LAPLACE J.P., DROUMENQ P., 1982. Effets de la teneur en énergie de l'aliment chez le lapin variations en fonction de l'âge des animaux et de séquence des régimes alimentaires. *Annale Zootechnie*, 1982, 31 (3), 233-256.

- LEBAS F., COUDERT P., ROUVIER R., DE RECHAMBEAU H., 1984. Le lapin : Elevage et pathologie. Collection FAO. Production et santé animale. 289 p.

- LEBAS F., 1984. Préparation des futures reproductrices. *Cuniculture*, N° 56, p 85-86.

- LEBAS F., OUHAYOUN J., 1987. Incidence du niveau protéique de l'aliment, du milieu d'élevage et de la saison sur la croissance et les qualités bouchères du lapin. *Ann Zootech*, 36 (4), 421-432.

- LEBAS F., COUDERT P., De ROCHAMBEAU H., THEBAULT RG. 1996. Le lapin : Elevage et pathologie. FAO éditeur, Rome, 277 pages.

- LEBAS F, 1989. Besoins nutritionnels des lapins. Revue bibliographique et perspectives. *Cunisciences*, 5(1), 1-28.

- LEBAS F., COLIN M., 2000. Production et consommation de viande de lapin dans le monde Production et consommation de viande de lapin dans le Monde. ornadas Internacionais de Cunicultura APEZ - 24 e 25 de Novembro 2000 - UTAD Vila Real, Portugal.

- LEBAS F., GIDENNE T., 2000. Recent research advances in rabbit nutrition. *Ningbo (China)* 22-23 Decembre 2000, page 1

- LEBAS F., 2004. Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive. *Cuniculture Magazine, volume 31, p 2.*
- LEBAS F., 2010. Intérêt de l'alimentation équilibrée pour l'élevage cunicole en Algérie. *Atelier de travail sur la création de la souche synthétique. Baba- Ali (Algérie), 14-15 Juin.*
- LEBA F., 2013. Estimation de la digestibilité des protéines et de la teneur en énergie digestible des matières premières pour le lapin, avec un système d'équations. 15^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France, p, 27-30.
- LEBAS F., 2015. Croissance et qualité des carcasses de la viande de lapin de trois génotypes, nourris avec 2 types d'aliment et abattus à poids vif fixe. 16^{èmes} journées de la Recherche Cunicole, 25-25 Novembre 2015, Le Mans, Paris.
- LEBLATIER L., MENINI F.-X., BOURDILLON A., SALAÛN J.-M., LE FLOCH A., PERDRIAU., 2017. Effet d'un logement collectif en parc sur les performances zootechniques du lapin en engraissement en conditions d'élevage commercial. 17^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France, p, 51-54.
- LEDIN I., 1984. Effect of restricted feeding and realimentation on compensatory growth, carcass composition and organ growth in rabbit. *Ann. Zootech., 33: 33-50.*
- 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. 2008. 9th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy.
- LEI F C., JIA H C., 2004. Effects of Dietary Crude Protein on Growth Performance, Nutrient Utilization, Immunity Index and Protease Activity in Weaner to 2 Month-old New Zealand Rabbits. *J. Anim. Sci. 2004. Vol 17, No. 10 : 1447-1451.*
- LOUNAOUCI-OUYED G., LAKABI D., BERCHICHE.M, LEBAS F., 2009. Effet d'un apport de paille en complément d'un aliment granulé pauvre en fibre sur la digestion, la croissance et le rendement à l'abattage de lapin de population locale algérienne. 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 Novembre.
- LOBLEY G.E.,1979. Nutritional and hormonal control of muscle and peripheral tissue metabolism in farm species, *Livestock Prod Sci, 1998, 56(2):91-114.*
- LU J., HE Z., SHEN Y., DAI X., WANG D., ZHANG J., LI H., 2016 - Effect of feed restriction on growth performance, blood metabolites and liver hormones in rabbits. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China, 431-433.*

M

-MARTOJA R et MARTOJA M., 1967. Initiation aux techniques de l'histologie animale. Edition Masson et Cie, p 3-114.

