



## THESE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat Es-Sciences

En Sciences Vétérinaires

### Thème :

**Alimentation des Lapines Locales en Conditions de  
Production Algériennes :  
Etude des Besoins en Energie et en Protéines.**

Présentée par : **Dr SAIDJ-BOUABSA Dahia**

### Membres du jury :

Mme TEMIM S.	Professeure	Présidente	ENSV-Alger
Mme AINBAZIZ H.	Professeure	Promotrice	ENSV-Alger
Mr KHELLEF D.	Professeur	Examineur	ENSV-Alger
Mr KADI S.A.	Maître de conférences A	Examineur	UMM-Tizi Ouzou
Mme MEFTI H.	Maître de conférences A	Examinatrice	USD-Blida
Mme BOUMAHDHI Z.	Maître de conférences A	Examinatrice	USD-Blida
Mr BERCHICHE M.	Professeur	Membre invité	UMM-Tizi Ouzou

Soutenue le 15 décembre 2016

## Remerciements

Je tiens d'abord à remercier ma directrice de thèse, **Mme AINBAZIZ Hacina**, Professeure à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger, pour avoir accepté d'encadrer cette thèse, pour la confiance qu'elle a eu en moi en acceptant de m'encadrer après avoir erré lors de mes premières inscriptions, de m'avoir intégré dans le laboratoire de recherche, pour tout le temps qu'elle m'a consacré et pour ses précieux conseils et orientations dans la recherche ou autre me permettant d'apprendre et d'évoluer sans cesse.

Je tiens à remercier les membres du jury :

Mme TEMIM Soraya, Professeure à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger, pour avoir accepté de présider le jury. Merci de m'avoir encouragé tout au long de cette période et de m'avoir souvent conseillé et proposé de l'aide.

Mr KHELLEF Djamel, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger, pour avoir accepté d'examiner cette thèse.

Mr KADI Si Ammar, Maîtres de conférences à l'université Mouloud MAMMARI de Tizi Ouzou pour avoir accepté d'examiner cette thèse. Merci pour votre soutien, pour vos encouragements et pour votre aide si précieuse depuis mes premiers pas dans la recherche cunicole, à ce jour.

Mme MEFTI Hakima, Maîtres de conférences à l'université SAAD DAHLEB de Blida, pour avoir accepté d'examiner cette thèse. Si je suis arrivée à ce stade, c'est bien grâce à votre initiation à la recherche, en collaboration avec Mr KAIDI Rachid, Professeur à l'université SAAD DAHLEB de Blida. Merci pour votre soutien et vos encouragements. Votre présence dans ce jury est un Honneur pour moi.

Mme BOUMAHDHI Zoubeida, Maîtres de conférences à l'université SAAD DAHLEB de Blida, pour avoir accepté d'examiner cette thèse et de m'honorer par votre présence malgré les circonstances. Votre dévouement restera toujours l'exemple pour tous.

Mr BERCHICHE Mokrane, Professeur à l'université Mouloud MAMMARI de Tizi Ouzou, pour m'avoir fait honneur d'accepter notre invitation dans le jury. Merci pour la simplicité qu'il a eu à céder mon encadrement pour une meilleure fluidité d'évolution de mes travaux de thèse.

Je tiens aussi à remercier :

Mr MOULA Nassim, Assistant au doyen de la faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège. Merci Nassim, tu m'as tant conseillé et aidé. Merci pour ta patience, ta disponibilité malgré tes occupations permanentes et merci pour ton amitié, tu ne sais jamais dire non..... Je ne te remercierai jamais assez.

Mme ILES Iméne, Maîtres de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger pour ses encouragements, ses précieux conseils, pour les lapines qu'elle a bien fait grandir pour l'une de mes expérimentations, pour le clapier de l'ENSV qu'elle avait pris le soin de mettre en place, pour son aide lors des premières mises bas du deuxième essai. Nos discussions, longues qu'elles soient, ne sont que fructueuses, Merci Iméne.

Je voudrai exprimer ma gratitude à tout le personnel et le corps enseignant du département des productions animales de la faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège :

- Mr LEROY P. Professeur et doyen de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège pour m'avoir accueilli dans son service et de m'avoir considéré comme l'une de leur doctorantes tout au long de mes séjours.
- Pr HORNICK J.L., Professeur à la faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège. Merci pour tous les moments que vous m'avez consacré à corriger l'article et à discuter des bases de la nutrition, pour les analyses effectuées dans votre laboratoire de nutrition ainsi qu'aux analyses effectuées dans le laboratoire de nutrition de l'université de Gembloux. Travailler avec vous est un immense Honneur.
- Pr FARNIR F. et Dr ANTOINE-Mousseaux N. pour leurs remarques pertinentes lors du séminaire interne des doctorants du Département des Productions Animales.

Ce travail ne serait pas ce qu'il est sans l'aide de plusieurs personnes, ne serai ce que par des encouragements, je citerai :

Mme FORTUN-LAMOTHE Laurence pour ses précieuses orientations lors de la préparation du protocole expérimental. Votre unique mail était d'une richesse scientifique de base pour la mise en place des travaux de thèse.

Merci à mes collègues qui ont contribué chacun à sa manière à la réalisation de ce travail, , Dr SALHI O. pour sa participation à la première partie effectuée à l'ITELv, Dr DAHMANI Y. pour son aide et d'avoir partagé les soucis du clapier de l'ENSV, Dr BOUDJELLABA S. pour le spectrophotomètre, Mimi du service de biochimie pour m'avoir initiée aux techniques d'analyses, Dr AMMOUR M. et Dr SNACEL F. pour leur aide dans la première partie de l'analyse biochimique, Mr KADDOUR R. pour ses différentes contributions que je ne pourrai énumérer, Mr SAADI A. et Louiza pour m'avoir dépanné de consommables et le petit matériel, Dr BERRAMA Z. pour son soutien quotidien, nous avons tant partagé ensemble, Dr MEZALI L. qui n'a cessé de m'encourager et pour son aide dans le laboratoire, Dr SOUAMES S. pour ses conseils et son soutien. Votre réussite ne fera qu'accentuer cette joie de finaliser cette thèse.

Merci à Mr Boudjenah d'avoir accepté, malgré tout, de nous avoir prêté le bâtiment cunicole de l'ITELv pour le déroulement de la première expérimentation.

Merci à tous ceux qui ont collaboré à l'analyse des aliments et des crottes, je citerai : Melle CHIRANE et Mme BENALI de l'ENSV, Samia de l'ITELv, Mr HORNICK, Mr MOULA, ainsi que le personnel du laboratoire de nutrition de l'université de Gembloux, Belgique.

Merci à André pour son aide précieuse dans la correction de l'anglais lors de la préparation de l'article. Merci à Godelieve pour m'avoir confié sa maison.

Merci à Mr MOUNIR, Abd Rezak et Adel, qui sans eux, ce travail ne serait pas ce qu'il est aujourd'hui. Leur aide était d'une grande utilité pour maintenir le clapier de l'ENSV dans les meilleures conditions.

Merci à TOUS les bibliothécaires de l'ENSV pour leur gentillesse et leur sourire permanent, je citerai Wassila, Hamid et Djamila.

Merci à Mr SAOUDI pour les lapines de Coopapist et Mr BENABIDI pour avoir respecté les formules de la fabrication des aliments expérimentaux.

Je ne pourrai rédiger cette partie des remerciements sans penser très fort à MES PARENTS et leur exprimer ma profonde reconnaissance, eux avec qui le cordon ombilical est ETERNEL. Je ne pourrai avancer sans leur amour, leur confiance et leur soutien tout au long des périodes difficiles vécues. Merci à mon frère, mes sœurs, mon oncle et mes grands-mères qui n'ont ménagé d'aucun effort pour m'encourager pendant ce long parcours.....

Mes filles NELYA et ANYA sont nées et ont grandi lors de la réalisation des travaux de cette thèse. J'espère qu'un jour, elles me pardonneront les moments que je passais dehors ou en face de l'ordinateur croyant que je préférais cela que de leur consacrer du temps. Pardonnez moi, si je l'ai fait c'est parce que vous êtes MON BONHEUR, MA RESSOURCE et MA VIE....

Enfin, je ne saurai comment remercier MON MARI, celui qui m'a soutenu pendant les moments les plus difficiles de ma vie professionnelle. Ta présence est sans doute la meilleure chose qui m'est arrivée. Merci pour ta patience dans les moments les plus difficiles, tu as toujours pu trouver les mots pour me reconforter et me remonter le moral lorsqu'il le fallait, Dieu sait que ces moments étaient nombreux. Merci pour ton aide dans la réalisation de cette thèse et ta présence quotidienne au clapier de l'ITElv. Tu étais, l'ouvrier, le bricoleur, l'étudiant, le chercheur.... l'informaticien à domicile.....mon binôme. Sans toi, cette thèse n'y serait pas.

## Dédicaces

*Cette thèse est dédiée:*

*- A mon mari Belkacem et à nos enfants : Nelya et Anya  
pour votre amour, votre patience, votre soutien et vos sacrifices.*

*- A mes parents, sachez qu'aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect  
et mes sentiments.*

*- A mes grands-mères, mes exemples de courage.*

*- A mon oncle Lounis, mon frère Aghiles, mes sœurs Tassilia et Thamila, ma  
nièce adorée Dassine et mes beaux frères Youcef et Arezki. Que notre union  
soit éternelle.*

*- A mes beaux-parents, pour m'avoir accueilli et intégré dans votre famille*

***A TOUS LONGUE VIE ET SANTE***

## Abstract

Local rabbit reared in Algeria is well adapted to the climate of the country while being characterized by a variable phenotype and prolificacy. The present thesis was carried out to study the effects of dietary energy and protein content on productive and reproductive performance of local rabbit does and their litters raised in Algerian livestock conditions during their first two lactations.

The first experimentation was carried out to study the effects of dietary digestible energy content on productive and reproductive performance of local rabbit does and their litters during their first two lactations with study their metabolic profile. A total of 75 nulliparous rabbit does were separated in three equal groups and received isoproteinous diets (15% CP) differing in their digestible energy (DE) contents viz. 2300, 2450 and 2600 kcal DE/kg for dietary groups T, A and B, respectively. Diets were supplied *ad libitum* between parturition and weaning which was performed at age 28 d. Pregnancy diagnosis was performed by abdominal palpation at 10 days post mating. To study the metabolic status of does, blood samplings were performed on days 01, 04, 12 and 19 *post partum* for each lactation, to evaluate serum metabolic parameters (glucose, total protein, urea, triglycerides and cholesterol).

Dietary energy didn't show any effects on does live weight, weight gain and milk yield, but decreased significantly ( $P < 0.001$ ) feed intake during all weeks *post partum*. Total feed intake during 28 d *post partum* were than significantly higher (7635 g for T vs. 6860 g for A vs. 5872 g for B) ( $P < 0.001$ ). We observed no significant difference between diets and parities for litter size and litter weight from birth to weaning. Milk production was on average 7.37% higher at the second parity ( $P < 0.01$ ). Litter weight was higher the two first weeks of live at the second parity ( $P < 0.05$ ). Does and their litters were more responsive to diet energy at the second parity. In the limit of this experiment, dietary energy has an influence on feed intake of local does but not on female weight and litter performance during the first two cycles of reproduction.

Biochemical results showed that the values of the various analyses blood metabolic parameters were not affected by dietary energy content, but effect of sample day were significant for glycemia, cholesterolemia and total proteinemia ( $p < 0.001$ ). Effect of parity were significant for glycemia ( $p < 0.05$ ), uremia ( $p < 0.001$ ) and total proteinemia ( $p < 0.01$ ).

The second experimentation was carried out to study the effects of dietary digestible protein content on productive and reproductive performance of local rabbit does and their litters during their first two lactations with study their metabolic profile. Fifty two (52) nulliparous local rabbit does were received one of the three experimental diets characterized by similar digestible energy (DE) content (2600 kcal/kg) and different digestible protein (DP) contents (15, 17 and 19 % DP/kg for diet L, M and H respectively). Rabbit does' weight and feed intake were controlled each week between mating and weaning. Diets were supplied individually on an *ad libitum* basis. Once a week, blood samples were collected from the margin ear vein to evaluate serum metabolites (glucose, total protein, urea, triglycerides and cholesterol).

Protein level neither showed effects on does live weight between parturition and weaning, nor on weight gain and feed intake between parturition and weaning of the two first lactations. Milk production was the same for the three treatments on the two first successive lactations. The litter's size and weight and mortality between births to weaning were not affected by the treatments. It must be mentioned that the litter size, used as covariate, affected feed intake during all period of experiment. Blood metabolites parameters analyzed were not affected by dietary protein contents except for uremia which was higher on females received higher dietary protein content ( $p < 0.01$ ). The parity effect was significant for all analyzed metabolic parameters; glycemia, triglyceridemia, cholesterolemia and total proteinemia increased and uremia decreased with parity.

**Key words:** Energy content, Protein content, Lactation, Litter, Local population, Metabolic statue, Performance, Rabbit does.

## Résumé

Le lapin local élevé en Algérie est bien adapté au climat du pays, tout en étant caractérisé par un phénotype et prolificité variables. Cette thèse a pour objectif d'étudier les effets des teneurs énergétiques et protéiques de l'aliment sur les performances productives et reproductives de la lapine locale et de leurs deux premières portées, élevés dans des conditions d'élevage algériennes.

La première expérimentation est réalisée pour étudier les effets de la teneur en énergie digestible de l'aliment sur les performances productives et reproductives de la lapine locale et de ses portées au cours de leurs deux premières lactations ainsi que l'étude du profil métabolique des lapines. Un total de 75 lapines nullipares sont réparties en trois groupes et ont reçu des aliments iso protéiques (15% CP) différant par leur teneur en énergie digestible (DE) à savoir 2300, 2450 et 2600 kcal DE / kg pour les lots T, A et B respectivement. Les différents aliments sont distribués *ad libitum* entre la parturition et le sevrage qui a été réalisée à l'âge de 28 jours. Le diagnostic de gestation a été réalisé par palpation abdominale à 10 jours après la saillie. Pour étudier l'état métabolique des lapines, des prélèvements sanguins ont été effectués à 01, 04, 12 et 19 jours *post partum* lors de chaque lactation, les paramètres métaboliques sériques sont évalués (le glucose, les protéines totales, l'urée, les triglycérides et le cholestérol). La teneur énergétique de l'aliment n'a montré aucun effet sur le poids vif, le gain de poids et la production laitière, mais a diminué de manière significative ( $P < 0,001$ ) l'ingéré alimentaire pendant toute la période *post partum*. L'ingéré alimentaire total pendant 28 jours *post partum* était significativement plus élevé (7635 g T vs 6860 g A contre 5872 g B) ( $P < 0,001$ ). Aucune différence significative n'est observée entre les traitements et entre parités concernant la taille et le poids des portées de la naissance au sevrage. La production laitière a été en moyenne 7,4% supérieure à la deuxième parité ( $P < 0,01$ ). Le poids des portées était plus élevée les deux premières semaines d'âge lors de la deuxième parité ( $P < 0,05$ ). Les lapines et leurs portées ayant reçu l'aliment le plus énergétique étaient plus sensibles lors de la deuxième parité. Dans la limite de cette expérimentation, la teneur énergétique de l'aliment a une influence sur l'ingéré alimentaire de la lapine locale sans aucune influence sur leur poids et sur les performances de ses portées pendant les deux premiers cycles de reproduction. Les résultats ont montré que les différentes valeurs des paramètres métaboliques analysées ne sont pas affectés par la teneur en énergie de l'aliment, mais l'effet du jour du prélèvement était significatif pour la glycémie, cholestérolémie et protéinémie totale ( $p < 0,001$ ). L'effet de la parité était significatif pour la glycémie ( $p < 0,05$ ), l'urémie ( $p < 0,001$ ) et la protéinémie totale ( $p < 0,01$ ).

La deuxième expérimentation a été réalisée pour étudier les effets de la teneur en protéines de l'aliment sur les performances productives et reproductives de la lapine locale et de ses portées au cours de leurs deux premières lactations, ainsi que l'étude du profil métabolique des femelles. Cinquante-deux (52) lapines locales nullipares ont reçu l'un des trois aliments expérimentaux caractérisés par une teneur énergétique (DE) similaire (2600 kcal / kg) mais une teneur en protéines digestibles (DP) différentes : 15, 17 et 19% DP / kgMS pour l'aliment L, M et H, respectivement. Le poids des lapines et leur ingéré alimentaire ont été contrôlés chaque semaine entre la saillie et le sevrage. L'aliment a été distribué individuellement et *ad libitum*. Une fois par semaine, des échantillons de sang ont été prélevés au niveau de la veine marginale de l'oreille pour évaluer les métabolites sanguins (glucose, protéines totales, urée, triglycérides et cholestérol). Le niveau protéique de l'aliment n'a eu aucun effet ni sur le poids vif des lapines entre la parturition et le sevrage, ni sur leur gain de poids ni sur l'ingéré alimentaire pendant les deux premières lactations. La production laitière est similaire pour les trois traitements sur les deux premières lactations successives. La taille et le poids des portées, ainsi que les mortalités entre la naissance et le sevrage ne sont pas affectés par les traitements. Il faut mentionner que la taille de la portée est utilisée comme covariable pour éliminer son effet. Les métabolites sanguins analysés ne sont pas affectés par les teneurs protéiques de l'aliment, à l'exception de l'urémie qui était plus élevée chez les femelles ayant reçu l'aliment le plus protéique ( $p < 0,01$ ). L'effet de la parité est significatif pour l'ensemble des paramètres métaboliques analysés; la glycémie, la

triglycémie, la cholestérolémie et la protéinémie totale ont augmenté par contre, l'urémie a diminué avec la parité.

**Mots clés:** Teneur énergétique, Teneur protéique, Lactation, Portée, Population locale, Statut Métabolique, Performance, Lapine.

# Sommaire

Abstract.....	6
Résumé.....	7
Sommaire.....	9
Liste des Figures.....	12
Liste des Tableaux.....	14
Liste des abréviations.....	17
Liste des Productions Scientifiques se Rapportant à la Thèse.....	19

<b>Introduction Générale.....</b>	<b>21</b>
-----------------------------------	-----------

## Partie Bibliographique

<b>Chapitre 1 : La Cuniculture en Algérie.....</b>	<b>26</b>
--	-----------

1-Origine du lapin.....	26
2-Le potentiel génétique en Algérie.....	27
2-1- La population locale .....	27
2-2- La population « blanche » .....	27
2-3- La souche synthétique .....	27
3-L'élevage cunicole tel qu'il existe en Algérie.....	28
3-1- L'élevage traditionnel .....	28
3-2- L'élevage rationnel .....	29
4-Caractéristiques zootechniques du lapin local en conditions d'élevage algériennes.....	31
5-Aspects organisationnels de la recherche et de la profession.....	33
6-Disponibilité et aspect économique.....	33

<b>Chapitre II : Interaction Alimentation-Reproduction chez la Lapine.....</b>	<b>35</b>
--	-----------

1- La consommation d'aliment de la lapine en reproduction (gestation et/ou lactation).....	35
2- Interactions nutrition - reproduction chez la lapine .....	36
3- Interaction des besoins entre mère et lapereaux sous la mère.....	37
4- Composition des aliments destinés à des lapines reproductrices dans les conditions européennes...39	
5-Effet de la teneur énergétique et protéique de l'aliment sur les performances de reproduction de la lapine.....	41

<b>Chapitre III : Métabolisme Energétique chez La Lapine Reproductrice .....</b>	<b>43</b>
--	-----------

1- Besoins de la lapine reproductrice .....	43
1-1- Les besoins d'entretien.....	43
1-2- Les besoins de croissance .....	44
1-3- Les besoins de gestation .....	45
1-3-1- Croissance fœtale chez le lapin.....	45
1-4- Les besoins de la lactation.....	47
1-4-1- Production laitière et composition du lait.....	47
1-5- Les besoins lors de la thermorégulation.....	50
2- Etat corporel de la lapine reproductrice .....	50
2-1- Méthodes d'évaluation de l'état corporel de la lapine .....	50
2-1-1- Méthodes in vivo .....	50
a- Méthode d'abattage .....	50
b- Méthode de mesure du gras péri-rénal par ultrason .....	51
c- Méthode TOBEC .....	51
d- Méthode de la note de l'état corporel (BCS ; Body Condition Score) .....	51
2-1-2- Méthodes des indicateurs sanguins .....	52
2-2- Evolution de l'état corporel pendant la reproduction .....	52

# Sommaire

2-2-1- Etat corporel de la lapine gestante .....	52
2-2-2- Etat corporel de la lapine allaitante .....	53
2-2-3- Etat corporel de la lapine simultanément gestante et allaitante.....	55
3- Bilan énergétique de la lapine en reproduction .....	58
3-1- Bilan énergétique de la lapine gestante.....	58
3-2- Bilan énergétique de la lapine allaitante.....	59
3-3- Bilan énergétique de la lapine gestante et allaitante.....	60
<b>Chapitre IV : Métabolisme Protéique chez La Lapine Reproductrice .....</b>	<b>62</b>
1- Besoins protéiques de la lapine reproductrice.....	63
1-1-Besoins d'entretien .....	63
1-2- Besoins de croissance .....	63
1-3-Besoins de gestation .....	64
1-4- Besoins de lactation .....	64
2- Besoins en acides aminés de la lapine reproductrice.....	65

## Partie Expérimentale

<b>Objectifs.....</b>	<b>69</b>
-----------------------	-----------

### Matériel et méthodes

Lieu et durée de l'expérimentation .....	70
Le bâtiment d'élevage 1 (ITElv).....	70
Le bâtiment d'élevage 2 (ENSV).....	72
Les animaux de l'essai 1.....	73
Les animaux de l'essai 2.....	73
Alimentation et rationnement des deux essais.....	74
Abreuvement .....	78
Conduite et suivi de la reproduction .....	78
Production laitière.....	79
Analyse des marqueurs sanguins .....	80
Les variables zootechniques analysées.....	81
Pour la femelle .....	81
Pour la portée .....	81
Pour la cage (la femelle et la portée).....	81
Méthodes de calcul des variables zootechniques analysées .....	82
Analyse des aliments expérimentaux.....	83
Analyse statistique .....	83

### Résultats et discussion

#### **Expérimentation 1 : Effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment X parité » sur les paramètres zootechniques et sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine de population locale**

I. Effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment X parité » sur les paramètres zootechniques .....	85
I.1. Evolution de l'effectif des lapines.....	85
I.2. Effet de l'aliment énergétique, la parité et leur interaction sur les performances des femelles.....	87
I.2.1. Poids vif et ingéré alimentaire des femelles .....	87
I.2.2. Production laitière.....	92

# Sommaire

I.3. Effet de l'aliment énergétique, de la parité et de leur interaction sur les performances des portées .....	97
II. Effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment X parité » sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine .....	103
II.1. Glucose.....	103
II.2. Triglycérides .....	106
II.3. Cholestérol.....	109
II.4. Protéines totales .....	111
II.5. Urée .....	114
Conclusion expérimentation 1.....	118
 <b>Expérimentation 2 : Effet de la teneur protéique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment X parité » sur les paramètres zootechniques et sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine de population locale</b>	
I. Effet de la teneur protéique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment X parité » sur les paramètres zootechniques .....	120
I.1. Evolution de l'effectif des lapines.....	120
I.2. Effet de l'aliment protéique, de la parité et de leur interaction sur les performances des femelles.....	121
I.2.1. Poids vif et ingéré alimentaire des femelles .....	121
I.2.2. Production laitière.....	126
I.3. Effet de l'aliment protéique, de la parité et de leur interaction sur les performances des portées .....	132
II. Effet de la teneur protéique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment X parité » sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine .....	138
II.1. Glucose.....	138
II.2. Triglycérides .....	141
II.3. Cholestérol.....	145
II.4. Protéines totales .....	148
II.5. Urée .....	151
Conclusion expérimentation 2.....	156
 <b>Discussion Générale.....</b>	<b>157</b>
<b>Conclusion Générale et Recommandations .....</b>	<b>162</b>
<b>Références Bibliographiques.....</b>	<b>164</b>
<b>Article Scientifique .....</b>	<b>183</b>

**Liste des Figures**

**Partie bibliographique**

**Figure 1:** Évolution de la consommation d'aliment complet équilibré par une lapine au cours d'un cycle de reproduction (Lebas, 1975, cité par Lebas, 2016).....35

**Figure 2:** Évolution de la consommation d'aliment complet équilibré par une lapine selon son rythme de reproduction (Xiccato, 1996 ; Fortun-Lamothe, 2006) .....36

**Figure 3:** Effets de la nutrition sur la reproduction : Principaux mécanismes physiologiques (Monget et Martin, 1997 cité par Fortun-Lamothe, 2003).....37

**Figure 4:** Évolution du poids d'un foetus au cours de la gestation chez le lapin (Lebas, 2016).....45

**Figure 5:** Evolution du poids de la portée pendant la gestation chez la lapine (Fortun-Lamothe, 2006).....46

**Figure 6:** Évolution au cours de la gestation du poids d'un placenta maternel et de celui du placenta fœtal correspondant (Prud'hon, 1973).....46

**Figure 7:** Longueur de la vésicule embryonnaire en fonction du stade de gestation chez la lapine (Chavatte-Palmer et *al.*, 2005).....47

**Figure 8:** Courbe de lactation de la lapine selon son état physiologique. (Lebas, 1968 et 1972).....48

**Figure 9:** Evolution de la composition du lait de la lapine au cours de la lactation (Lebas et *al.*, 1971).....49

**Figure 10:** Poids vif et composition énergétique des lapines pendant leur vie reproductive (allaitante) lors de la deuxième et troisième insémination artificielle (Bolet et Fortun-Lamothe, 2002).....54

**Figure 11:** Evolution du poids de la carcasse (à gauche) et du poids de leur tissu adipeux péri rénal (à droite) au cours de la lactation de lapines primipares (Theau-Clément et Fortun-Lamothe, 2005).....55

**Figure 12 :** Evolution du glucose, acides gras non estérifiés, insuline et glycérol des lapines simultanément gestantes et allaitantes (P+L) ou gestantes seulement(P) (Fortun, 1994).....57

**Figure 13:** Facteurs de variation du bilan énergétique des lapines (Fortun-Lamothe, 2003).....58

**Figure 14:** Balance énergétique de la lapine gestante (seconde gestation) (Fortun and Lebas, 1994a).....59

**Figure 15:** Balance énergétique de la lapine gestante, allaitante ou pas, lors de leur seconde gestation (Fortun and Lebas, 1994a).....60

**Figure 16:** Schéma du métabolisme protéique (Beaufrére, 2011) .....62

**Figure 17:** Proportion des acides aminés par rapport à l'apport en protéines brutes (CP) dans les crottes molles (Nicodemus et *al.*, 1999).....67

**Partie expérimentale**

**Figure 18 :** Le clapier de l'expérimentation(ITElv), vue de l'extérieur à gauche, vue intérieure à droite .....71

**Figure 19 :** Le clapier de l'expérimentation(ENSV), vue de l'extérieur à gauche, vue intérieure à droite.....72

**Figure 20 :** Suivi d'élevage des femelles des deux expérimentations.....79

**Figure 21 :** Analyse biochimique du sang au laboratoire de biochimie.....80

**Figure 22 :** Paramètres déterminés pendant les deux premières portées des deux essais..... 81

**Figure 23:** Evolution de la production laitière en 1<sup>ère</sup> lactation selon la teneur énergétique de l'aliment .....95

**Figure 24:** Evolution de la production laitière en 2<sup>ème</sup> lactation selon la teneur énergétique de l'aliment .....95

**Figure 25:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la glycémie (mg/dL) des lapines .....105

**Figure 26:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la triglycéridémie (mg/dL) des lapines expérimentales .....108

**Figure 27:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la cholestérolémie (mg/dL) des lapines .....110

**Figure 28:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la protéinémie (mg/dL) des lapines expérimentales.....113

**Figure 29:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur l'urémie (mg/dL) des lapines expérimentales.....116

**Figure 30:** Evolution de la production laitière en 1<sup>ère</sup> lactation selon la teneur protéique de l'aliment .....130

**Figure 31:** Evolution de la production laitière en 1<sup>ère</sup> lactation selon la teneur protéique de l'aliment .....130

**Figure 32:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la glycémie (mg/dL) des lapines .....140

**Figure 33:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la triglycéridémie (mg/dL) des lapines .....144

**Figure 34:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la cholestérolémie (mg/dL) des lapines ..... 147

**Figure 35:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la protéinémie (mg/dL) des lapines .....150

**Figure 36:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur l'urémie (mg/dL) des lapines.....154

**Liste des Tableaux**

**Partie bibliographique**

<b>Tableau 1:</b> Performances de reproduction des trois génotypes de lapin élevés en Algérie (Lebas, 2010).....	28
<b>Tableau 2:</b> Effet de l'origine de l'aliment (commercial ou expérimental) sur le GMQ des lapins des trois génotypes élevés en Algérie (Lebas, 2010).....	31
<b>Tableau 3 :</b> Prolificité de la lapine locale (Synthèse personnelle).....	31
<b>Tableau 4 :</b> Caractéristiques reproductrices et pondérales de la lapine locale (Synthèse personnelle).....	32
<b>Tableau 5:</b> Caractéristiques pondérales des lapereaux et des portées (Synthèse personnelle).....	32
<b>Tableau 6:</b> Stratégies d'alimentation en période péri-sevrage : intérêts et limites (Fortun-Lamothe et Gidenne, 2003) .....	38
<b>Tableau 7:</b> Normes nutritionnelles à respecter pour maximiser la productivité des lapines reproductrices européennes (Lebas, 2004).....	39
<b>Tableau 8:</b> Normes nutritionnelles à respecter pour maximiser la santé des lapines reproductrices (Lebas, 2004).....	40
<b>Tableau 9:</b> Tableau récapitulatif de quelques travaux sur l'effet de l'alimentation sur les paramètres zootechniques et métaboliques de la lapine en reproduction (Synthèse personnelle).....	41-42
<b>Tableau 10:</b> Besoins d'entretien en énergie digestible chez la lapine (Kj/jour/kg PV <sup>0.75</sup> ) (Xiccato et Trocino, 2010).....	44
<b>Tableau 11:</b> Composition chimique moyenne du lait de la lapine pendant une lactation complète (Boucher <i>et al.</i> , 2007).....	50
<b>Tableau 12:</b> Evolution du poids vif, du poids de l'utérus et de la composition corporelle des lapines gestantes (Parigi-Bini <i>et al.</i> , 1990a).....	53
<b>Tableau 13:</b> Effet de la composition chimique des lapines dans les première et seconde inséminations sur leur fertilité et leur prolificité. (Taghouti <i>et al.</i> , 2011).....	56
<b>Tableau 14:</b> Gain de poids corporel de la lapine pendant la gestation (Parigi-Bini <i>et al.</i> , 1990a).....	64
<b>Tableau 15:</b> Balance protéique de la lapine en première lactation selon son statut physiologique (Xiccato <i>et al.</i> , 1995).....	65
<b>Tableau 16:</b> Taux d'acides aminés à respecter dans l'aliment pour maximiser la productivité des lapines reproductrices européennes (Lebas, 2004).....	66

**Partie expérimentale**

<b>Tableau 17 :</b> Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux de l'essai 1.....	75
<b>Tableau 18 :</b> Composition chimique des aliments de l'essai 1.....	76
<b>Tableau 19 :</b> Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux de l'essai 2.....	76
<b>Tableau 20 :</b> Composition chimique des aliments de l'essai 2.....	77
<b>Tableau 21:</b> Evolution du nombre du cheptel de l'essai 1.....	86
<b>Tableau 22:</b> Paramètres de reproduction des femelles de l'essai 1.....	86
<b>Tableau 23:</b> Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur le poids vif des lapines locales (LSM ± SE).....	89
<b>Tableau 24 :</b> Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'ingéré alimentaire des lapines locales et de leurs portées (LSM ± SE).....	90
<b>Tableau 25 :</b> Effet du taux énergétique de l'aliment sur la production laitière des lapines pendant les deux premières lactations (LSM ± SE).....	94
<b>Tableau 26 :</b> Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les performances des portées (LSM ± SE).....	99-100
<b>Tableau 27:</b> Tableau récapitulatif des différents effets de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction aliment X parité sur les paramètres zootechniques étudiés....	101
<b>Tableau 28:</b> Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la glycémie des lapines (mg/dL) .....	104
<b>Tableau 29:</b> Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la triglycéridémie des lapines (mg/dL) .....	107
<b>Tableau 30:</b> Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la cholestérolémie des lapines (mg/dL) .....	109
<b>Tableau 31:</b> Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur le taux de protéines totales des lapines (mg/dL).....	112
<b>Tableau 32:</b> Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur l'urémie des lapines (mg/dL).....	115
<b>Tableau 33:</b> tableau récapitulatif des différents effets du taux énergétique de l'aliment, du jour et de la parité sur les métabolites sanguins analysés des lapines .....	117
<b>Tableau 34:</b> Evolution du nombre du cheptel de l'essai 2.....	120
<b>Tableau 35:</b> Paramètres de reproduction des femelles de l'essai 2.....	121
<b>Tableau 36:</b> Effet de la teneur protéique de l'aliment sur le poids vif des lapines locales (LSM ± SE).....	123

<b>Tableau 37:</b> Effet de la teneur protéique de l'aliment sur l'ingéré alimentaire des lapines locales (LSM $\pm$ SE).....	124
<b>Tableau 38:</b> Effet de la teneur protéique de l'aliment sur la production laitière des lapines locales pendant les deux premières lactations (LSM $\pm$ SE).....	129
<b>Tableau 39 :</b> Effet de la teneur protéique de l'aliment sur la taille et le poids des portées de la lapine locale (LSM $\pm$ SE).....	134-135
<b>Tableau 40:</b> Tableau récapitulatif des différents effets du taux protéique de l'aliment, de la parité et de leur interaction sur les paramètres zootechniques étudiés.....	136
<b>Tableau 41:</b> Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la glycémie (mg/dL) des lapines .....	139
<b>Tableau 42:</b> Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la triglycéridémie (mg/dL) des lapines .....	143
<b>Tableau 43:</b> Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la cholestérolémie (mg/dL) des lapines .....	146
<b>Tableau 44:</b> Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur le taux sanguin des protéines totales (mg/dL) des lapines .....	149
<b>Tableau 45:</b> Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur l'urémie (mg/dL) des lapines .....	152
<b>Tableau 46:</b> Tableau récapitulatif des différents effets du taux protéique de l'aliment, du jour et de la parité sur les métabolites sanguins analysés des lapines.....	155

**Liste des Abréviations**

ADF: Acid Detergent Fiber  
ADL: Acid Detergent Lignin  
Alt: aliment  
BCS: Body Condition Score  
C° : degré Celsius  
CB : Cellulose Brute  
CDA: Coefficient de Digestibilité Apparente  
cm : centimètre  
Cov. Covariance  
CP: Crude Protein  
da : dinar algérien  
dl : décilitre  
ED: Énergie Digestible  
EDa: Énergie Digestible apparente  
ENSV : Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire  
ES : Erreur Standard  
FAO: Food and Agriculture Organization  
g: gramme  
GLM : General Linear Model  
GMQ : Gain Moyen Quotidien  
h : heure  
IA : Insémination Artificielle  
INRA : Institut National de la Recherche Agronomique  
ITELv : Institut Technique des Elevages  
j: jour  
Kcal: kilocalorie  
Kg : Kilogramme  
KJ: kilojoule  
LSM : Least Square Mean (moyenne moindre carré)  
m<sup>2</sup> : mètre carré  
MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural  
MAT : Matière Azotée Totale  
MB : Mise bas  
MES : Moyenne de l'Erreur Standard  
MG : Matière Grasse  
mg : milligramme  
MJoule: Méga joule  
ml : millilitre  
mm: millimètre  
MM : Matière Minérale  
mn: minute  
MN : mortalité  
MS : Matière Sèche  
NDF: Neutral detergent fiber  
NEFA: Non Esterified Fatty Acid  
NV : taille de la portée vivante à la naissance  
NS : taille de la portée au sevrage  
NT : taille de la portée à la naissance

p: probabilité  
P: parité  
PB: Protéine Brute  
PD: Protéine Digestible (DP : Digestible Protein)  
*PP : Post Partum*  
PV: Poids Vif  
R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination  
RH : Humidité Relative  
S: Semaine  
TOBEC: Total Body Electrical Conductivity

## **Publication Internationale**

- **Saidj D.**, Ainbaziz H., Salhi O., Hornick J.L. and Moula N., **2016**. Effect of Dietary Energy on Productive and Reproductive Performance of Algerian Local Rabbit Does and Their Litters. *Animal Nutrition and Feed Technology* (2016) 16: 107-117.