- MARTIN S., 1982. En maternité en engraissement: les moyen d'améliorer la productivité. *Aviculteur*, hors série, 21-24.

- MARLIER D., DEWRÉE R., DELLEUR V., LICOIS D., LASSENCE C.,POULIPOULIS A., VINDEVOGEL H., 2003. Description des principales étiologies des maladies digestives chez le lapin européen (*Oryctolagus cuniculus*). *Ann. Méd. Vét.*, 2003, 147, 385-392.

- MAERTENS L., DE GROOTE G., 1985. Influence de la densité d'occupation sur les résultats d'engraissement des lapins de chair. *Rev. agric.*, 38, 463-471.

-MAERTENS L., 1992. Rabbit nutrition and feeding : a review of some recent developments. *Proc. 5th the congress of the World Rabbit Science Association, vol B, 889-913.*

-MAERTENS L., 1996. Nutrition du lapin: connaissance actuelle et acquisition récente. *Cuniculture*, 127, 23 (1), 33-35.

-MAERTENS L., LUZI F., DE GROOTE L. 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.

- MAERTENS L., CAVANI C., PETRACCI M., 2005. Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. *World Rabbit Science* 13, 1-14.

- MARTÍNEZ-BAS A.M., KESSLER M., ARMERO E., 2018. Relative growth in rabbits: the effects of genetic line, diet and gender. *World Rabbit Sci.* 2018, 26: 201-207.

-MAILU S.K., WANYOIKE M., SEREM J. K., GACHUIRI, C. K., 2016. Rabbit breed characteristics, farmer objectives and preferences in Kenya: A correspondence analysis. *Discourse Journal of Agriculture and Food Science*, 2(4), 118-125.

-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.

-MELILLO A., 2007. Rabbit clinical pathology. *J. Exot. Pet Med.*, 16: 135-145.

- MIRABITO L., 2007. Logement et bien-être du lapin : plus de questions que de réponses ? *INRA Prod. Anim.*, 2007, 20 (1), 59-64.

-MILLWARD D.J, 1999. Optimal intakes of protein in the human diet, *Proc Nutr Soc*, 1999, 58(2):403- 413.

-MONTESSUY S., REYS S., REBOURS G., MASCOT N. 2009. Effet du niveau énergétique de l'aliment sur les performances zootechniques des lapins en engraissement et conséquences sur le coût alimentaire du kilogramme de croît. 13^{ème} Journées de Recherche Cunicole, 17 Novembre 2009, Le Mans, France.

-MOUMEN S., MELIZI M., ZERROUKI N-DAOUDI. 2016. Etude de la croissance, la qualité et du rendement en carcasse de lapins locaux de la région des Aurès, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 28 (10) 2016.

-MOULLA F., YAKHLEF., ZIKI B., 2008. Essai D'évaluation des Performances de croissance et du rendement à l'abattage du lapin local. *INRA*, Volume 1, Numéro 19, Pages65-71.

- MOMOHA O., MUNUNGA., HU., ATTAHB S., 2015. Growth Performance of Two Crossbred Rabbit Genotypes Fed Two Levels of Dietary Protein . *East african agricultural and forestry journal*, 2015 vol. 81, no. 1, 51–57.

- MOTTA FERREIRA W., FRAGA, M.J., CARABAÑO, R., 1996. Inclusion of grape pomace, in substitution for lucerne hay, in diets for growing rabbits. *Animal Science* 63, 167–174.

- MOUSA–BALABEL TM., 2004. Effect of heat stress on New Zealand White rabbits'behaviour and performance. *VET.J. Vol. 3 . 125-134*.

N

- NJIDDA A. A., ISIDAHOMEN C. E., 2010. Haematology, Blood Chemistry and Carcass Characteristics of Growing Rabbits Fed Grasshopper Meal as a Substitute for Fish Meal. *Pakistan Vet. J.*, 30(1): 7-12.

O

-OBINNE JI., MMEREOLE FUC., 2010. Effects of different dietary crude protein and energy levels on production performance, carcass characteristics and organ weights of rabbits raised under the humid environment of nigeria. *Agricultura tropica et subtropica vol. 43 (4)*.