## **Communications Internationales**

- **Saidj D.**, Salhi O., Temim S., Ain Baziz H., **2012**. Effects of dietary energy content on reproductive performance of local rabbit does. *10<sup>th</sup> World Rabbit Congress WRC*, September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt.
- **Saidj D.**, Salhi O., Benali N., Moula N., Temim S., AinBaziz H., **2013**. Relationship between energy content of diet and milk yield in second lactation of local rabbit does. *11<sup>th</sup> world Conference of Animal Production*, Beijing- China, October 15-20, 2013.
- Ain Baziz H., **Saidj D.**, Salhi O., Benali N., Dahmani Y., Temim S., **2013**. Does energy and protein feed intake influence milk production of local rabbit doe? *11<sup>th</sup> world Conference of Animal Production*, Beijing- China, October 15-20, 2013.
- **Saidj D.**, Salhi O., Moula N., Temim S., AinBaziz H., **2013**. Production laitière de la lapine locale pendant les deux premières lactations. *3<sup>rd</sup> scientific meeting of the faculty of veterinary medicine*, university of Liège, Belgium, October 11, 2013.
- **Saidj D.**, Ammour M., Snacel F., Salhi O., Moula N., Temim S., AinBaziz H., **2013**. Etude des paramètres biochimiques sanguins de la lapine locale primipare allaitante à J01 et J19 *post partum*. *11<sup>èmes</sup> Journées Internationales des Sciences Vétérinaires, Ressources Génétiques Animales en Algérie*, 30 novembre-01 décembre 2013.
- **Saidj D.**, Ain Baziz H., Dahmani Y., Iles I., Chirane M., Benali N., Leroy P., Moula N., **2014**. Effects of Dietary Protein Content on Reproductive Performance of Local Rabbit Does and Their Litters. *First Joint International Symposium on the Nutrition of Herbivores/International Symposium on Ruminant Physiology (ISNH/ISRP)*, Canberra, Australia, 8-12 September 2014.
- **Saidj D.**, Ainbaziz H., Dahmani Y., Iles I., Benali N., Chirane M., Moula N., **2014**. Effect of dietary protein content on second reproduction cycle of local rabbit does and

their litters. *Proceedings 5<sup>th</sup> American Rabbit Congress*, Mexico, 8-11-September 2014.

- **Saidj D.**, Ainbaziz H., Salhi O., Benali N., Leroy P., Moula N., **2014**. Effects of interaction between energy content of diet and parity on performance of local rabbit does. *Proceedings 5<sup>th</sup> American Rabbit Congress*, Mexico, 8-11 September 2014.
- **Saidj D.**, Ainbaziz H., Iles I., Hornick J.L., Moula N., **2016**. Variation of some metabolic parameters between mating and parturition of nulliparous pregnant Algerian local rabbit does. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> FARAHA-Day*, 21 October 2016, Liège - Belgium.

### **Communication Nationale**

- **Saidj D.**, AinBaziz H., Dahmani Y., Iles I., Benali N., Chirane M., Leroy P., Moula N., **2014**. Effet de la teneur protéique de l'aliment sur les performances de reproduction de la lapine locale pendant la deuxième lactation. 7<sup>èmes</sup> Journées de Recherche sur les Productions Animales, Tizi Ouzou, 10 et 11 novembre 2014.

## **Introduction Générale**

L'organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, 2013 ; 2014) recommande un apport nutritionnel en protéines animales de 20 à 25g/jour pour une personne adulte. En Algérie, ce besoin est loin d'être atteint puisqu'il est estimé à environ 16,5 g/habitant/jour pour la majeure partie de la population algérienne (Berchiche, 2003).

Diverses productions animales, faisant face chacune d'entre elles à des contraintes spécifiques, contribuent à fournir des protéines animales à la population. En effet, selon le MADR (2014), le principal cheptel produisant les protéines (pour ne citer que la viande et le lait) est estimé à près de 2 050 000 de bovins, 27 800 000 d'ovins, 5 130 000 de caprins. La production de volaille, quant à elle, totalise un tonnage de près de 400 000 tonnes de viandes blanches et 5 milliards d'œufs (MADR, 2014). Toutefois, *l'élevage du lapin* peut palier au manque et/ou la cherté de la protéine animale en Algérie, compte tenu de sa forte prolificité et sa capacité à valoriser plusieurs ressources végétales (Berchiche, 2012).

L'élevage du lapin, comme toute autre production animale, dépend globalement de quatre principales composantes qui conditionnent bien sûr sa rentabilité contextuelle : le potentiel génétique, l'alimentation, la conduite du cheptel, les conditions du milieu et la santé.

L'alimentation est l'un des facteurs qui affectent la production et la reproduction du lapin (Castellini et al., 2010). C'est une problématique complexe pour les éleveurs car ils doivent à la fois, par la qualité et/ou la quantité de l'aliment, répondre aux besoins nutritionnels d'entretien, de croissance et de reproduction des animaux, assurer la qualité des produits pour la consommation humaine, mais aussi, optimiser les coûts de production. Selon Phocas et al. (2014), le coût de l'alimentation varie de 25 à 70% du coût total de production selon les systèmes utilisés pour chaque filière.

Selon une synthèse effectuée par Berchiche et *al.* (2012), globalement, la cuniculture Algérienne nécessite une utilisation de reproducteurs améliorés et un aliment granulé de qualité pour être rentable. Plusieurs auteurs ont étudié l'influence de l'alimentation sur la croissance du lapin local en conditions algériennes, mais encore plus, ont valorisé des matières premières disponibles (tel que le foin de sulla, les feuilles de roseaux et de figuiers) pour minimiser les importations de ses dernières et enfin les substituer définitivement (Kadi, 2012).

### *Contexte de nos travaux...*

Très peu de travaux ont étudié l'effet de l'alimentation sur la reproduction et les performances des femelles locales élevées dans les mêmes conditions. Il nous a paru intéressant et nécessaire d'étudier l'effet de l'aliment sur les performances de ces dernières ainsi que de leurs portées avant le sevrage.

C'est dans ce contexte que s'inscrit nos travaux de thèse visant l'étude de l'alimentation des lapines reproductrices pour répondre à leurs besoins selon le stade physiologique, vu la spécificité de pouvoir mener simultanément une gestation et une lactation.

Selon Pascual et *al.* (2003) et Maertens et Coudert (2006), de nombreux travaux de recherche se rapportant aux besoins nutritionnels des lapines reproductrices ont été menés ces derniers temps sur les races européennes et les souches améliorées, montrant ainsi l'importance des besoins de la lapine en énergie digestible et en protéines digestibles pendant la reproduction (Parigi-Bini et Xiccato, 1993).

La lapine est fréquemment gestante et allaitante simultanément. Ces deux fonctions sont très coûteuses du point de vue énergétique et protéique afin de subvenir aux besoins liés à l'entretien, à la croissance, au développement fœtal et à la production laitière. Mais, l'ingéré alimentaire devient le facteur limitant pour combler ses besoins nutritifs (Xiccato, 1996; Xiccato *et al.* 2004), car la capacité d'ingestion de la lapine primipare n'est pas à son maximum et qu'à ce stade physiologique cette dernière n'a pas accompli sa croissance (Fortun-Lamothe, 2006). Arias-Alvarez et *al.* (2009) ont observé une augmentation très rapide de l'ingéré alimentaire (entre 60-

75%) juste après la parturition, qui demeure insuffisante pour combler ses différents besoins nutritionnels cités auparavant.

Par conséquent, la balance énergétique est négative pendant la lactation (Partridge *et al.*, 1986; Parigi Bini et Xiccato, 1998; Pascual *et al.*, 2000; Xiccato *et al.*, 2004) chez la lapine primipare allaitante et gestante (Parigi-Bini *et al.*, 1990). Ce déficit s'accroît durant la deuxième moitié de la lactation (Xiccato *et al.*, 2004) et devient plus important pendant le pic de lactation, au point où la lapine mobilise près de 25 à 30% de ses réserves corporelles (Xiccato *et al.*, 1995). Selon Partridge *et al.* (1986), ce déficit engendré diminue tout de même avec le nombre de parités. Cette mobilisation des réserves corporelles est néfaste pour la reproduction de la femelle (Xiccato *et al.*, 1999). Gidenne *et al.*, (2013) soulignent qu'une réduction des apports nutritionnels, particulièrement les apports énergétiques, peut entraîner une baisse des performances de reproduction et de la production laitière, mais surtout une détérioration de l'état corporel de la femelle qui puise dans ses propres réserves corporelles pour satisfaire ses besoins. Ce qui se répercuterait sur leur productivité, mais pourrait aussi affecter la conformation corporelle et les performances reproductrices de la lapine.

Dans nos conditions d'élevage, la disponibilité d'un l'aliment unique ne peut satisfaire des besoins cumulés chez la lapine locale reproductrice, particulièrement la primipare.

***Une question s'impose : qu'en est il de la régulation de l'ingéré alimentaire et de la répartition des apports énergétiques et protéiques de la lapine locale en reproduction ?***

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet de la teneur énergétique et protéique de l'aliment distribué à des lapines locales nullipares, mises en place dans des conditions d'élevages algériennes. Aussi, les deux premières parités sont prises en considération. Les paramètres zootechniques des lapines et de leurs portées sont suivis. Le profil métabolique des femelles est étudié afin d'expliquer et de mieux comprendre la physiologie de la nutrition de la lapine locale en reproduction.

Pour cela, deux grandes parties se distinguent :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur la physiologie et la nutrition de la lapine reproductrice et l'interaction alimentation reproduction. Elle comprend deux chapitres, l'un traitant des besoins énergétiques et l'autre des besoins protéiques de la lapine pour chaque stade physiologique.
  
- La deuxième partie comprend la description des conditions expérimentales, suivie par la présentation et la discussion des résultats pour chacune des deux expérimentations effectuées.
  - La première expérimentation a pour objectif l'étude de l'effet du taux énergétique de l'aliment sur les paramètres de production des lapines locales et de leurs portées, ainsi que sur les paramètres métaboliques des mères.
  - La deuxième expérimentation a pour but l'étude de l'effet du taux protéique de l'aliment sur les paramètres de production des lapines locales et de leurs portées, ainsi que sur les paramètres métaboliques des mères.

Enfin, une discussion et une conclusion générale s'ensuivent et des recommandations sont émises pour une meilleure stratégie alimentaire des lapines locales élevées dans les conditions algériennes.

# **Partie**

# **Bibliographique**

## La Cuniculture en Algérie

Le lapin domestique *Oryctolagus cuniculus* est une espèce qui a demeuré en Algérie depuis des siècles avec des caractéristiques productives moyennes, hétérogènes mais surtout a acquis une bonne adaptation au climat local. Cet élevage était vraiment marginalisé jusqu'aux années 80, période à partir de laquelle l'état a eu recours à l'importation de souches pour améliorer ce type de production, vu que cet animal est très prolifique, ayant un cycle de reproduction très court.

### 1- Origine du lapin

Le lapin est un mammifère très prolifique originaire de la péninsule ibérique et du sud de la France. Sa domestication a été réalisée au cours du Moyen Age, conduisant au fil du temps, à la maîtrise de son élevage et à l'amélioration de ses performances notamment, son poids appréciable (5-6 kg) comparé au lapin sauvage d'origine "*Oryctolagus cuniculus*" qui pesait en moyenne 1,5 kg à l'âge adulte.

La diffusion de l'élevage du lapin domestique en dehors de l'Europe est récente et a atteint l'Afrique du nord il y a deux ou trois siècles. Compte tenu de ses origines géographiques, le lapin s'est adapté au climat du pourtour méditerranéen, notamment en Algérie, avec des étés chauds et secs et des hivers froids et à la variabilité des ressources fourragères dans cette zone (Lebas, 2008).

En Algérie, la cuniculture traditionnelle basée sur des animaux locaux a toujours existé dans les familles rurales (Berchiche et Lebas, 1994). Mais au cours des années 1980, l'état a introduit des reproducteurs hybrides (Hyplus) de France afin de promouvoir cette filière et de moderniser l'élevage. Cette initiative n'a pas abouti à des résultats probants vus le fort taux de mortalité et des performances de croissance médiocres enregistrés dans les élevages, liés principalement à une alimentation déséquilibrée (Berchiche et Lebas, 1990).

A partir des années 1990, l'activité cunicole est de nouveau relancée mais avec une stratégie basée sur l'utilisation de reproducteurs issus de la population locale, d'un aliment industriel de qualité et de bâtiments équipés de moyens adéquats (Berchiche et *al.*, 2000).

## **2- Le potentiel génétique en Algérie**

Alors que le potentiel génétique du lapin s'améliore constamment à l'échelle mondiale, en Algérie, l'élevage cunicole utilise deux catégories de lapin appelées communément « populations » et une souche synthétique.

**2-1- La population locale** résulte d'un brassage fait anarchiquement, entre le lapin autochtone et des races introduites à partir des années 1970, telles que le Fauve de Bourgogne, le Néo-Zélandais, et le Californien, et avec les souches hybrides blanches entre 1980 et 1985. Elle présente une diversité du point de vue couleur de la robe, et plusieurs phénotypes de couleur peuvent être trouvés (Lounaouci, 2001 ; Berchiche et Kadi, 2002 ; Zerrouki et *al.*, 2005). Cette population présente un niveau de performances constant mais très hétérogène durant plusieurs années (Gacem et Bolet, 2005).

**2-2- La population « blanche »** issue « d'hybrides commerciaux » importés de France au cours des années 1980. En l'absence d'un apport extérieur à partir des lignées parentales le remplacement des reproducteurs a été effectué sur place, en choisissant parmi les sujets destinés à la boucherie. Cette population présente une robe uniforme de couleur blanche (Zerrouki et *al.*, 2007 ; Lounaouci et *al.*, 2012).

**2-3- La souche synthétique** est le résultat de travaux d'amélioration génétique basés sur des croisements entre la population locale et les lignées étrangères INRA 2066, permettant d'améliorer les performances de la population locale (Gacem et *al.*, 2005 ; 2008).

Une comparaison des performances de reproduction entre les trois génotypes élevés dans des conditions algériennes, indique que les lapines adultes de la souche synthétique sont plus lourdes que les lapines des deux populations incluses dans la comparaison. Aussi, la souche synthétique produit plus de lapereaux sevrés par unité

de temps en raison d'une prolificité et d'une fertilité améliorées par le croisement (Lebas, 2010) (Tableau 1).

**Tableau 1:** Performances de reproduction des trois génotypes de lapin élevés en Algérie (Lebas, 2010).

	Souche Synthétique	Population Blanche	Population Locale
Poids des lapines g	<b>3633 a</b>	3434 b	3278 c
Réceptivité(%)	<b>64.5 b</b>	69,2 a	64.0 b
Fertilité (%)	<b>51,0</b>	52,0	51,0
Nés totaux / Mise Bas	<b>9,50 a</b>	7,42 b	6,75 c
Nés vivants / Mise Bas	<b>8,74 a</b>	6,84 b	6,23 c
Sevrés / sevrage	<b>7,08 a</b>	6,09 b	5,45 c
Poids indiv. Naiss. g	<b>54 b</b>	62 a	61 a
Poids indiv. Sevrage g	<b>553 b</b>	554	565

D'autres travaux, à titre expérimental, ont été effectués pour créer des lignées sélectionnées selon les critères de reproduction et de croissance par Mefti-Korteby et *al.* (2012) et ont souligné la grande hétérogénéité du cheptel, critère favorisant la sélection en lignées.

### 3- L'élevage cunicole tel qu'il existe en Algérie

L'élevage du lapin est caractérisé par deux systèmes distincts, le système traditionnel et le système rationnel.

#### 3-1- L'élevage traditionnel

Une des caractéristiques de l'élevage du lapin est la possibilité de chacun d'élever quelques lapins pour l'autoconsommation. Les lapins y sont souvent élevés de manière extensive. Très développée dans le monde, cette production est une production vivrière et fréquente de plusieurs familles des zones rurales, mais cette dernière rend difficile l'estimation de la production et de la consommation réelles de viande.

En Algérie, ce type d'élevage est constitué de 5 à 8 lapines, plus rarement 10 à 20 (Djellal *et al.*, 2006), localisés en milieu rural ou à la périphérie des villes. Djellal *et al.* (2006) ont retrouvé des élevages de 1 à 4 femelles dans la région de Tizi Ouzou, essentiellement conduit par des femmes (66%). Leur orientation principale est l'autoconsommation, qui représente 66% de la production traditionnelle mais les excédents sont vendus sur les marchés.

Les animaux utilisés sont de race locale, ils sont logés dans des vieux locaux récupérés et quelquefois dans des bâtiments traditionnels aménagés spécialement à cet élevage (Boumahdi-Merad *et al.* (2015). L'alimentation est, presque exclusivement, à base d'herbe et de sous produits domestiques (les végétaux et les restes des tables) quelquefois complétés avec du son ou de l'orge (Djellal *et al.*, 2006 ; Saidj *et al.*, 2013), ce qui est commun à plusieurs contrées dans le monde (Finzi, 2006). Ainsi, l'alimentation fermière entraîne une faible croissance chez le lapin en croissance (GMQ : 12,5g/jour) comparativement au lapin recevant un aliment commercial (GMQ moyen : 22,6g/jour) (Djellal *et al.*, 2006 ; Lakabi *et al.*, 2004).

### **3-2- L'élevage rationnel**

Dans les pays industrialisés, la production de lapin actuelle se fait dans de grands ateliers industriels (Azard, 2006). L'élevage rationnel est caractérisé par un fonctionnement complètement planifié. Les lapines sont conduites en bande, et donc toutes les interventions dans l'élevage sont synchronisées avec l'avantage d'avoir des animaux au même stade physiologique, et donc les mêmes besoins qu'ils soient alimentaires ou autres (Coutelet, 2012).

En Algérie, ces élevages ont été au départ subventionnés par l'état pour un bon départ mais qui n'ont malheureusement pas réussi. Dans ces élevages, les animaux étaient généralement des hybrides importés de France ou de Belgique, mais leur adaptation s'est souvent révélée difficile à cause des conditions climatiques et de l'alimentation locale (Berchiche, 1992).

Actuellement, la population locale algérienne est utilisée dans des élevages rationnels et donne de meilleurs résultats que ceux obtenus dans les conditions

traditionnelles. Berchiche *et al.* (2000) et Berchiche et Kadi (2002) indiquent que la production est de 25 lapereaux /femelle /an et soulignent que ces animaux avaient:

-Une prolificité moyenne par rapport aux souches et lignées étrangères

-Une vitesse de croissance très réduite avec un poids du lapereau sevré à 28 jours d'âge de 350-380g.

-et une bonne adaptation aux conditions climatiques locales.

Ces dernières années, ces élevages, certes bien moins nombreux que les élevages traditionnels, compenseraient leur productivité par leur taille, avec un nombre de femelles tout de même qui ne dépasse pas la centaine contrairement aux élevages rationnels européens. En effet, en France par exemple, la très grande majorité des élevages comprend entre 300 et 800 lapines (Azard, 2006). Berchiche *et al.* (2012) ont confirmé la multiplication de ses élevages précisant l'utilisation exclusive de lapin de population locale. Cela a été encouragé par la disponibilité de l'aliment industriel ainsi que le matériel d'élevage. Malgré toutes les difficultés rencontrées, l'éleveur algérien a pu acquérir une expérience dans ce domaine et utiliser des techniques modernes, tel que l'utilisation de l'insémination artificielle, ce qui a été constaté dans l'un des élevages cunicoles dans la région de Tizi Ouzou (une pratique devenue exclusive en Europe depuis un bon moment).

Par ailleurs, selon Lebas (2010), l'utilisation de l'aliment commercial n'a pas montré de différence de vitesse de croissance entre les trois génotypes évoluant dans les élevages (GMQ moyen : 23,5 g/jour) (Tableau 2). Mais à l'inverse, les aliments expérimentaux, bénéficiant d'une bonne formulation, permettent une croissance significativement élevée entre les lapins de population locale et ceux de la souche blanche (Lounaouci *et al.*, 2001). Ceci dénote la qualité médiocre de l'aliment commercial, le plus souvent déficitaire en énergie, en protéines, en fibres solubles et même en minéraux (Zerrouki, 2005).