- ORTIZ HERNANDEZ, J.A., RUBIO LOZANO, M.S, 2001.Effect of breed and sex on rabbit carcass yield and meat quality. *World Rabbit Science 2, 51-56*.

- OUHAYOUN J., 1978. Etude comparative de races de lapins différant par le poids adulte. Incidence du format paternel sur les composantes de la croissance des lapereaux issus de croisement terminal. Thèse, Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier.

- OUHAYOUN J., DELMAS D., 1980. Evolution comparée de la composition corporelle de lapins de trois types génétiques, au cours du développement postnatal. *Reproduction Nutrition Development, 20 (4A), 949-959*.

-OUHAYOUN J., 1983. La croissance et le développement du lapin de chair. *Cuni.Sci., V (1), 1, 1-15*.

- OUHAYOUN J., DELMAS D., 1983. Valorisation comparée d'aliments à niveaux protéiques différents par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevage traditionnel. *Ann. Zootech., 32 (3), 277-286*.

-OUHAYOUN J., CHERIET S., 1983. Valorisation comparée d'aliments à niveaux protéiques différent par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevage traditionnels: étude des performances de croissance et de la composition du gain de poids. *Ann.Zootech., 32, 257-276*.

- OUHAYOUN J., 1989. La composition corporelle du lapin : Facteurs de variation. *Production Animale, 2 (3), 215-226*.

- OUYED A, LEBAS F., LEFRANÇOIS M., J.RIVEST J., 2007. Performances de croissance de lapins de races pures et croisés en élevage assaini au Québec. *12^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France, 149-152*.

-ONIFADE A.A., TEWE O.O., 1993. Alternative tropical energy feed ressources in rabbit diets : growth, performance, diet's digestibility and blood composition. *World Rabbit Science, 1 (1), 17-27*.

-OUERTANI E., DABBOUSSI I., MEJRI A., 2016 - The development prospects of rabbit sector in Tunisia based on a value chain diagnosis. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China, 1009-1012.*

- ONDRUSKA J. RAFAY A.B. OKAB, AYOUB M.A., AL-HAIDARY A.A., SAMARA E.M., PARKANYI V., CHRASTINOVA L., JURCIK R., MASSANYI P., LUKAC N., SUPUKA P., 2011. Influence of elevated ambient temperature upon some physiological measurements of New Zealand White rabbits. *Veterinary Medicina, 56, 2011 (4): 180–18.*

- OLIVEIRA MC., PEREIRA R DS., ARAÚJO LS., RODRIGUES VS., BENTO EA., MONTES DS., 2012. Effect of feed restriction on performance of growing rabbits. *R. Bras. Zootec., v.41, n.6, p.1463-1467.*

- OJEDIRAN T. K., T. O. OLORUNTADE, B. Y. DUROJAYE, R. O. SAKA, I. A. EMIOLA. 2017. Blood parameters, carcass yield, organ weight and villi morphometrics of broilers fed low protein diet in excess of dietary lysine. *Trakia Journal of Sciences, No 2, pp 121-127.*

- OSENI S.O., LUKEFAHR S.D., 2014. Rabbit production in low-input systems in africa: situation, knowledge and perspectives. *Rabbit Science World Rabbit Sci. 2014, 22: 147-160.*

-OLUWATUSIN F.M., 2016. Determinants of rabbit keeping in south western Nigeria. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China, 993-996.*

-ÖZKAN C., KAYA A., AKGÜL Y., 2012. Normal values of haematological and some biochemical parameters in serum and urine of New Zealand white rabbits. *World Rabbit Sci. 2012, 20: 253 – 259.*

P

- PASCUAL J.J., SEBASTIAN, A., CERVERA. C., BLAS, E., FERNANDEZCARMONA, J., 1998. Effets de la substitution de l'orge par de l'huile de soja sur les performances des lapines allaitantes: premiers résultats. 7^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. Lyon. pp: 167-170.