**Tableau 2:** Effet de l'origine de l'aliment (commercial ou expérimental) sur le GMQ des lapins des trois génotypes élevés en Algérie (Lebas, 2010)

Auteurs (année)	Génotype	GMQ (g/j) des lapins avec aliment	
		Commercial	Expérimental
Lakabi et al. (2008)	Population Locale	-	28 Taux son de blé
Berchiche et al. (1999)	Population Locale	-	27,8-28,0 Source protéines
Lounaouci et al. (2008)	Population Blanche	-	31-33 Source protéines
Kadi et al. (2010)	Population Blanche	-	39 Formulation
Zerrouki et al. (2008)	Population Blanche	28,3	33,6 Commercial+Calcium
Lebas & Gacem (2005)	Souche Synthétique	22,0	29,0 Formulation
Lebas & Gacem (2007)	Souche Synthétique	25,4	29,2 Formulation

#### 4- Caractéristiques zootechniques du lapin local en conditions d'élevage algériennes

Différents résultats zootechniques obtenus par diverses équipes de recherche sur la population locale en Algérie sont présentés dans les tableaux 3, 4 et 5.

**Tableau 3 :** prolificité de la lapine locale  
(Synthèse personnelle)

Paramètre		Moyenne	Référence
Prolificité	à la naissance	7,2	Zerrouki et al. (2004)
		7,15	Sid (2005)
		7,2-8,7	Berchiche et al. (2012)
		7,0	Iles (2015)
		6,98	Larbi-Abdelli (2016)
	vivante à la naissance	6,08	Zerrouki et al. (2004)
		5,6	Sid (2005)
		6,1	Iles (2015)
		5,84	Larbi-Abdelli (2016)
	Au sevrage	5,41	Zerrouki et al. (2004)
		3,15	Sid (2005)
		5-6,5	Berchiche et al. (2012)
5,73		Iles (2015)	
3,56		Larbi-Abdelli (2016)	

La faible prolificité au sevrage qui caractérise les lapines de population locale est accentuée par la forte mortalité des lapereaux à la naissance et durant la période naissance–sevrage évaluée à 16 et 13% respectivement (Zerrouki et *al.*, 2003). Elle s’expliquerait également par une forte mortalité durant la seconde moitié de la gestation liée aux mauvaises conditions d’élevage (Zerrouki et *al.*, 2005).

**Tableau 4 :** Caractéristiques reproductrices et pondérales de la lapine locale

(Synthèse personnelle)

Paramètre		Moyenne	Référence
Réceptivité (%)		74,3	Zerrouki et <i>al.</i> (2004)
		63-77	Berchiche et <i>al.</i> (2012)
		69,2	Iles (2015)
Fertilité (%)		73,1	Zerrouki et <i>al.</i> (2004)
		74-87	Berchiche et <i>al.</i> (2012)
		77,1	Iles (2015)
Poids des lapines(g)	1 <sup>ère</sup> saillie	3103	Ilés (2015)
		2500	Berchiche et Kadi(2002)
	1 <sup>ère</sup> parturition	3077	Iles (2015)

**Tableau 5:** Caractéristiques pondérales des lapereaux et des portées

(Synthèse personnelle)

Paramètre		Moyenne	Référence
Poids des lapereaux en pré sevrage (g)	lapereau né	48-62	Berchiche et <i>al.</i> (2012)
		52,1	Ilés (2015)
		54,4	Larbi-Abdelli (2016)
	portée née	296	Zerrouki et <i>al.</i> (2007)
		361,2	Ilés (2015)
		395,7	Larbi-Abdelli (2016)
lapereau sevré	450-575(35j)	Berchiche et <i>al.</i> (2012)	
	370 (28j)	Larbi-Abdelli (2016)	
Poids d’un lapereau en croissance (g)	individuel initial	503g (28j)	Lakabi-Ioualitene et <i>al.</i> (2008)
		481g (28j)	Charfaoui-Yami (2015)
	individuel à 77jours	1878	Lakabi-Ioualitene et <i>al.</i> (2008)
		1500-1900	Berchiche et <i>al.</i> (2012)
		1647	Charfaoui-Yami (2015)

## 5- Aspects organisationnels de la recherche et de la profession

Selon Berchiche (2012), les élevages cunicoles exploitant des reproducteurs de population locale se multiplient avec l'appui de la mise en œuvre de programmes de recherches universitaires. Les programmes de développement, d'amélioration et d'intensification de productions animales sont les moyens actuels mis en place. Les éleveurs s'organisent en association dans le but de développer l'activité cunicole et d'améliorer la production en collaborant avec les équipes de recherche.

Le projet de développement de l'activité cunicole est appuyé et encadré par plusieurs équipes de recherche universitaires dont la première a été lancée par le Professeur Berchiche et avait pour objectif de mieux connaître les potentialités de la population locale en étudiant ses caractéristiques zootechniques. Plus récemment, d'autres équipes ont été mises en place dans d'autres universités du pays, se focalisant dans les domaines de la physiologie, de la reproduction et de la nutrition, dans le but d'améliorer la productivité des animaux dans les conditions locales algériennes. Ces différents projets s'inscrivent dans l'objectif de valoriser la population locale, qui, comme toute autre population de toute race animale domestique tend à l'extinction à l'échelle mondiale ou nationale.

## 6- Disponibilité et aspect économique

Selon Szendrö et *al.* (2012), la production de viande de lapin en Algérie estimée à 7500 tonnes en 2010, ne recouvre pas la demande du consommateur. Et pourtant, les différentes enquêtes menées dans les zones rurales ont montré un fort effectif du lapin local disponible (Djellal et *al.*, 2006 ; Saidj et *al.*, 2013 ; Boumahdi et *al.*, 2015). Sur 216 élevages visités, Saidj et *al.* (2013) ont comptabilisé plus de 950 femelles reproductrices sur une zone qui ne recouvre à peine 5% de la surface totale des 4 wilayates enquêtées. Mais, cette filière n'a pas eu la prospérité économique attendue à la différence d'autres filières viande car, malgré ses potentialités, elle n'est pas formellement structurée, avec des élevages majoritairement extensifs et une offre qui ne satisfait pas toujours la demande. Selon Kadi et *al.* (2013) et Mezali et *al.* (2014), la consommation de viande de lapin est bien appréciée par la majorité des

consommateurs qui connaissent bien les propriétés nutritionnelles de cette denrée non prohibée par un quelconque tabou ou interdit religieux. C'est une viande qui est commercialisée plus cuite que crue (plus dans les restaurants et hôtels que chez les boucheries et volaillers). Les consommateurs seraient ainsi favorables pour en consommer davantage selon sa disponibilité et son coût. Ce dernier varie considérablement : 470 da l'unité dans la région de Tizi Ouzou (Kadi et *al.*, 2013) et aux alentours de 750 da le Kg dans la région d'Alger (Mezali et *al.*, 2014).

Selon cette synthèse des résultats zootechniques du lapin local algérien, la cuniculture s'avère très intéressante dans notre pays du point de vue production de viande. Cette production pourrait contribuer à la disponibilité des protéines animales au consommateur.

Il est à mentionner que ces résultats sont obtenus dans les conditions d'élevage du terrain. Ces conditions ne répondent pas, tout à fait, à la définition des élevages rationnels puisqu'elles ne sont pas contrôlées, surtout l'alimentation qui reste le problème majeur de la gestion en Algérie.

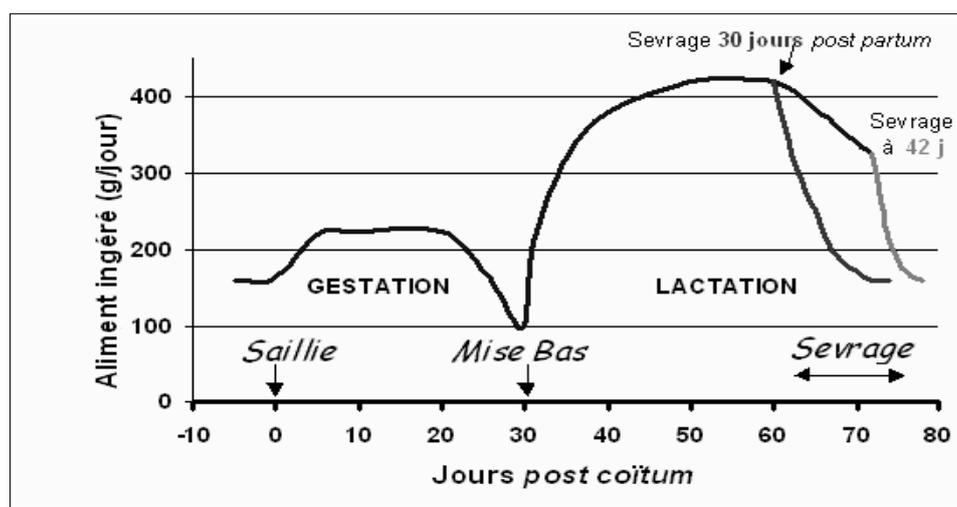
## Interaction Alimentation - Reproduction chez la Lapine

Plusieurs travaux de recherche montrent le rôle prépondérant de l'alimentation sur les performances des animaux. Chez le lapin en particulier, l'alimentation a un effet direct et primordial sur le niveau de production et sur l'état de santé de ce dernier (Lebas et *al.*, 1996).

### 1- La consommation d'aliment de la lapine en reproduction (gestation et/ou lactation)

L'ingéré alimentaire des lapines durant la reproduction dépend non seulement de la qualité de l'aliment distribué, mais aussi du stade physiologique et du rythme de reproduction de ces dernières.

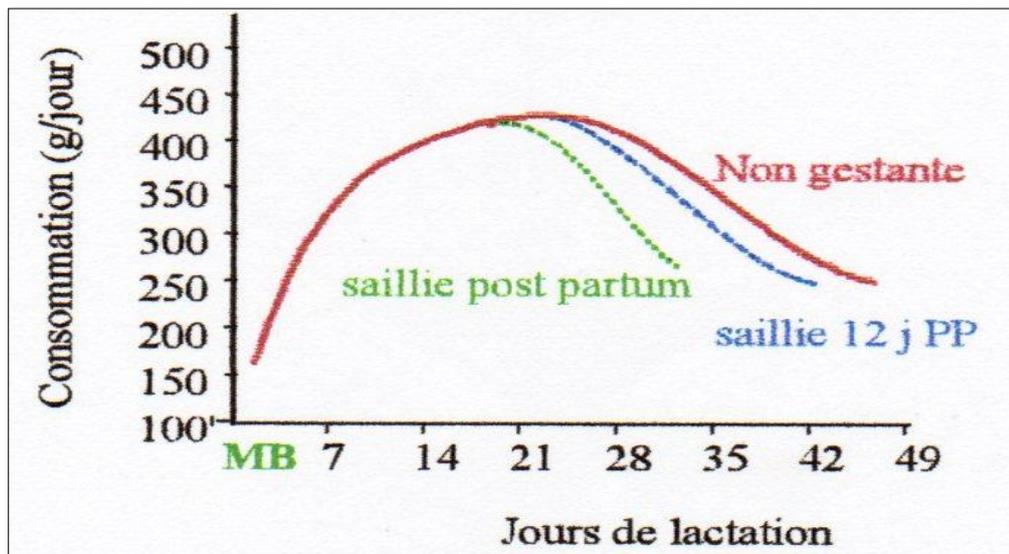
Une teneur élevée en énergie digestible de l'aliment ingéré réduit la consommation, à l'inverse, une importante teneur en protéines digestibles tend à l'augmenter. Plusieurs auteurs soulignent que l'ingéré énergétique volontaire de la lapine dépend de son poids métabolique (Parigi Bini et *al.*, 1992 ; Pascual et *al.*, 1998 ; Xiccato et *al.*, 2004) et varie fortement au cours de la reproduction (figure1). La baisse de la consommation constatée en fin de gestation s'accroît, le plus souvent jusqu'à l'arrêt complet la veille de la mise bas.



**Figure 1:** Évolution de la consommation d'aliment complet équilibré par une lapine au cours d'un cycle de reproduction (Lebas, 1975, cité par Lebas, 2016).

En revanche, juste après la parturition, l'ingéré alimentaire croît très rapidement et peut atteindre quotidiennement plus de 100g de matière sèche par kilogramme de poids vif. Lorsqu'une lapine est simultanément gestante et allaitante, sa consommation alimentaire est comparable à celle d'une lapine simplement allaitante (Lebas, 2016). Chez cette dernière, la consommation moyenne quotidienne varie significativement en fonction du stade de lactation (Theau-Clement et Fortun-Lamothe, 2005).

Aussi, lors de sa lactation, la consommation alimentaire évolue différemment selon le rythme de reproduction. Cette variation n'est visible qu'à partir du 14<sup>ème</sup> jour *post partum* (figure 2). La lapine soumise à un rythme extensif ingère une quantité d'aliment supérieure à celle d'une lapine en rythme intensif ou semi-intensif (Xiccato, 1996 ; Fortun-Lamothe, 2006).

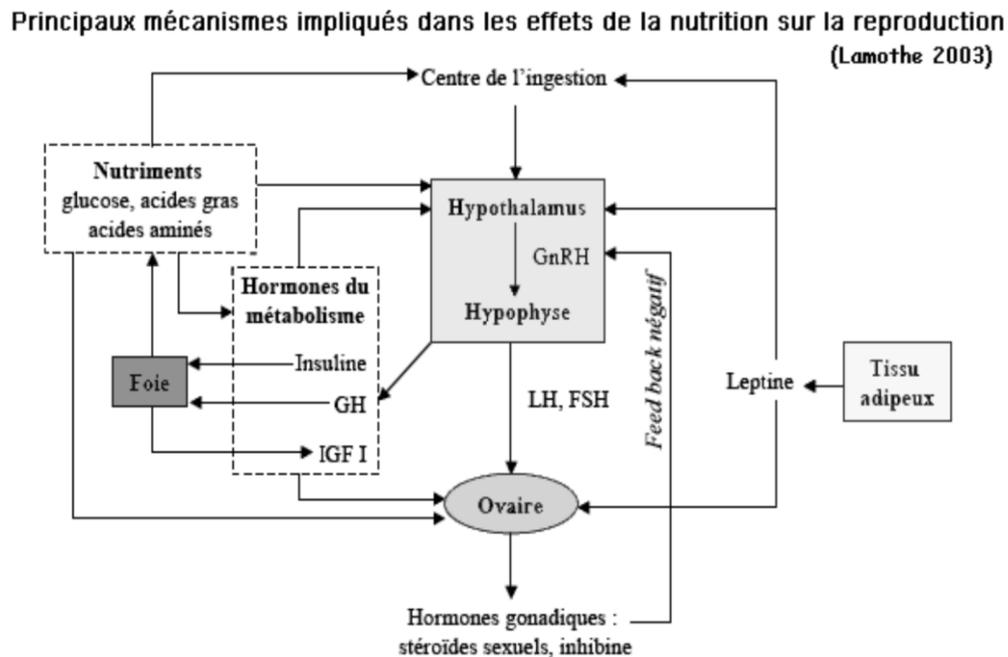


**Figure 2:** Évolution de la consommation d'aliment complet équilibré par une lapine selon son rythme de reproduction (Fortun-Lamothe, 2006)

## 2- Interactions nutrition - reproduction chez la lapine

Chez les mammifères en général et spécialement chez le lapin, plusieurs auteurs mettent en évidence les interactions entre la nutrition et la reproduction, avec cependant, des actions au niveau de l'hypothalamo-hypophyse et de l'ovaire (Figure 3). L'accent est mis sur le rôle clé du glucose, des acides gras non estérifiés et des acides aminés au niveau central (Monget et Martin, 1997). Ces nutriments ont un effet

direct sur le centre d'ingestion au niveau de l'hypothalamus qui agit sur la production d'hormones stéroïdiennes stimulant la folliculogénèse et la lutéogénèse. D'une autre part, la présence de ces nutriments dans l'organisme stimule la production d'hormones du métabolisme tel que l'insuline.



**Figure 3:** Effets de la nutrition sur la reproduction : Principaux mécanismes physiologiques (Monget et Martin, 1997 cité par Fortun-Lamothe, 2003)

### 3- Interaction des besoins entre mère et lapereaux sous la mère

A partir du sevrage, situé entre quatre et cinq semaines d'âge, le lapin est nourri à volonté avec un aliment granulé équilibré afin d'assurer une bonne croissance. Ce dernier régule son ingestion selon ses besoins énergétiques au même titre que les autres mammifères.

Les besoins nutritionnels des jeunes lapereaux et de leurs mères sont antagonistes. Plusieurs approches ont été mises en place afin de cerner au mieux des stratégies d'alimentation pour satisfaire les besoins de ces animaux de différentes catégories. Pendant la période qui précède le sevrage, une alimentation riche en fibres solubles est préconisée pour les lapereaux permettant l'installation d'une flore microbienne caecale équilibrée (Gidenne, 2000). Au même temps, la lapine a besoin d'un aliment riche en énergie pour couvrir ses besoins de la lactation et/ou d'une gestation ultérieure.

Fortun Lamothe et Gidenne (2003) proposent différentes stratégies alimentaires en période péri sevrage (tableau 6), en soulignant les intérêts et les limites de chacune d’entre elles. Selon ces auteurs, pour un sevrage réalisé entre 28 et 35 jours de lactation, une alimentation spécifique pour les jeunes lapereaux riche en fibres et pauvre en amidon, différente de celle de la mère (riche en énergie), semblerait la solution la plus pertinente. A défaut, il conviendrait de trouver un compromis entre les besoins nutritionnels de ces deux catégories d’animaux, par exemple en substituant une partie de l’amidon dans l’aliment formulé pour les femelles par un mélange de fibres et de lipides. Quelle que soit la stratégie retenue, l’objectif majeur est de limiter l’apparition des entéropathies du lapereau et de contribuer à une meilleure sécurité sanitaire des élevages cynicoles.

**Tableau 6:** Stratégies d'alimentation en période péri-sevrage : intérêts et limites.

(Fortun-Lamothe et Gidenne, 2003)

<b>Alimentation</b>	<b>Conséquences sur la mère</b>	<b>Conséquences sur les lapereaux</b>
Alimentation mixte mère/lapereaux : ratio fibre/amidon élevé, concentration énergétique modérée.	Défavorable pour l'état corporel, la fertilité et la viabilité.	Préserve la santé digestive.
Alimentation mixte mère/lapereaux : aliment enrichi en matières grasses et en fibres, concentration énergétique élevée.	Favorise la production laitière. Maintien ou dégradation de l'état corporel. Effets sur la fertilité à étudier.	Favorable à la croissance. Conséquences sur la santé à préciser.
Alimentation séparée mère/lapereaux : aliment riche en amidon et à concentration énergétique élevée pour les mères ; aliment à forte teneur en fibres et faible teneur en amidon (concentration énergétique modérée) pour les lapereaux.	Favorable pour l'état corporel et la fertilité. Modalités pratiques de mise en œuvre à préciser.	Préserve la santé digestive. Programme d'alimentation à préciser.
Sevrage précoce (<26 jours d'âge)	Reconstitution plus rapide des réserves corporelles	Possibilité de distribuer un aliment adapté aux besoins. Conséquences sur la santé à préciser.