-PASCUAL J.J., BLANCO J., PIQUER O., QUEVEDO F., CERVERA, C., 2004. Ultrasound measurements of perirenal fat thickness to estimate the body condition of reproducing rabbit does in different physiological status. *World Rabbit Science 12, 7–21.*

-PASCUAL J.J., XICCATO G., FORTUN-LAMOTHE L., 2006. Strategies for doe's corporal condition improvement – relationships with litter viability and career length. In: Maertens, L. and Coudert, P. (eds) *Recent Advances in Rabbit Science.* ILVO, Melle, Belgium, pp. 247–258.

- PARTRIDGE G.G., DANIELS Y., FORDYCE R.A., 1986. The effects of energy intake during pregnancy in doe rabbits on pup birth weight, milk output and maternal body composition change in the ensuing lactation. *Journal Agricultural Science, Cambridge* 107, 697–708.

- PARTRIDGE G.G., GARTHWAITE P.H., FINDLAY M., 1989. Protein and energy retention by growing rabbits offered diets with increasing proportions of fiber. *J.Agrc.Sci.* 112:171.

- PARIGI BINI R., CESSSELLI P., 1977 cité par De Blas et wisseman, 2010. Valutazione dell'escrezione urinaria di energia in conigli in accrescimento. *Rivista Zootecnica e Veterinaria* 5, 130–137.

- PARIGI BINI R., XICCATO, G., 1986 cité par Xiccato et Troccino, 2010. Utilizzazione dell'energia e della proteina digeribile nel coniglio in accrescimento. *Rivista di Coniglicoltura* 23(4), 54–56.

- PARIGI BINI R., XICCATO G, 1998. Energy metabolism and requirements. In: C. de Blas and J. Wiseman (eds), *The nutrition of the rabbit* CABI Publishing. Wallingford Oxon UK. Pg. 103 – 131.

- PALMER M., ROBINS S., LOBELEY G., 1980. Measurement of synthesis rate of collagens and total total protein in rabbit. *Biochem*, 192, 631-636.

- PASCUAL M, ALLIAGA S., PLA. M. 2004. Effect of selection for growth rate on carcass and meat composition in rabbits. *8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, 1435-1440.*

- PEINHEIRO V., GIDENNE T., 1999. Conséquences d'une déficience en fibres sur les performances zootechniques du lapin en croissance, le développement caecal et le contenu iléale en amodon. *8^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, 1999*, 105-109.

- PEREZ J M., GIDENNE T., BOUVAREL I., ARVEUX P., BOURDILLON A., BRIENS C., LE NAOUR J., MESSAGER B, MIRABITO L., 1996. Apports de cellulose dans l'alimentation du lapin en croissance. II. Conséquences sur les performances et la mortalité. *Annale Zootechnie* , 45, 299-309.

- PENG X., HU L., LIU Y., YAN C., FANG Z. F., LIN Y., Y. XU S., LI J., M C., WU , D. W. CHEN, H. SUN, D. WU., L. Q. CHE., 2016. Effects of low-protein diets supplemented with indispensable amino acids on growth performance, intestinal morphology and immunological parameters in 13 to 35kg pigs. *Animal (2016), 10:11, pp 1812–1820.*

-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., FERNANDEZ J., FALCAO E CUNHA L., BENGALA FREIRE J.1995. *European reference method for in vivo determination of diet digestibility in rabbits. Word Rabbit Science, Volume 3 (1), 41-43.*

- PERIQUET J.C., 1998. *Le lapin: race, élevage, reproduction, hygiène et santé. Cahier de l'élevage, Rustical, France 2 p.*

-PRAZARD. R., KARIM.S.A., PATNAYAK.B.C., 1996. *Growth performance of broiler rabbits maintained on diets with varying levels of energy and protein. World Rabbit Science, 4 (2), 75-78.*

-PRUD'HON.M., VEZINHET.A., CANTIER J., 1970. *Croissance, qualité bouchères et coût de production des lapins de chair. B.T.I. 248, 203-213.*

- PRUD'HON M, CHÉRUBIN M., GOUSSOPOULOS J., CARLES ÉVOLUTION Y., 1975. *Evolution au cours de la croissance, des caractéristiques de la consommation d'aliments solide et liquide du lapin domestique nourri ad libitum. Annale zootechnique, 24 (2), 289-298.*

- PERRIER G., OUHAYOUN J., 1996. *Growth and carcass traits of the rabbit a comparative study of three modes of feed rationing during fattening. In Proc. 6th World Rabbit Congress, vol. 3, 225-232.*

- PERRIER G., 1998. *Influence de deux niveaux et de deux durées de restriction alimentaire sur l'efficacité productive du lapin et les caractéristiques bouchères de la carcasse. 7^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, 13-14 mai, Lyon, ITAVI, p179-182.*

- POISMANS R ET WITTOUCK P.J. 1986. *Effet d'une ration riche en protéines et pauvre en cellulose sur les performances de croissance, le développement des organes et la composition de la carcasse chez le lapin Blanc de Termonde. Ann Zootech, 35 (1) 61-78.*

R

-REMAS K., 2001. *Caractérisation zootechnique et hormones sexuelles chez la population locale du lapin domestique. Mémoire de magistère, ENSV, 89 p.*

-REMOIS G, ABIVEN N., LEDAN L., LAFARGUE-HAURET P., BOURDILLON A., 2000. *Effect of dietary fiber and energy content on mortality and growth performances of rabbits in case of epizootic rabbit enterocolitis. Word Rabbit Science, 8, 399-405.*

-RENOUF B., OFFNER A., 2007. Effet du niveau énergétique des aliments et de leur période de distribution sur la croissance, la mortalité et le rendement à l'abattage chez le lapin. *12^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France.*

-REN K.L., LI Y P., HU Y S., LIANG Q Z., LUO H D., 2004. Study of dietary energy and protein content for growing rex rabbits from weaning to marketing. *Proceeding, 8th World Rabbit Congress-September 7-10, 2004 Puebla, Mexique.*

-REEDS P.J., FULLER M.F, 1983. Nutrient intake and protein turnover. *Proc Nutr Soc , 1983, 42(3):463-471.*

-REEDS P.J. FULLER, M.F., CADENHEAD, A., LOBLEY, G.E., MCDONALD, J.D, 1981. Effects of changes in the intakes of protein and non-protein energy on whole-body protein turnover in growing. *Br J Nutr, 1981, 45(3):539-546.*

- ROOYACKERS O.E., NAIR, K.S., 1997. Hormonal regulation of human muscle protein metabolism. *Annu Rev Nutr, 1997, 17:457-485.*

- ROY P., FONTENIAUD J., CHARRIER J., LEBAS F., 2017. Performances de croissance et d'abattage de lapins engraisés en cages ou en parcs avec une alimentation rationnée. Effet de la distribution de foin. *17^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France.*

S

- SAIDJ D, ALIOUAT S ARABI F, KIROUANI S, MERZEM K, MERZOUUD S, MERZOUUD I ET AIN BAZIZ H. 2013. La cuniculture fermière en Algérie : une source de viande non négligeable pour les familles rurales. [*Livestock Research for Rural Development 25 \(8\).*](#)

-SALVINI S., PARPINEL M., GNAGNARELLA P., MAISSANEUVE P., TURRIN A. 1998. Banca dati di composizione degli alimenti per studi epidemiologica in Italia. Ed Istituto Superiore di oncologia.

-SCHOLAUT.W., 1982. L'alimentation du lapin. Département de nutrition alimentaire. Roche Basel, Edt, Service d'information.

-SCHEELE C.W., VAN DEN BROEK, A., HENDRICKS, F.A., 1985. Maintenance requirements and energy utilisation of growing rabbits at different temperatures. In: Proceedings of the 10th Energy Metabolism Symposium, Airle. EEAP Publication no. 32, Rowman and Littlefield, Totowa, New Jersey, USA, pp. 202–205.

- SILLENCE M.N., 1996. Evaluation of new technologies for the improvement of nitrogen utilization in ruminants. In: Kornegay E.T. (ed), Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment, 105-133.