Fortun-Lamothe *et al.* (2005) utilisent un aliment riche en énergie et en fibres et faible en amidon, répondant aux exigences à la fois des lapines reproductrices et des lapereaux en croissance sous leur mère. L'amidon est, dans ce cas, remplacé par les lipides pour assurer, à la fois, un apport en énergie des lapines gestantes et allaitantes et une bonne santé pour les lapereaux avant et après le sevrage.

Ces résultats montrent un effet bénéfique pour la santé des lapereaux autour du sevrage et en croissance sans affecter les performances des lapines en reproduction.

#### 4- Composition des aliments destinés à des lapines reproductrices dans les conditions européennes

Les aliments destinés à la lapine reproductrice sont supposés contenir 89% de matière sèche et être granulés. Les recommandations, en termes de normes nutritionnelles, sont divisées en deux groupes en fonction des objectifs précis. Sachant que le respect de toutes les recommandations en simultané est très difficile, voire impossible ou alors à un coût élevé, l'accent doit être mis sur le respect du premier groupe de nutriments (Tableau 7) dont l'objectif principal est d'obtenir de hautes performances.

**Tableau 7:** Normes nutritionnelles à respecter pour maximiser la productivité des lapines reproductrices européennes (Lebas, 2004)

Type de production sauf indication spéciale unité = g/kg d'aliment		REPRODUCTION		Aliment Unique (1)
		Intensive	½ intensive	
Énergie digestible	(kcal / kg)	2700	2600	2400
	(MJoules/ kg)	11,3	10,9	10,0
Protéines brutes		180-190	170-175	160
Protéines digestibles		130-140	120-130	110-125
Rapport Protéines digest / Énergie digestible	(g/1000 kcal)	53-54	51-53	48
	(g/1 MJoule)	12,7-13,0	12,0-12,7	11,5-12,0
Lipides		40-50	30-40	20-30

Le deuxième groupe de recommandations concerne, en particulier, les spécificités des fibres responsables de l'équilibre de la flore digestive et vise scrupuleusement à respecter les conditions sanitaires qui ne sont pas parfaites dans l'élevage (troubles digestifs en particulier, Tableau 8).

Ces normes varient en fonction du système de reproduction adopté. La production ½ intensive est une production moyenne située entre 40 et 50 lapins produits par lapine et par an. La production intensive est au dessus de 50 lapins produits/lapine et /an chez les races améliorées et lignées européennes (Lebas, 2004), un résultat qui est loin d'être atteint chez la population locale algérienne.

**Tableau 8:** Normes nutritionnelles à respecter pour maximiser la santé des lapines reproductrices (Lebas, 2004)

Type de production sauf indication spéciale unité = g/kg d'aliment	REPRODUCTION		Aliment Unique (1)
	Intensive	½ intensive	
Ligno-cellulose (ADF) <i>minimum</i>	135	150	160
Lignines (ADL) <i>minimum</i>	30	30	50
Cellulose (ADF - ADL) <i>minimum</i>	90	90	110
rapport lignines / cellulose <i>minimum</i>	0,35	0,40	0,40
NDF (Neutral Detergent Fiber) <i>minimum</i>	300	315	310
Hémicellulose (NDF - ADF) <i>minimum</i>	85	90	100
rapport ( hémicellulose+pectine) / ADF <i>maximum</i>	1,3	1,3	1,3
Amidon <i>maximum</i>	200	200	160

(1) Aliment Unique : Composition recommandée pour un aliment qui sera consommé par tous les lapins d'un élevage. Il n'est optimum pour aucune catégorie de lapins, les performances seront donc un peu altérées par rapport à l'usage d'aliments spécialisés.

Selon Gidenne et Fortun-Lamothe (2001), les besoins quotidiens en énergie digestible chez la lapine allaitante (lignées européennes) est en moyenne de 300 kcal ED/kg, et peut dépasser 360 kcal ED/kg au moment du maximum de production laitière (15-20 jours de lactation).

### 5- Effet de la teneur énergétique et protéique de l'aliment sur les performances de reproduction de la lapine

Plusieurs travaux rapportent l'effet de la teneur énergétique et protéique sur les performances de reproduction de la lapine (Tableau 9), en fonction du type génétique de l'animal et du cycle de reproduction, aboutissant toutefois à des résultats controversés.

**Tableau 9 :** Tableau récapitulatif de quelques travaux sur l'effet de l'alimentation sur les paramètres zootechniques et métaboliques de la lapine en reproduction (Synthèse personnelle)

Référence	Animaux utilisés	Aliments utilisés	Résultats retrouvés
Fortun et Lebas, 1994,	68 lapines (INRA 1067) Age : 22 ± 0,2 semaines pendant le 1 <sup>er</sup> cycle	<b>Alt A:</b> ED= 2923 Kcal, PD= 14,8 % <b>Alt G:</b> ED = 2899 Kcal, PD= 14,6 % <b>Alt T:</b> ED = 2364 Kcal, PD= 13,6 %	-A 28j, le poids du tissu adipeux, du foie et le tube digestif sont plus élevés dans le lot A et G -l'ingéré alimentaire des lapines entre MB et 28j pp est plus élevée chez le lot T -Production laitière supérieure chez le lot G
Jarrin et al., 1994,	260 femelles (Hyplus)	<b>Alt Lactation L:</b> ED= 2657 Kcal/Kg, PB= 18,3 % <b>Alt Mixte M:</b> ED= 2476 Kcal/Kg, PB= 16,7 %	-Pds des femelles à la palpation ↗↗chez le lot L -fertilité des femelles L est ↘↘ -NT ↗↗chez le lot L -consommation ↗↗chez les femelles du lot M.
Pascual et al., 1999,	59 lapines (New Zealand X Californien) deux 1ers cycles	<b>Alt L:</b> DP=117 DE=9.9Mj kg DM <b>Alt M:</b> DP=148, DE=11.1Mj kg DM <b>Alt H:</b> DP=146, DE=12.2Mj kg DM	-pds et gain de poids ↗↗ chez les femelles H -aliment ingéré en lactation↗↗ chez le lot L -production laitière en 21 j PP↗↗chez le lot H Pas d'effet sur le poids et la taille de la portée
Xiccato et al., 1999	118 femelles (Rabbit Maternal Line, Italy)	<b>Alt C: Contrôle</b> ED= 2565 Kcal/Kg, PD= 119 g/Kg PD/ED=46,4 g/Mcal <b>Alt F: Fibreux</b> ED= 2261 Kcal/Kg, PD= 106 g/Kg PD/ED= 46,9 g/Mcal, PB= 15,8 % <b>Alt L: Lactation</b> ED= 2634 Kcal/Kg, PD= 137 g/Kg PD/ED= 52 g/Mcal, PB= 19,2 %	-pas d'effet sur le pds des femelles à la saillie ni au sevrage. -consommation d'alt F ↗↗ lors de la gestation - NV est ↗↗ chez le lot F -les lapines F ont consommé moins, avec moins de production laitière. -Taille de portée au sevrage est supérieure chez le lot C
Montessuy et al., 2004.	232 femelles nullipares (Hyplus Line) Pendant 3 cycles	<b>Alt A:</b> ED= 2440 Kcal/kg, PB : 17,2 % <b>Alt B:</b> ED= 2570 Kcal/kg, PB: 17,2 %	NT : ↗ aliment B lors des 2 cycles MN : ↗ aliment B lors des 3 cycles Mortalité-naissance-sevrage ↗chez le lot A Nbre sevrés↗: lot B Poids portée à 22j : ↗ lot B
Montessuy et al., 2005,	41 femelles (Hyplus) X 2 pendant 3 cycles	<b>Lot témoin :</b> Alt M sauf entre 28 et 35j pp(Alt E) <b>Essai :</b> Alt PS sauf entre -2 et 18 j pp (Alt L) <b>Maternité M;</b> ED= 2460 Kcal/Kg, PB= 17,3 % <b>Engraissement E:</b> ED= 2250 Kcal/Kg, PB= 15 % <b>Présevrage PS:</b> ED= 2500 Kcal/Kg,PB= 16,5 % <b>Lactation L:</b> ED= 2700 Kcal/Kg,PB= 17,5 %	-Pas d'effet sur la prolificité et les MN. -pas d'effet sur la mortalité naissance-sevrage -pas d'effet sur le poids des femelles -Production laitière plus élevée chez les femelles du lot L

Tableau 9 : Suite

Cervera et <i>al.</i> , 2008,	113 lapines Inséminées à 18 semaines pendant un cycle	<b>Alt1:</b> ED=2605 Kcal, PD= 114g PD/DE= 0,043 g/Kcal <b>Alt 2 :</b> ED= 2060 Kcal, PD= 88g PD/ED= 0,042g/Kcal	Aucune différence sur le poids et l'ingéré des femelles ni à 18 semaines, ni pendant la gestation, ni pendant la lactation.  Aucune différence sur le poids et la taille des portées pendant la lactation, aucun effet sur la production laitière.
Yassein et <i>al.</i> , 2011	33 lapines (blanche Néo Zelande)	<b>3 Alt</b> isoénergétiques (2560kcal/kg) et PB différents (16, 14, 12%)	Lapines plus lourdes, ingéré alimentaire diminue et l'ingéré protéique augmente chez le lot à 16%PB. La taille et poids des portées diminuent à 12% PB. Protéines sériques stables +urémie ↗ ↗ à 16%PB

Alt : Aliment, MN : Mortinatalité, NT : Nombre de nés totaux

En élevage cunicole, la réussite de la reproduction dépend, outre les paramètres du milieu, de la nutrition. Le rapport entre cette dernière et la reproduction est très complexe et peut avoir un impact considérable sur les nombreuses fonctions reproductrices telles que la production d'hormones, la folliculogénèse, la fécondation, la qualité des ovocytes et des embryons (Garcia-Garcia et *al.*, 2011).

## Métabolisme Energétique chez La Lapine Reproductrice

Une alimentation idéale pour une lapine reproductrice doit répondre précisément à ses besoins pour mieux optimiser ses performances sans léser sa santé. De ce fait, le bilan énergétique, qui tient compte des apports et des besoins en énergie (Bilan énergétique = Apports – Besoins) doit être équilibré en fonction des stades physiologiques de la lapine.

### 1- Besoins de la lapine reproductrice

Fortun-Lamothe (2003) montre que chez les lapines reproductrices des élevages rationnels, ou ces dernières sont classiquement élevées en cages individuelles, la détermination des apports énergétiques ne pose pas de problème majeur puisque les apports se calculent en multipliant la quantité d'aliment ingéré par la composition de cet aliment (énergie et nutriments). Par contre, la détermination des besoins énergétiques est moins aisée.

Chez tous les animaux de production, les besoins se répartissent en besoins du métabolisme basal (besoins d'entretien en zone thermique neutre à jeun), de la thermorégulation (besoins en zones thermiques extrêmes) et des fonctions de production (croissance, gestation et lactation).

#### 1-1- Les besoins d'entretien

Les besoins d'entretien sont calculés, sur un animal au repos, par la somme des besoins de la thermorégulation (une zone thermique neutre) et le renouvellement des tissus de l'organisme.

Selon Parigi-Bini et Xiccato (1998), chez le lapin, la formule utilisée est la suivante :

$$\text{Besoins d'entretien} = \text{Besoins journaliers (430KJ/j/Kg}^{0,75}) \times \text{Poids moyen (Kg)}^{0,75} \times \text{Nombre de jours de la période.}$$

Ces mêmes auteurs associent ces besoins d’entretien à une quantité d’aliment de 100 à 120g/jour pour un aliment à 10,4 MJ. Le tableau 10 synthétise les différents travaux effectués pour le calcul de l’énergie digestible consacrée aux besoins d’entretien de la lapine reproductrice. Les besoins d’entretien de la femelle uniquement gestante sont légèrement supérieurs à ceux d’une femelle vide et non allaitante. Par contre, ils sont plus élevés chez la lapine simultanément gestante et allaitante. Il en ressort que les besoins d’entretien de la lapine varie selon son stade physiologique. Les besoins d’entretien sont largement plus élevés chez la lapine allaitante que celle gestante. Ce qui expliquerait que la femelle privilégie et utilise plus d’énergie pour la production laitière que pour la gestation.

**Tableau 10:** Besoins d’entretien en énergie digestible chez la lapine (Kj/jour/kg PV<sup>0.75</sup>) selon l’état physiologique (Xiccato et Trocino, 2010)

Auteurs	Lapine non allaitante		Lapine Allaitante	
	Non gestante	Gestante	Non gestante	Gestante
Patridge et al. (1983)	-	-	413-446	-
Patridge et al. (1986)	326	352		500
Fraga et al. (1989)	-	452		473
Parigi Bini et al. (1990)	398	431	-	-
Parigi Bini et al. (1991)	-	-	432	468
Xiccato et al. (1992)	-	-	-	470
Lebas (1989)		400		460
Maertens (1992)		420		460
Toschi et al. (2003)	439	-	-	-
Toschi et al. (2004)	-	458	-	-

**1-2- Les besoins de croissance**

La lapine continue sa croissance lors de sa mise à la reproduction, ce qui n’est pas seulement spécifique au lapin mais également chez les autres espèces productives.

Les jeunes lapines se retrouvent en gestation à un poids vif correspondant à 60-75% du poids adulte alors que leur capacité d'ingestion à volonté de l'aliment n'est pas encore suffisante pour couvrir les besoins de gestation et de lactation (Parigi-Bini et Xiccato, 1993). Ces jeunes lapines doivent compléter leur développement pour atteindre le poids vif et la composition corporelle de l'adulte.

### 1-3- Les besoins de gestation

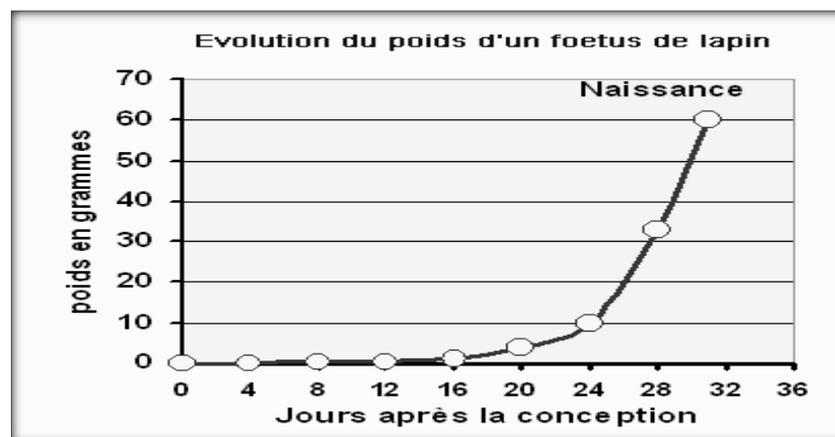
Les besoins de gestation sont calculés par la somme des besoins de la croissance fœtale et des besoins de la croissance des annexes embryonnaires.

Selon Parigi-Bini et Xiccato (1998), la formule utilisée est la suivante :

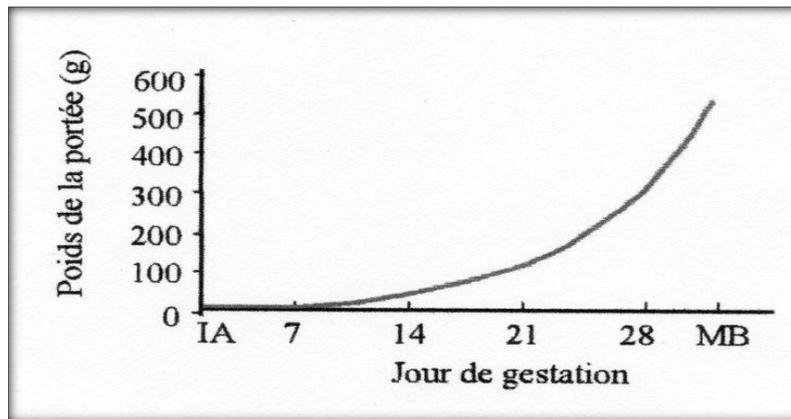
$$\text{Besoins pour la gestation} = \text{Poids des fœtus (g)} \times \text{Teneur en énergie des fœtus (MJ/g)} \times E \text{ fœtus (} E \text{ fœtus} = 0,30)$$

#### 1-3-1- Croissance fœtale chez le lapin

L'évolution du poids du fœtus et/ portée pendant la gestation chez la lapine est très lente, même invisible pendant les premiers jours. A partir du 12<sup>ème</sup> jour de gestation, cette croissance devient de type exponentiel (Figures 4 et 5)



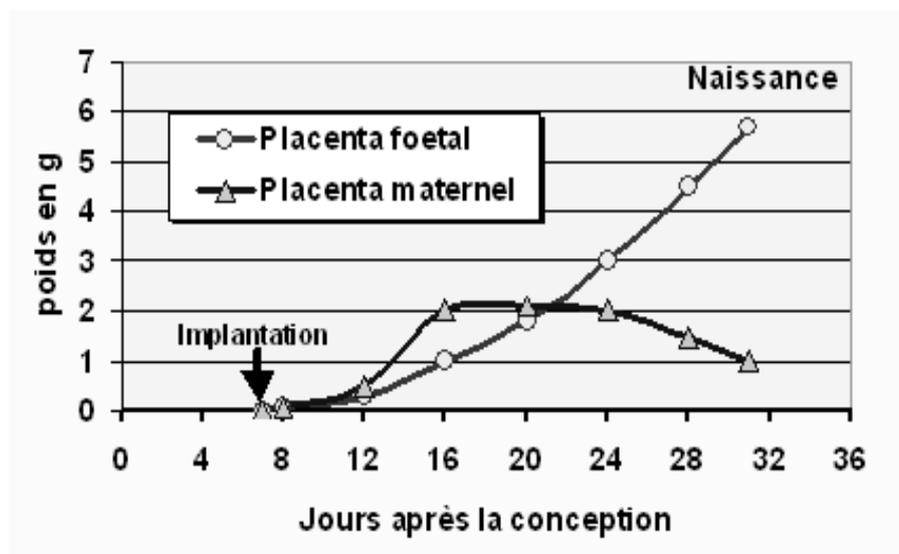
**Figure 4:** Évolution du poids d'un fœtus au cours de la gestation chez le lapin (Lebas, 2016)



**Figure 5:** Evolution du poids de la portée pendant la gestation chez la lapine  
(Fortun-Lamothe, 2006)

Le fœtus est alimenté à travers le placenta. L'évolution du poids du placenta qu'il soit fœtal ou maternel tout au long de la gestation est illustrée dans la figure 6.