T

- TAZZOLI M., TROCINO A., BIROLO M., RADAELLI G., XICCATO G., 2015. Optimizing feed efficiency and nitrogen excretion in growing rabbits by increasing dietary energy with high-starch, high-soluble fibre, low-insoluble fibre supply at low protein levels. *Livestock Science*, V (172), pp 59-68.

-TAVARES F.L., SOUSA-E-SILVA M.C.C., SANTORO M.L., BARBARO K.C., REBECCHI I.M.M., SANO-MARTINS I.S., 2004. Changes in hematological, hemostatic and biochemical parameters induced experimentally in rabbits by *Loxosceles gaucho* spider venom. *Hum. Exp. Toxicol.*, 23: 477-486.

-THEAU-CLEMENT M., FORTUN-LAMOTHE L., 2005. Evolution de l'état nutritionnelle des lapines allaitantes après la mise bas et relation avec leur fécondité. *11èmes journées de Recherche Cunicole. Paris, France, 29-30 Novembre 2005, 111-114.*

- TROCINO A., XICCATO G., SARTORI A., QUEAQUE, P I., 2000. Feeding plans at different protein levels: effects on growth performance, meat quality and nitrogen excretion in rabbits. *World Rabbit Science 8 (Suppl. 1), 467-474.*

- TROCINO A., XICCATO G., SARTORI A., QUEAQUE, P.I., 2001. Phase feeding plans based on low protein diets in growing rabbits. In: Proceedings XIV Congresso Nazionale ASPA, Firenze. ASPA Publishing, Firenze, Italy, pp. 430–432.

-TUFARELLI V., DESANTIS S., ZIZZA S., LAUDADIO V., 2010. Performance, gut morphology, and carcass characteristics of fattening rabbits as affected by particle size of pelleted diets. *Arch. Anim. Nutr.* 64:373–382.

- TUDELA F., LEBAS F., 2006. Modalités du rationnement des lapins en engraissement. Effets du mode de distribution de la ration quotidienne sur la vitesse de croissance, le comportement alimentaire et l'homogénéité des poids. *Cuniculture Magazine, Volume 33 (année 2006) pages 21 à 27.*

- TESSERAUD S., 1995. Métabolisme protéique chez le poulet en croissance. Effet des protéines alimentaires. *INRA Prod, Anim*, 1995, 8 (3), 197-212.

- TESSERAUD S., TEMIM S., BIHAN-DUVAL LE., CHAGNEAU A.M., 2001. Increased responsiveness to dietary lysine deficiency of pectoralis major muscle protein turnover in broilers selected on breast development. *J Anim Sci*, , 79(4):927-933.

V

-VERDELHAN S., BOURDILLON A., RENOUF B, AUDOIN E. 2005. Effet de l'incorporation de 2% d'huile de lin dans l'alimentation sur les performances zootechniques et sanitaires de lapins en croissance. 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 Novembre 2005 Paris.

- VILLALOBOS O., GUILLEN O. , GARCIA J., 2008. Effect of cage density on performance of fattening rabbits under heat stress. 9th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy.

- VIGNOLA C., 2002. Science et technologie du lait : transformation du lait. Fondation de technologie laitière du Québec. Ed. Presses internationales polytechniques. 600 p.

- VILLAMIDE M.J., MAERTENS L., DE BLAS J.C., PEREZ, J.M., 1998. Feed formulation. In: de Blas, C. and Wiseman, J. (eds) The Nutrition of the Rabbit. *CABI Publishing, Wallingford, UK*, pp. 89–101.

W

-WANG. XUEPENG, MINGWEN MA., LIANGZHAN SUN., CHUNYANG WANG., YANL ZHU., FUCHANG LI., 2012. Effects of different protein, fibre and energy levels on growth performance and the development of digestive organs in growing meat rabbit. *Proceedings 10th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt, 641- 645.*

- WU L.P., SEEMA B., HUANG D., 2016 - The contribution of Chinese rabbit industry and its sustainable development. *Proceedings 11th World Rabbit Congress - June 15-18, 2016 - Qingdao - China. 1017 – 1020.*

X

- XICCATO G., PARIGI BINI R., CINETTO M., DELLE ZOTTE A., 1992. The influence of feeding and protein levels on energy and protein utilization by rabbit does. *Journal of Applied Rabbit Research* 15; 965 – 972.

-XICCATO G., PARIGI BINI R., DALLE ZOTTE A., CARAZZOLO, A., COSSU, M.E., 1995. Effect of dietary energy level, addition of fat and physiological state on performance and energy balance of lactating and pregnant rabbit does. *Animal Science* 61, 387–398.

-XICCATO, G., TROCINO, A., FRAGKIADAKIS, M. AND MAJOLINI, D., 2007. Enquête sur les élevage de lapins en Vénétie: résultats de gestion technique et estimation des rejets azotés. *In: Proceedings 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole. Le Mans, France, pp. 167–169.*

- XICCATO, G., TROCINO, A. AND NICODEMUS, N., 2006. Nutrition of the young and growing rabbit: a comparative approach with the doe. In: Maertens, L. and Coudert, P. (eds) Recent Advances in Rabbit Science. Belgium, pp. 239–246.

-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.*

Y

-YAMANI KA., AYYAT M.S., BASSUNG. S.M., RASHWAN.A.A. ET ABDELLA.M.A., 1994. *Additionnal energy supplement in the diet for fattening rabbits. CIHEAM- Options Méditerranéennes, p, 223-230.*

- YESMIN S., UDDIN ME., CHACRABATI R., AL-MAMUN M., 2013. Effect of methionine supplementation on the growth performance of rabbit. *Bang. J. Anim. Sci.* 2013. 42 (1): 40-43.

Z

-ZERROUKI, N., BOLET, G., BERCHICHE, M.; LEBAS, F., 2001. Caractérisation d'une population locale de lapins en Algérie: performances de reproduction des lapines. *9^{èmes} journées de la recherche cunicole. Paris, 28-29 Nov: 163-166.*

-ZERROUKI N. , BOLET G. , BERCHICHE M. , LEBAS F., 2004. Breeding performance of local kabylian rabbits does in algeria. *Proceedings , 8th World Rabbit Congress –September 7-10, 2004 – Puebla, Mexico.*

-ZERROUKI N., KADI. S. A ., BERCHICHE M.,. BOLET G., 2005. Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. *11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris.*

ANNEXE





Photo1



Photo 2



Photo 4



Photo 5





Photo 7



Photo 8



Photo 9



Photo 10



Photo 11



Photo 12



Photo 13



Photo 14

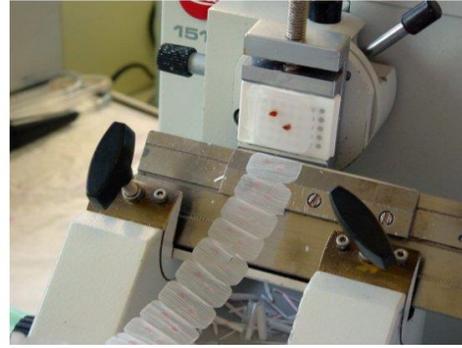


Photo15



Photo16

Estimation de l'énergie digestible pour la croissance du lapin local de l'ESSAI 1

Données :

Age à 42 jours = 1,11 kg

Age à l'abattage = 2,80 kg

Gain de poids en carcasse = 1,08 kg

Composition de la carcasse = 610g/kg en eau ; 210 g/kg en protéines ; 150g/kg en gras ; 30g/kg en matières minérales.