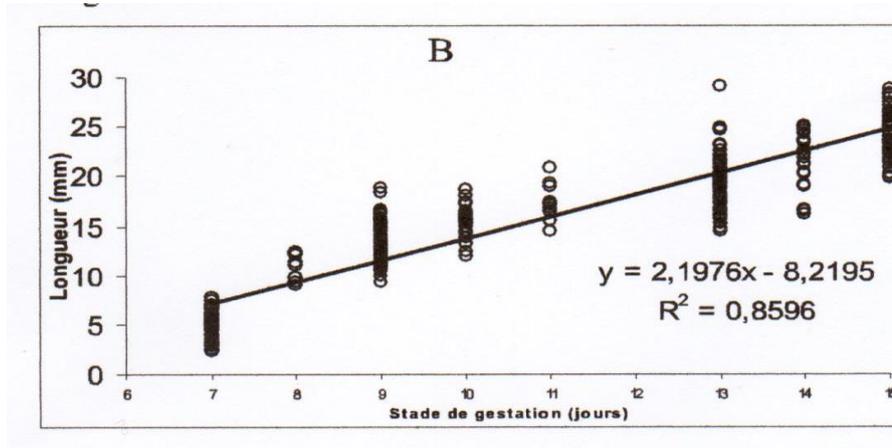
Parallèlement au développement de chaque fœtus, le placenta maternel se développe en premier pour atteindre son poids maximal vers le 16<sup>ème</sup> jour de gestation. Au 10<sup>ème</sup> jour, le placenta fœtal est visible à son tour et devient de plus en plus important jusqu'à la mise-bas où son poids dépasse celui du placenta maternel à partir de 20-21 jours. (Lebas, 2016).



**Figure 6:** Évolution au cours de la gestation du poids d'un placenta maternel et de celui du placenta fœtal correspondant (Prud'hon, 1973)

L'utilisation de l'échographe a permis de suivre la croissance fœtale in utero chez la lapine avec précision (Chavatte-Palmer et al., 2005). La figure 7 montre une

croissance linéaire de la longueur de la vésicule en fonction du stade de gestation à partir du 7<sup>ème</sup> jour de gestation.



**Figure 7:** Longueur de la vésicule embryonnaire en fonction du stade de gestation chez la lapine (Chavatte-Palmer et *al.*, 2005)

Fleming et *al.* (2004) montrent que l'alimentation maternelle n'affecte pas seulement les caractéristiques pondérales du fœtus à la naissance, elle contribue également à fixer le niveau des risques alimentaires que pourra tolérer le jeune lapereau tout au long de sa vie adulte et à prévoir l'effet sur la croissance ultérieure du lapin.

#### 1-4- Les besoins de la lactation :

Selon Parigi-Bini et Xiccato (1998), la formule utilisée est la suivante :

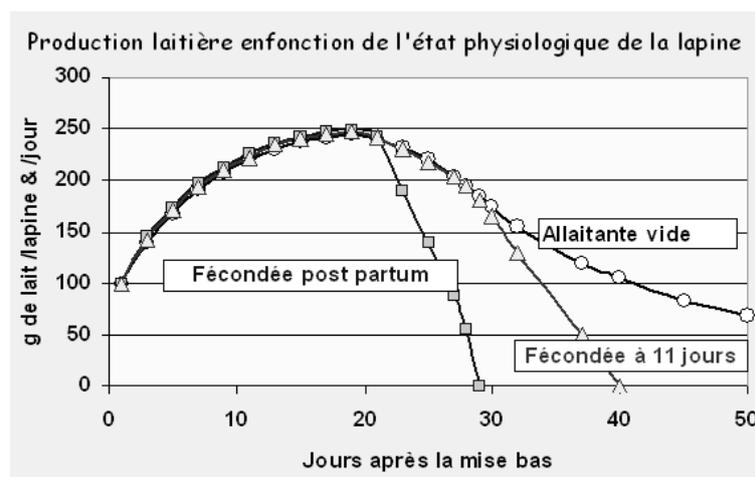
**Les besoins de la lactation = la somme de la production de lait (Kg) X Teneur en énergie du lait (MJ/Kg) X E lait. (E lait = 0,63)**

Parigi Bini et *al.*, (1992), Pascual et *al.* (1998) et Xiccato et *al.* (2004) soulignent que les femelles reproductrices peuvent ingérer entre 1100-1300 kj DE/jour/kg PV<sup>0.75</sup> durant la lactation avec une faible valeur remarquable chez les femelles primipares.

##### 1-4-1- Production laitière et composition du lait

Les méthodes indirectes pour l'estimation de la quantité de lait produite chez la lapine sont les plus utilisées et diffèrent selon la littérature.

L'une des méthodes les plus utilisées et la plus simple est la pesée des lapines allaitantes avant et après la tétée 3 fois par semaine pendant 3 semaines (Lebas et *al.*, 1971). Les courbes de lactation obtenues selon le stade physiologique des femelles sont illustrées dans la figure 8. La production quotidienne de lait croît dès les premiers jours jusqu'à la fin de la 3<sup>ème</sup> semaine de lactation. Elle décroît ensuite rapidement. La chute est plus rapide si la lapine est fécondée immédiatement après la mise bas. Si cela est fait à 10 jours *PP*, une diminution rapide de la production laitière apparaît à compter du 30<sup>ème</sup> jour de lactation. Finalement, quelque soit le stade de fécondation par rapport à la mise bas, la production laitière d'une lapine gestante-allaitante ralentit fortement à compter du 20<sup>ème</sup> jour de gestation et devient nulle au 28-29<sup>ème</sup> jour (Lebas, 1972).



**Figure 8:** Courbe de lactation de la lapine selon son état physiologique (Lebas, 1968 et 1972).

Une forte corrélation entre la production laitière et la croissance des petits sous la mère est révélée puisque ces derniers n'ingèrent que du lait jusqu'à 18-19 jours d'âge (Fortun-Lamothe et Gidenne, 2000). Cette corrélation est estimée en moyenne à 0,91 par Lamothe et Sabater (2003) et Fernández-Carmona et *al.* (2006) concernant le poids de la portée pendant les 21 jours *post partum*.

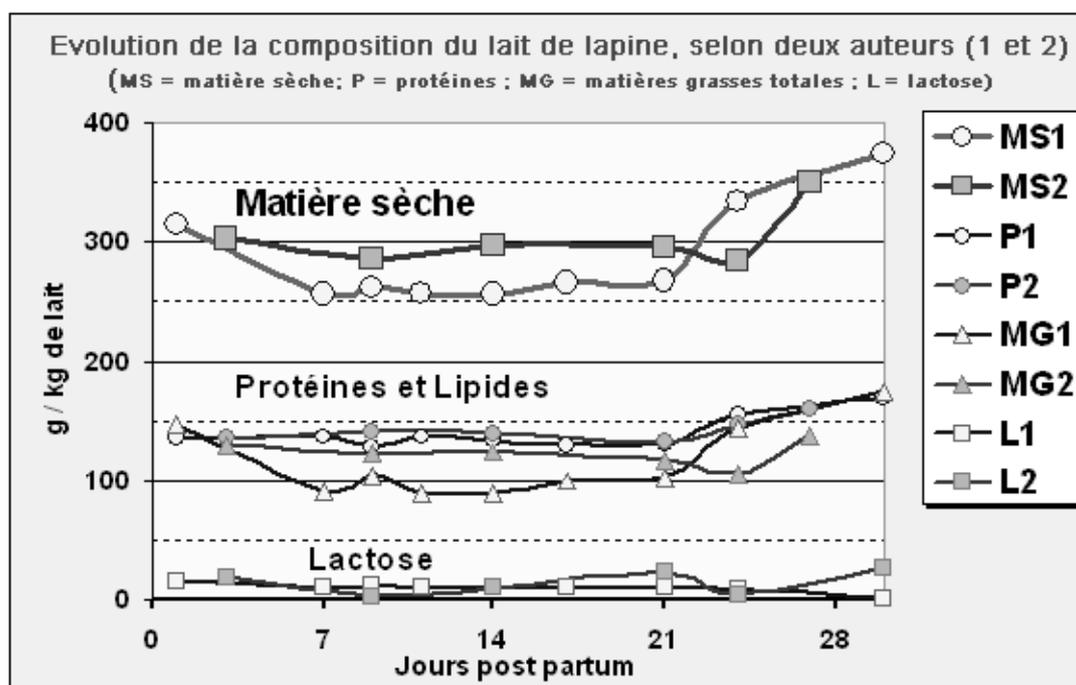
Selon Mc Nit et Lukfahr (1990), l'estimation de la quantité de lait produite en g/j peut être réalisée en appliquant l'équation suivante :

$$\text{Quantité de lait produite} = 37,47x - 1,56 N^2 \quad (R = 0,99)$$

N = nombre de petits compris entre 5 et 11.

L'analyse chimique du lait de la lapine rapportée par Lebas et *al.* (1971) montre qu'au cours de la lactation, les teneurs en lipides, en protéines, en cendres et en matière sèche sont élevées durant la phase colostrale, puis diminuent jusqu'à la 3<sup>ème</sup> semaine pour augmenter à la 4<sup>ème</sup> semaine (figure 9). La teneur du lactose chute après le pic pour devenir presque nulle en fin de lactation. Les matières minérales augmentent constamment du début à la fin de la lactation.

Ces résultats sont confirmés par Maertens et *al.* (2006) sur des souches commerciales et par Boucher et *al.* (2007) sur une souche de laboratoire. Le tableau 11 résume la composition chimique moyenne du lait de la lapine et la figure 9 montre l'évolution de cette composition pendant toute une lactation.



**Figure 9:** Evolution de la composition du lait de la lapine au cours de la lactation  
(Lebas et *al.*, 1971)

**Tableau 11:** Composition chimique moyenne du lait de la lapine pendant une lactation complète (Boucher *et al.*, 2007)

Paramètre (%)	Moyenne sur la lactation complète
Matière sèche	26,14
Matière grasse	9,56
Protéines	12,51
Cendres	2,32
Lactose	1,94

### 1-5- Les besoins lors de la thermorégulation

Les dépenses énergétiques dépendent de la température ambiante. Les températures environnementales élevées ont un effet néfaste sur la production de la lapine. Plusieurs études démontrent clairement que la température élevée induit une baisse de la consommation alimentaire, ce qui se répercute sur la baisse de la production laitière (Maertens et De Groote, 1990; Pascual *et al.*, 1996; Szendrö *et al.*, 1999). Lorsque la température ambiante augmente jusqu'à 26–28 °C, la réduction de la consommation d'aliment varie de 20 à 50% (Barreto et De Blas, 1993; Fernandez-Carmona *et al.*, 1995; Szendro *et al.*, 1999). Cette réduction augmenterait le déficit énergétique des lapines durant la lactation avec une détérioration des conditions corporelles.

Par contre, au froid, le maintien de la température corporelle à un niveau constant est très coûteux en énergie. La quantité d'énergie absorbée doit, soit être augmentée à travers la quantité d'aliments ingérée soit en améliorant la concentration énergétique de ce dernier (Perrot, 1991).

## 2- Etat corporel de la lapine reproductrice

### 2-1- Méthodes d'évaluation de l'état corporel de la lapine

#### 2-1-1- Méthodes *in vivo*

##### a- Méthode d'abattage

La méthode d'abattage est fréquemment utilisée en cuniculture car elle fournit des données précises pour l'évaluation de l'état corporel de l'animal.

Elle permet de déterminer les coefficients d'utilisation énergétique d'entretien, de gestation et de production laitière et pour évaluer la balance énergétique des femelles en reproduction (Parigi-Bini et Xiccato, 1998). Néanmoins, cette méthode ne permet pas d'évaluer l'état corporel des mêmes animaux pendant d'autres cycles de reproduction.

#### **b-Méthode de mesure du gras péri-rénal par ultrason**

La méthode de mesure du gras péri-rénal par l'ultrason est utilisée pour localiser et mesurer l'importance du stockage du tissu adipeux et l'état corporel de la lapine.

Pascual et *al.* (2000a) préconisent des points anatomiques de référence pour cette mesure qui est entre les 8<sup>ème</sup> et 9<sup>ème</sup> vertèbres thoraciques et Dal Bosco et *al.* (2003) à 3 cm en avant des 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> vertèbres lombaires. C'est une méthode utilisable seulement chez les jeunes lapines reproductrices mais pas chez les lapines en fin de gestation, ceci est probablement lié au déplacement et à la délocalisation des tissus adipeux dans la cavité abdominale lorsque les fœtus sont en pleine croissance (Pascual et *al.*, 2004). Cette technique est utilisée par Quevedo (2005) pour étudier l'influence de la nutrition sur l'évolution de l'état corporel de la lapine.

#### **c-Méthode TOBEC**

La méthode TOBEC (Total Body Electrical Conductivity) a été validée chez la lapine reproductrice par Fortun-Lamothe et *al.* (2002). C'est une méthode basée sur la détection et la mesure de la conductivité électrique de l'animal pour estimer le taux global de gras sur le poids vif total. L'inconvénient de cette méthode réside dans son imprécision de la disposition anatomique du tissu adipeux de l'animal dans son ensemble.

#### **d-Méthode de la note de l'état corporel (BCS ; Body Condition Score)**

C'est une méthode utilisée couramment chez les bovins, les ovins et les porcins. Cette méthode a été testée par Bonnano et *al.* (2005) pour évaluer le statut nutritionnel des lapines allaitantes. Bien qu'elle soit facile et pratique, elle présente des difficultés

d'estimation du tissu adipeux vu que la majorité des réserves adipeuses chez la lapine sont localisées dans la cavité abdominale (gras péri-rénal), ce qui n'est pas accessible par une simple palpation.

Les notes de l'état corporel utilisées sont 0, 1 et 2 correspondant à mauvais, moyen et bon état corporel respectivement.

### **2-1-2- Méthodes des indicateurs sanguins**

Les dosages sanguins peuvent être effectués pour évaluer l'état nutritionnel de la femelle. Ils comprennent soit le dosage de métabolites tels que le glucose et les acides gras non estérifiés (NEFA), soit les hormones telles que l'insuline et la leptine.

## **2-2- Evolution de l'état corporel pendant la reproduction**

### **2-2-1- Etat corporel de la lapine gestante**

Manchetti *et al.* (2015) précisent que le lapin est le modèle le plus approprié pour évaluer les effets de la malnutrition énergétique pendant la gestation. Ces derniers insistent sur le fait que le gain de poids corporel des lapines ainsi que le gain de la masse adipeuse, pendant la gestation, permettent d'assurer de meilleures performances productives des lapines.

Chez les lapines primipares gestantes, la composition des tissus corporels varie considérablement afin de maintenir un bilan énergétique stable (Milistis *et al.*, 1999 ; Pascual *et al.*, 2002a). Du début jusqu'au 21<sup>ème</sup> jour de la gestation, l'ingéré alimentaire est nettement supérieur aux besoins de la femelle, ce qui provoque une augmentation du poids vif (Parigi-Bini et Xiccato, 1993) et du gras péri-rénal (Quevedo *et al.*, 2005).

En fin de gestation (21-30 jours), le poids corporel diminue en raison du transfert de l'énergie, des protéines et des graisses vers les fœtus qui sont en rapide croissance. Pascual *et al.* (2002) observent une réduction de 3,8 mm du gras péri-rénal au cours des 3 derniers jours de gestation.

Le tableau 12 présente les résultats retrouvés par Parigi-Bini et *al.* (1990a) concernant le poids vif des lapines reproductrices de race Néo Zélande blanche, le poids de l'appareil reproducteur pendant la gestation, ainsi que de la composition corporelle. Ces auteurs montrent, qu'au cours de la 1<sup>ère</sup> période de la gestation, le poids de la lapine et de l'utérus sont plus élevés comparés à ceux de la lapine non gestante et leur évolution est similaire.

La composition corporelle de la lapine à ce stade est également améliorée, en revanche celle de l'utérus se caractérise par une rétention d'eau plus importante. Les dépôts protéiques et lipidiques sont insignifiants. Au cours de la 2<sup>ème</sup> période de la gestation, la croissance des fœtus (principalement des protéines et de l'eau) est accrue accompagné d'un catabolisme intensif (perte de protéines et de matières grasses) induisant une perte de poids vif de la lapine. Selon les mêmes auteurs, les besoins en énergie pour l'entretien ( $412,1 \text{ kJ} / \text{kg}^{0,75} / \text{jour}$ ) et l'efficacité de l'utilisation de l'énergie (44,7%) ne sont pas affectés de façon significative par la gestation.

**Tableau 12:** Evolution du poids vif, du poids de l'utérus et de la composition corporelle des lapines gestantes (Parigi-Bini et *al.*, 1990a)

	à la saillie	21 jours		30 jours	
		Lapine	Utérus	Lapine	Utérus
<b>Poids vif de la lapine (g)</b>	2970	+180	+193	-90	+454
<b>Composition chimique</b>					
<b>Eau</b>	61,0%	+56g	+164g	-51g	+365g
<b>Protéines</b>	21,5%	+44g	+18g	-19g	+54g
<b>Lipides</b>	14,6%	+65g	+9g	-13g	+24g
<b>Energie (MJ)</b>	30,3	+3,36	+0,74	-0,95	+2,12

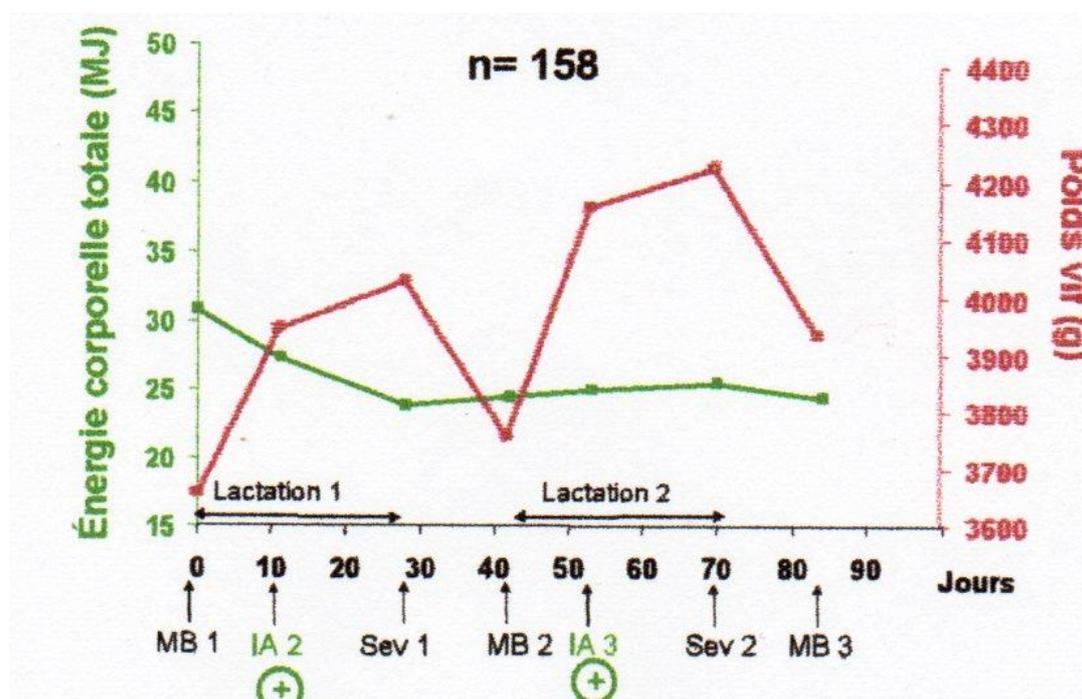
### 2-2-2- Etat corporel de la lapine allaitante

Comparée à d'autres espèces, la lapine allaitante utilise exceptionnellement beaucoup d'énergie en raison de la forte production de lait qui varie entre 200 et 300g / jour

renfermant des teneurs élevées en matière sèche (30-35%), en protéines (10 à 15%) et en graisses (12 à 15%) (Lebas, 1971 ; Pascual et *al.*, 1999a). Une lapine pesant 4 kg et qui produit 250g/jour de lait, consomme 752 kJ /jour /Kg de poids vif <sup>0.75</sup> (Pascual et *al.*, 2006).