Valeur calorique des protéines du corps = 5 kcal/kg

Valeur calorique du gras du corps = 8 kcal/kg

Energie digestible recommandée pour l'entretien = $102 \text{ kcal/j/P}^{0,75}$

Efficacité d'utilisation de l'énergie digestible pour les protéines retenues =

0,40 Efficacité d'utilisation de l'énergie digestible pour le gras retenu = 0,65

Concentration en énergie digestible = 2460 kcal/kg MS

Données calculées :

Gain de poids par jour = 34 g

Gain de poids carcasse vide = $1,08 \times 34 \text{ g/j} = 36,7 \text{ g/j}$

Gain en protéines = $36,7 \text{ g/j} \times 0,21 \text{ g en protéines} = 7,70 \text{ g/j}$

Gain en gras = $36,7 \text{ g/j} \times 0,15 \text{ g de gras} = 5,50 \text{ g/j}$

Poids moyen métabolique = $((1,11 + 2,80)/2)^{0,75} = 1,65 \text{ kg PV}^{0,75}$

Energie retenue pour les protéines = $7,70 \text{ g/j} \times 5 \text{ kcal/kg} = 38,5 \text{ kcal/j}$

Energie retenue pour le gras = $5,50 \text{ g/j} \times 8 \text{ kcal/k} = 44 \text{ kcal/j}$

Energie retenue pour la croissance = $38,5 + 44 = 82,5 \text{ kcal/j}$

Energie digestible recommandée pour la croissance :

Energie digestible recommandée pour l'entretien = $102 \text{ kcal/j/kg P}^{0,75} \times 1,65 \text{ kg PV}^{0,75} = 168$

kcal/j Energie digestible recommandée pour l'énergie retenue pour les protéines = $38,5 \text{ kcal/j} \times 0,40 = 15,4 \text{ kcal/j}$

Energie digestible recommandée pour l'énergie retenue pour le gras = $44 \text{ kcal/j} \times 0,65 = 28,6 \text{ kcal/j}$

Energie digestible recommandée pour la croissance = $15,4 \text{ kcal/j} + 28,6 \text{ kcal/j} = 44$

kcal/j Energie digestible totale recommandée : $168 \text{ kcal/j} + 44 \text{ kcal/j} = 212 \text{ Kcal/j}$

Estimation de l'énergie digestible pour la croissance du lapin local de l'ESSAI 3

Données :

Age à 42 jours d'âge= 0,755 kg

Age à l'abattage =2,30 kg

Gain de poids en carcasse= 0,97

Composition de la carcasse= 610g/kg en eau ; 210 g/kg en protéines ; 150g/kg en gras ; 30g/kg en matières minérales.

Valeur calorique des protéines du corps= 5kcal/kg

Valeur calorique du gras du corps= 8 kcal/kg

Energie digestible recommandée pour l'entretien = 102 kcal/j/P^{0,75}

Efficacité d'utilisation de l'énergie digestible pour les protéines retenues = 0,40 Efficacité d'utilisation de l'énergie digestible pour le gras retenu= 0,65

Concentration en énergie digestible (ED)= 2460 kcal/kg MS

Données calculées :

Gain de poids par jour = 32 g

Gain de poids en carcasse= 0,97 x 32 g/j = 31,0 g/j

Gain en protéines = 31,0 x 0,21 = 6,51 g/j

Gain en gras= 31,0 x 0,15= 4,65 g/j

Poids moyen métabolique= ((0,755+2,30)/2)^{0,75} = 1,37 kg PV^{0,75}

Energie retenue pour les protéines= 6,51 g/j x 5 kcal/kg =32,55 kcal/j

Energie retenue pour le gras= 4,65g/j x 8 kcal/k= 37,2 kcal/j

Energie retenue pour la croissance= 32,5 + 37,2= 69,7 kcal/j

Energie digestible recommandée pour la croissance :

Energie digestible recommandée pour l'entretien = 102 kcal/j /kg P^{0,75} x 1,37 kg PV^{0,75} = 139 kcal/j Energie digestible recommandée pour l'énergie retenue pour les protéines = 32,55 kcal/j x 0,40= 13,02 kcal/j

Energie digestible recommandée pour l'énergie retenue pour le gras = 37,2 kcal/j x 0,65 = 24,18 kcal/j

Energie digestible recommandée pour la croissance= 13,02 kcal/j + 24, 18 kcal/j = 37,2 kcal/j Energie recommandée totale 139 kcal/j+37,2 kcal/j= 176,2 kcal/j