Chez la lapine primipare, Pascual et *al.* (2002) rapportent une perte de 0,2 mm de gras péri-rénal durant les trois (03) premières semaines de lactation et atteint 0,9 mm à la dernière semaine.

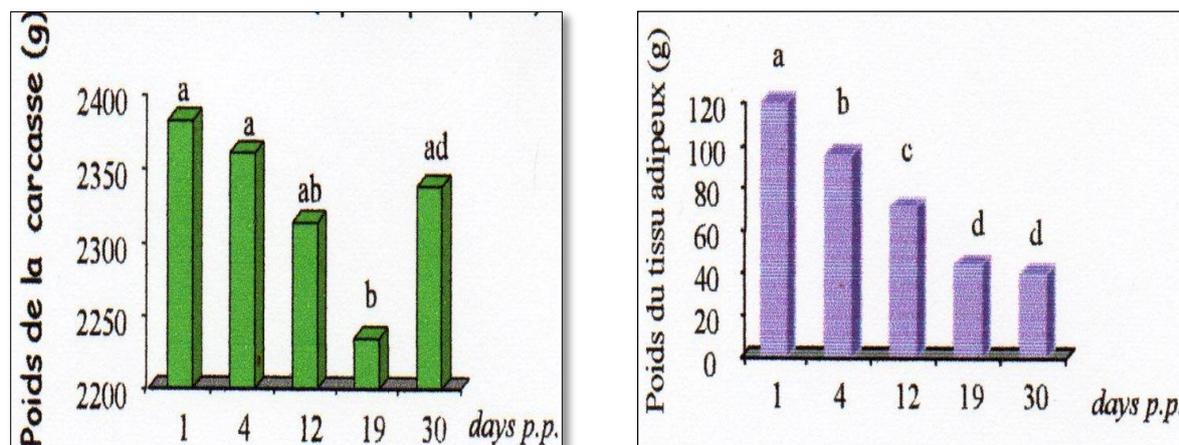
En utilisant la méthode TOBEC, Bolet et Fortun-Lamothe (2002) évaluent l'énergie corporelle des lapines reproductrices pendant plusieurs cycles (figure10) avec une réduction remarquable de 5 MJ chez la lapine primipare.



**Figure 10:** Poids vif et composition énergétique corporelle des lapines pendant leur vie reproductive (allaitante) lors de la deuxième et troisième insémination artificielle (Bolet et Fortun-Lamothe, 2002)

L'évolution de l'état nutritionnel des lapines primipares au cours de la lactation montre que le poids moyen des lapines et le poids des carcasses varient significativement en fonction du jour de l'insémination et donc du stade de lactation (Figure 11). Ces poids

augmentent de 1 à 12 jours *post partum* pour diminuer ensuite jusqu'à la période post-sevrage. Vingt quatre heures après l'IA, au moment de l'abattage, les poids des carcasses et des masses du gras péri-rénal diminuent progressivement de 1 à 19 jours *post partum* pour augmenter ensuite jusqu'à la période post-sevrage pour les carcasses et se stabilise pour le tissu adipeux péri-rénal. (Theau-Clement et Fortun-Lamothe, 2005).



**Figure 11:** Evolution du poids de la carcasse (à gauche) et du poids du tissu adipeux péri-rénal (à droite) au cours de la lactation des lapines primipares (Theau-Clément et Fortun-Lamothe, 2005)

### 2-2-3- Etat corporel de la lapine simultanément gestante et allaitante

Les facteurs influençant la reproduction des lapines simultanément gestantes et allaitantes ont fait l'objet de plusieurs travaux, afin d'assurer leur longévité productive. Ces facteurs concernent le type génétique (Quevedo et *al.*, 2006 ; Theilgaard et *al.*, 2009), la nutrition (Pascual et *al.*, 1999 ; Arias Alvarez et *al.*, 2010), l'état physiologique (Fortun-Lamothe et Prunier, 1999), le rythme de reproduction (Castellini et *al.*, 2003 ; Xiccato et *al.*, 2005 ; Rebollar et *al.*, 2009) et la durée de la lactation (Xiccato et *al.*, 2004 ; Sakr et *al.*, 2010). Aussi, l'effet de ces facteurs, agissant seuls ou en interaction, sur l'état corporel des lapines primipares ont été rapportés par Pascual et *al.*, 2002 ; Castellini et *al.*, 2006 ; Fortun-Lamothe, 2006 et Rebollar et *al.*, 2011.

En revanche, peu de travaux ont étudié l'effet direct qu'exercent les réserves corporelles sur la productivité des primipares. Theilgaard *et al.* (2006) et Cardinalli *et al.* (2008) montrent des variations de l'épaisseur du gras péri-rénal, entre le 10<sup>ème</sup> et le 21<sup>ème</sup> jour de lactation, estimées respectivement par l'utilisation d'ultrasons et par les réserves corporelles par palpation. Ces travaux indiquent la nécessité qu'un dépôt minimal de masse corporelle protéique est nécessaire afin d'optimiser leur activité de reproduction.

Taghouti *et al.* (2011) rapportent l'effet de la composition corporelle chimique des lapines primipares (protéines, matières grasses et énergie) estimée par la méthode bioélectrique, lors de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> inséminations artificielles (IA), sur la fertilité et la prolificité (Tableau 13).

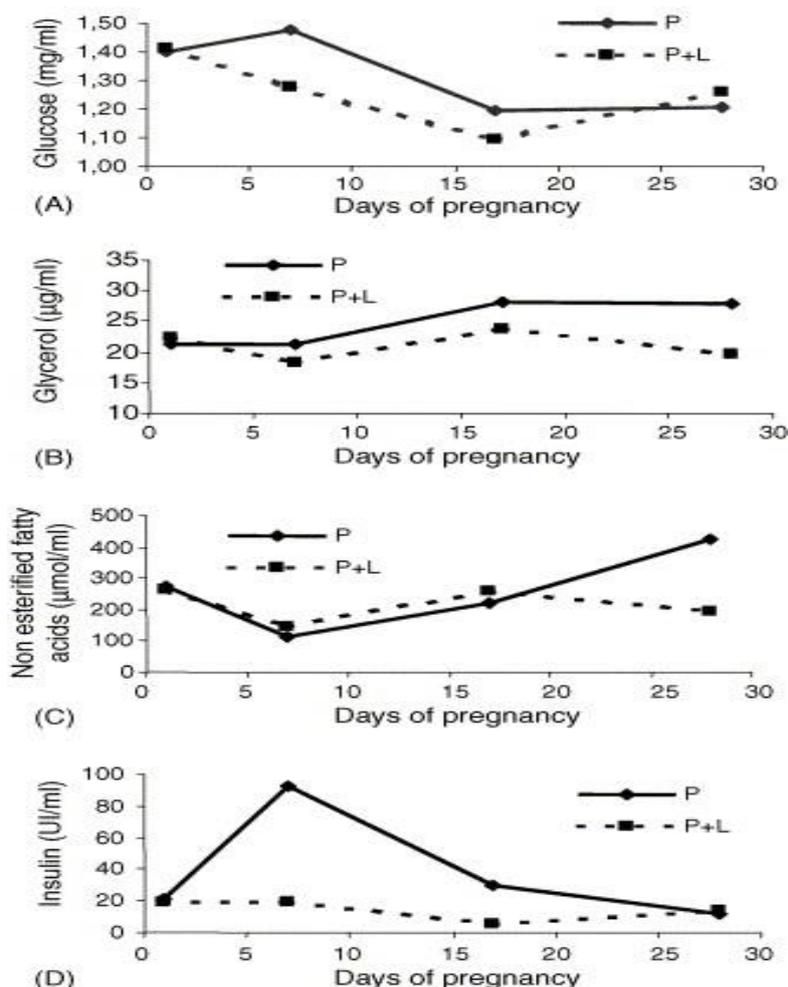
**Tableau 13:** Effet de la composition chimique des lapines dans les première et seconde inséminations sur leur fertilité et leur prolificité (Taghouti *et al.*, 2011)

Période	Fertilité				
	Paramètre	Niveau	Fertilité (%)	p-valeur	N
1 <sup>ère</sup> IA	Protéines %	16	19,9	0,007	130
		17	44,5		
		18	72,0		
	Matières grasses %	10	31,3	0,03	129
		15	50,4		
		20	69,5		
Energie KJ/100g	700	19,1	<0,001	129	
	1000	46,8			
	1400	83,6			
2 <sup>ème</sup> IA	Matières grasses %	10	25,2	<0,001	136
		15	53,7		
		20	80,0		
	Energie KJ /100g	800	29,3	<0,001	136
		1100	58,4		
		1300	76,1		
<b>Prolificité (en pourcentage de nés vivants)</b>					
2 <sup>ème</sup> IA	Protéines %	16	71,0	<0,001	83
		17	83,3		
		18	91,0		

IA : insémination artificielle, N : nombre de lapines

Lors de la première AI, la fertilité n'est pas affectée ni par le poids vif, ni par la composition corporelle. Toutefois, au jour de l'insémination IA (1<sup>ère</sup> ou 2<sup>ème</sup>), l'augmentation de la proportion des protéines de 16 à 17% et 18% et de l'énergie de 700 à 1400 KJ /100g entraînent un taux de nés vivants supérieur (88,7 à 92,5% et 95,2% ;  $P < 0,05$ ). Lorsque la teneur en énergie corporelle de la lapine est supérieure à la moyenne (1100 vs. 1300 vs.  $1057 \pm 233$  kJ / 100g), le taux de nés vivant augmente de 93,4 à 93,8 et 95,0% respectivement (Taghouti et *al.*, 2011).

Le dosage des métabolites sanguins (glucose, NEFA) et les hormones (glycerol, insuline) informent sur l'état nutritionnel des femelles en différents stades physiologiques. La figure 12 suivante montre l'évolution de ces derniers pendant la gestation et selon que la lapine soit gestante ou simultanément gestante et allaitante.

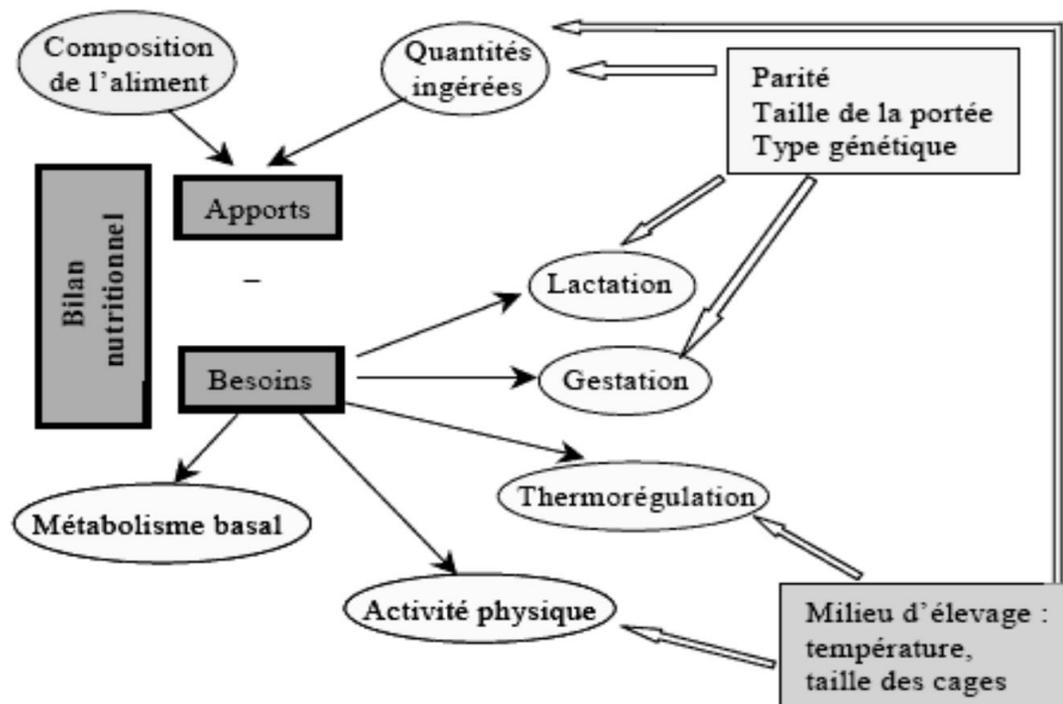


**Figure 12** : Evolution du glucose, acides gras non estérifiés, insuline et glycérol des lapines simultanément gestantes et allaitantes (P+L) ou gestantes seulement (P) (Fortun, 1994).

### 3- Bilan énergétique de la lapine en reproduction

Selon Fortun-Lamothe (2006), le bilan énergétique des femelles (calculé par différence entre les apports nutritionnels d'origine alimentaire et les besoins) est influencé par différents facteurs intrinsèques (parité, taille de la portée, type génétique) ainsi que des facteurs extrinsèques (rythme de reproduction, température, bâtiment et cages d'élevage, aliment). La figure 13 montre les différents facteurs de variation du bilan énergétique.

Bilan énergétique des lapines et facteurs de variation (Lamothe, 2003)



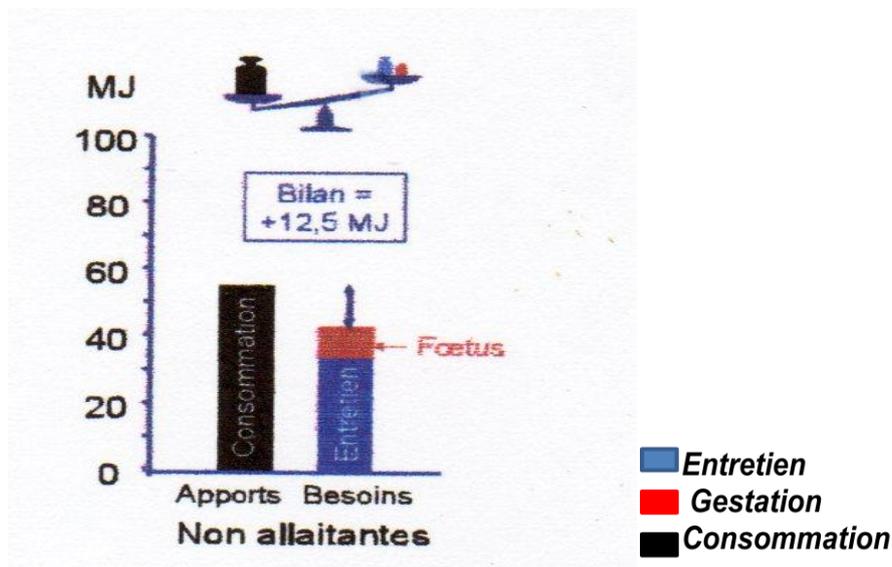
**Figure 13:** Facteurs de variation du bilan énergétique des lapines

(Fortun-Lamothe, 2003)

#### 3-1- Bilan énergétique de la lapine gestante

Pendant la gestation, la consommation d'aliment des lapines augmente entre 25 et 50%. Lors des trois premières semaines, les besoins pour la croissance des fœtus sont faibles et le bilan énergétique des femelles est positif avec plus de 3,36 MJ chez les femelles non allaitantes, ce qui se traduit par une augmentation des réserves

corporelles lipidiques (+65 g). Par contre, lors de la dernière semaine de gestation, les besoins énergétiques consacrés au développement de l'utérus gravide augmentent très fortement alors que l'ingestion d'aliment diminue, chez quelques femelles, jusqu'à ce qu'elles s'arrêtent de s'alimenter les heures qui précèdent la mise bas. Cela engendre un bilan énergétique négatif de -0,95 MJ pendant cette période de gestation résultant du transfert de l'énergie mobilisée à partir de la masse adipeuse corporelle (-13 g) vers les fœtus (Parigi-Bini *et al.*, 1990a). Les mêmes auteurs estiment que sur toute la durée de la première gestation, le bilan est donc positif (+2,41 MJ) et se traduit par un stockage corporel de lipides de +52 g (équivalent de +13%) et de protéines de +25 g (équivalent de +4%).



**Figure 14:** Balance énergétique de la lapine gestante (seconde gestation)

(Fortun et Lebas, 1994a).

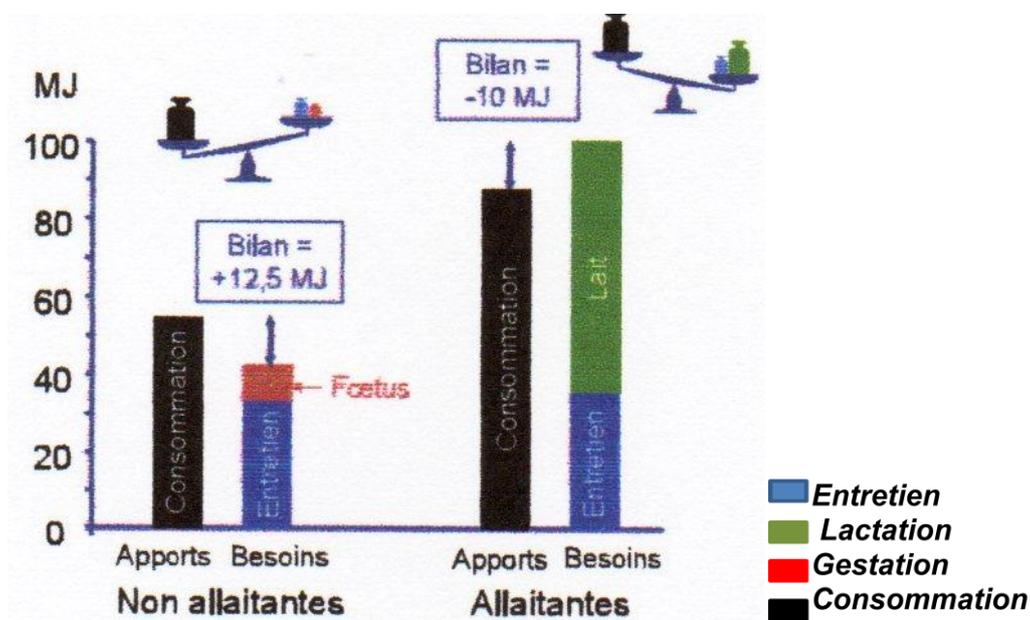
### 3-2- Bilan énergétique de la lapine allaitante

Lors de la lactation, la consommation d'aliment des femelles augmente également très fortement (+60 à +75%), ce qui se traduit par une ingestion d'énergie digestible maximale de 3,70 MJ/jour. Mais cette augmentation est insuffisante pour couvrir les besoins liés à l'entretien (1,27 MJ/jour) et à la production laitière (2,90 MJ/jour) (Parigi-Bini *et al.*, 1990), sachant que l'énergie utilisée par les femelles pour leur

production proviendrait pour 80% environ de l'ingestion d'aliment et pour 20% environ de la mobilisation des réserves corporelles (Fortun-Lamothe, 2003).

Xiccato *et al.*, (2004) précisent que quelques jours après la mise bas, la lapine a une balance énergétique positive, mais cette situation est vite renversée au 20<sup>ème</sup> jour de lactation avec un déficit estimé à -0,8MJ/jour. Ce déficit coïncide avec la chute de la production laitière au 21<sup>ème</sup> jour. Selon Parigi-Bini *et al.* (1990), il en résulte un bilan énergétique hautement négatif au cours de la première lactation (-12,30 MJ) et une mobilisation corporelle lipidique importante (-287 g = -52%).

Lors de la deuxième gestation, Fortun et Lebas (1994a) rapportent que le bilan énergétique est positif (+12.5MJ) chez les lapines non allaitantes mais négatif (-10MJ) chez les femelles allaitantes (Figure 15).



**Figure 15:** Balance énergétique de la lapine gestante, allaitante ou pas, lors de leur seconde gestation (Fortun et Lebas, 1994a).

### 3-3- Bilan énergétique de la lapine gestante et allaitante

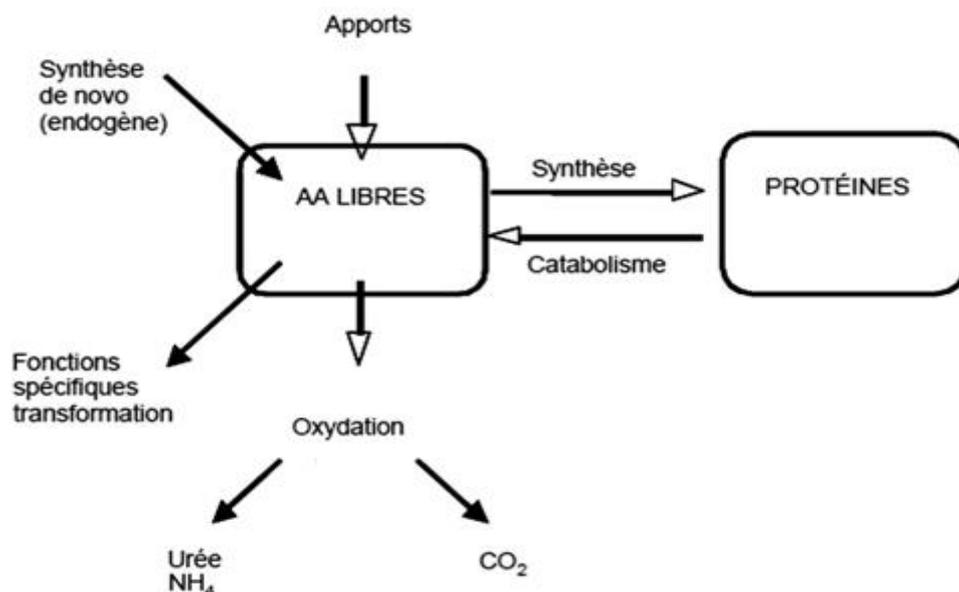
Lorsque la lapine est simultanément gestante et allaitante, ses besoins en nutriments, spécifiquement en énergie, doublent par rapport à ceux d'une femelle seulement gestante (Martinez-Gomez *et al.*, 2004). Lorsque la femelle est fécondée pendant la lactation, ce qui est très fréquent chez cette espèce dans les élevages rationnels, la gestation et la lactation se superposent et les besoins de la production de lait et ceux de

la croissance des fœtus s'additionnent, sachant que ces deux fonctions (gestation et surtout lactation) sont très concurrentes et très coûteuses en énergie (Xiccato, 1996; Pascual, *et al.*, 2000). Cette concurrence est due à une utilisation de l'énergie entre les différents compartiments corporels de la mère (corps maternel, utérus gravide) ou de la production (production de lait, fœtus).

Le bilan énergétique dépend de l'état physiologique de la femelle et de ses apports en nutriments. Lors du dernier tiers de la gestation les besoins augmentent, ce qui est en relation directe avec le développement du fœtus et les tissus utéro-placentaires qui nécessitent principalement le glucose et les acides aminés qui constituent les principaux substrats énergétiques. Ces derniers participent également à la production du colostrum et du lait. En période de lactation, les besoins se basent au départ sur la mammogénèse puis sur la lactogénèse pour assurer la production du colostrum et du lait pour les portées.

## Métabolisme Protéique chez La Lapine Reproductrice

Les protéines brutes et les acides aminés sont les unités les plus couramment utilisées pour exprimer les besoins des animaux en azote et la valeur nutritive des aliments. Les protéines sont renouvelées en permanence par des processus biochimiques consommant de l'énergie et associant synthèse et catabolisme protéique. Ce renouvellement est modulé par de multiples facteurs physiologiques et pathologiques. Ce phénomène contribue au maintien de la masse des protéines corporelles résultant de l'équilibre entre synthèse et catabolisme protéique selon un rythme dépendant des apports alimentaires (figure 16). Cette figure montre le métabolisme protéique chez un sujet adulte et sain.



**Figure 16:** Schéma du métabolisme protéique (Beaufrère, 2011)

L'équation de base du bilan azoté est la suivante :

Bilan azoté = apports en azote – (azote urinaire + azote fécal + autres pertes azotées)

Chez le lapin, les protéines alimentaires sont impliquées dans le renouvellement et le développement continu de la muqueuse intestinale (Gidenne *et al.*, 2010).

## 1- Besoins protéiques de la lapine reproductrice

### 1-1-Besoins d'entretien

Selon la bibliographie, les besoins d'entretien ne sont estimés que sur des animaux en période de croissance qui s'étale du sevrage jusqu'à l'âge de l'abattage, ainsi que la période de la préparation des animaux pour la reproduction et de la première gestation puisque la lapine mise en reproduction n'a pas encore fini sa croissance.

Les besoins protéiques d'entretien ont été estimés chez les lapins entre le sevrage et l'âge de l'abattage par Patridge et *al.* (1989) et Fernandez et Fraga (1996) à 2,9g de protéines digestibles/jour/poids vif<sup>0,75</sup>.

Plus récemment, Jian-Min et *al.* (2009) ont estimé les besoins azotés d'entretien des lapins de laboratoire en croissance (entre 6 et 17 semaines d'âge) en moyenne à 485 mg / jour/ kg de poids vif<sup>0,75</sup>, ce qui équivaut à 3,03 g de protéines brutes / kg de poids vif<sup>0,75</sup>. Les auteurs ont conclu qu'une faible consommation de protéines augmenterait le taux d'excrétion d'azote suggérant que le catabolisme des protéines pourrait se produire en mobilisant les protéines de l'organisme, afin de répondre aux besoins d'entretien.

Chez la lapine gestante et/ou allaitante nullipare, les besoins protéiques d'entretien, estimés par la technique d'abattage, sont de 3,76-3,80g de protéines digestibles / kg de poids vif<sup>0,75</sup> (Parigi-Bini et *al.*, 1991 ; Parigi-Bini et Xiccato, 1993).

### 1-2- Besoins de croissance

Les besoins en protéines digestibles chez le lapin varient en fonction du taux de croissance. Xiccato et Trocino (2010) précisent que la concentration en protéines de la carcasse des animaux abattus passe de 120 g/kg à la naissance à 170g/kg à 5 semaines d'âge (correspondant à l'âge du sevrage) puis à 200 g/kg à 12 semaines d'âge pour se stabiliser par la suite.

Trocino et *al.* (2000) soulignent que l'efficacité d'utilisation des protéines digestibles ingérées pour la croissance est estimée à 0,56. La rétention des protéines diminue de manière linéaire de 0,4 à 0,1 avec une augmentation du poids vif en raison de leur utilisation pour les besoins d'entretien.

### 1-3-Besoins de gestation

Les besoins des lapines gestantes en protéines digestibles sont exponentiels vu le développement des fœtus qui est très réduit au début mais qui accélère les dix derniers jours de la gestation.

Selon Parigi-Bini et *al.* (1992), l'efficacité d'utilisation des protéines digestibles pour la synthèse des protéines fœtales est de 0,42 et 0,46 respectivement chez les femelles allaitantes et celles simultanément gestantes et allaitantes. Le tableau 11 montre le gain de poids vif des lapines gestantes ainsi que leur rétention en protéines.

Chez les lapines gestantes, le gain de poids ainsi que les protéines retenues évoluent linéairement entre le 21<sup>ème</sup> jour et la fin de gestation. La lapine a tendance à accroître son poids vif au début pour qu'à la fin de la gestation, elle puisse mobiliser ses réserves énergétiques et protéiques (perte de poids initial) dans l'objectif d'assurer la croissance des fœtus. Cela s'explique par l'augmentation accrue du poids de l'utérus et particulièrement la quantité de protéines retenues dans l'utérus (tableau 14).

**Tableau 14:** Gain de poids corporel de la lapine au cours de la gestation

(Parigi-Bini et *al.*, 1990a)

Paramètre (g)	0-21 jours de gestation		21-30 jours de gestation	
	Lapine	Utérus gravide	Lapine	Utérus gravide
Gain de poids corporel	180	193	-90	454
Protéines retenues	44	18	-19	54

### 1-4- Besoins de lactation

La forte production laitière et la forte concentration du lait en protéines (110-130g / Kg) accentuent encore plus les exigences élevées en protéines des reproductrices pour assurer la synthèse du lait (Maertens et *al.*, 2006a). Lorsque la femelle est simultanément gestante et allaitante, les besoins en énergie ainsi qu'en protéines

augmentent, ce qui dépendrait principalement du rythme de reproduction utilisé et donc de la durée de la simultanéité de la lactation et de la gestation.

Selon Parigi-Bini et *al.* (1992) et Xiccato et *al.* (2004), chez la lapine primipare lorsque le rythme de reproduction est intensif, les pertes des protéines corporelles sont limitées à 5-10% de la concentration corporelle initiale (tableau 15). Selon Xiccato et *al.* (2005), chez la lapine multipare, un bilan protéique négatif est parfois signalé contrairement à la lapine primipare.

Chez la lapine allaitante, l'efficacité d'utilisation des protéines digestibles ingérées pour la production de lait est estimée à 0,59, alors que chez la lapine simultanément gestante et allaitante, cette valeur est de 0,60-0,61.

**Tableau 15:** Balance protéique de la lapine en première lactation selon son statut physiologique (Xiccato et *al.*, 1995)

	Lapine allaitante	Lapine gestante et allaitante
Gain de poids corporel (g)	184	-131
Protéines retenues (g)	75	-38
Balance protéique (%)	11	-6

## 2- Besoins en acides aminés de la lapine reproductrice

Chez le lapin, Lebas et *al.* (1996) soulignent que dix des 21 acides aminés constituant les protéines, sont indispensables pour leur croissance. La quantité consommée d'un aliment équilibré en acides aminés essentiels est toujours plus importante qu'un aliment carencé. Ce niveau optimal d'un acide aminé dépendrait de l'équilibre entre les différents acides aminés ainsi que de la teneur énergétique de l'aliment distribué. Villamide et *al.* (2010) montrent une variation de la digestibilité fécale apparente des acides aminés chez le lapin et ce quelque soit leur origine (acides aminés d'origine alimentaire ou synthétique).

Chez tous les mammifères qui allaitent, y compris les lapines, les femelles ont besoin d'une grande quantité d'acides aminés pour la croissance fœtale et soutenir la fonction des glandes mammaires pendant l'allaitement (Manjarin et *al.*, 2014 ; Rezaei et

*al.*, 2016). Le tableau 16 indique les normes recommandées en acides aminés à utiliser lors de la formulation des aliments pour les lignées européennes (Lebas, 2004).

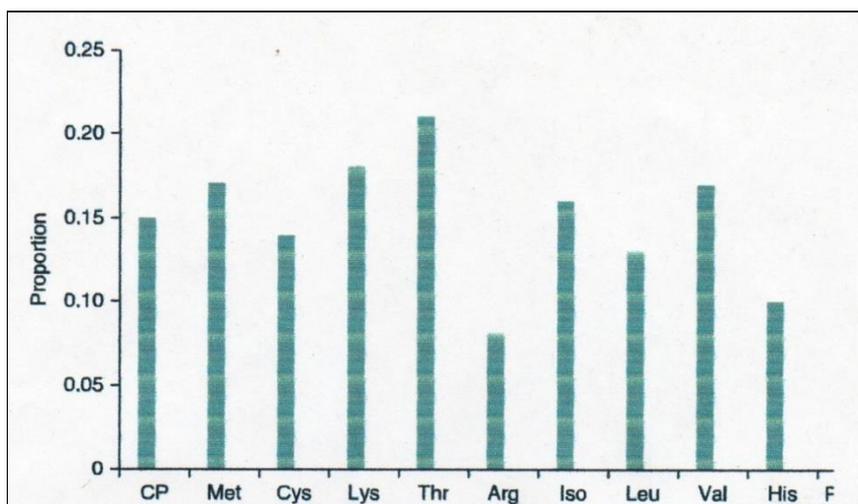
**Tableau 16:** Taux d'acides aminés à respecter dans l'aliment pour maximiser la productivité des lapines reproductrices européennes (Lebas, 2004)

Type de production sauf indication spéciale unité = g/kg d'aliment	REPRODUCTION		Aliment Unique (1)
	Intensive	½ intensive	
<i>Acides aminés</i>			
- lysine	8,5	8,2	8,0
- acides aminés soufrés (méthionine+cystine)	6,2	6,0	6,0
- thréonine	7,0	7,0	6,0
- tryptophane	1,5	1,5	1,4
- arginine	8,0	8,0	8,0

(1) Aliment Unique : Composition recommandée pour un aliment qui sera consommé par tous les lapins d'un élevage. Il n'est optimum pour aucune catégorie de lapins, les performances seront donc un peu altérées par rapport à l'usage d'aliments spécialisés.

Le tableau 16 ne montre aucune différence des besoins en acides aminés essentiels quelque soit le rythme de reproduction utilisé chez la lapine.

Chez la lapine allaitante, Nicodemus et *al.* (1999) rapportent une augmentation des apports en acides aminés dans les crottes molles par rapport à l'apport en protéines brutes, les proportions et les types d'acides aminés sont illustrés dans la figure 17.



**Figure 17:** Proportion des acides aminés par rapport à l'apport en protéines brutes (CP) dans les crottes molles (Nicodemus et *al.*, 1999)

Selon Pomytko et *al.*, (1978), l'addition de lysine (0,23%) à des aliments contenant entre 15% et 18% de protéines digestibles, améliorerait le poids et taille de la portée sous la mère. Par ailleurs, Taboada et *al.* (1996) trouvent une amélioration de la production laitière des lapines et de l'intervalle entre parturitions en distribuant un aliment contenant 0,63% d'acides aminés sulfurés (méthionine, cystine), comparée à la teneur minimale de 0,54% recommandée pour les lapines reproductrices de race Neo Zélandaise. Pour un maximum de production laitière et une meilleure croissance des portées, Taboada et *al.* (1994) préconisent 6,8g de lysine par Kg d'aliment et entre 6,7 et 8,0g pour de meilleures performances de reproduction.

De Blas et *al.* (1998) recommandent un minimum de 5,8g de thréonine et un optimum de 6,4g pour favoriser l'ingéré alimentaire et augmenter la production laitière des lapines. Aussi, des concentrations plus élevées ou plus faibles diminuent à la fois le nombre de petits sevrés et l'efficacité alimentaire.

## Conclusion

Le métabolisme protéique dépend en grande partie de l'ingéré alimentaire sans pour autant, négliger le stade physiologique de la femelle. La qualité et la quantité d'acides aminés disponibles dans l'aliment distribué influent considérablement sur les paramètres de reproduction et de production de la lapine.

# **Partie**

# **Expérimentale**

## **OBJECTIFS**

Dans le cadre de la création du laboratoire de recherche « Santé et production animales » à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, un programme de recherche portant sur « L'étude des facteurs influençant la productivité de l'élevage cynicole » a été mis en place au sein de l'équipe dirigée par le Professeur AINBAZIZ Hacina.

Le programme vise la caractérisation du lapin de population locale utilisé dans les élevages. Ainsi, plusieurs travaux effectués par les membres de l'équipe ont concerné divers aspects tels que la reproduction, l'alimentation et la santé du lapin local.

Cette thèse s'insère dans cette thématique de recherche et a fait partie de projets nationaux de recherche (CNEPRU, PNR). Les essais menés dans le cadre de cette thèse constituent une complémentarité à ceux réalisés au sein du laboratoire, à l'exemple des travaux s'intéressant à l'effet de la composition de l'aliment sur la croissance du jeune lapereau et également sur la qualité du sperme du lapin local.

L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet de la teneur énergétique et protéique de l'aliment distribué à des lapines locales nullipares, mises en place dans des conditions d'élevages algériennes. Aussi, les deux premières parités sont prises en considération. Les paramètres zootechniques des lapines et de leurs portées sont suivis. Le profil métabolique des femelles est étudié afin d'expliquer et de mieux comprendre la physiologie de la nutrition de la lapine locale en reproduction.

En ce sens, nos travaux s'articulent autour de deux parties traitant de l'étude de:

- ✓ L'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les performances de production et de reproduction des lapines et sur les paramètres sanguins métaboliques,
- ✓ L'effet de la teneur protéique de l'aliment sur les performances de production et de reproduction des lapines et sur les paramètres sanguins métaboliques.

Le contrôle des marqueurs sanguins est effectué afin de mieux comprendre les modifications physiologiques selon l'état nutritionnel des lapines en reproduction.

## **Matériel et méthodes**

La partie expérimentale de nos travaux est partagée en deux parties selon les aliments testés et le lieu de l'expérimentation.

- la première partie, effectuée à l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali (ITELv) concernait l'étude de l'impact de trois (03) aliments différents par leur teneur énergétique sur la reproduction des lapines.

- la deuxième partie, réalisée à l'Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger (ENSV), avait pour but de déterminer l'effet de trois (03) aliments contenant différentes teneurs protéiques sur la reproduction des lapines.

Pour éviter toute répétition dans la description des matériels et méthodes utilisés et des protocoles suivis lors de nos travaux, cette partie de la thèse sera commune pour les deux (02) parties expérimentales, tout en spécifiant les quelques différences qui existent entre elles.

### **Lieu et durée de l'expérimentation**

La première expérimentation a été effectuée dans le clapier de la station expérimentale des monogastriques de l'Institut Technique des Elevages (ITELv) de Baba Ali, Alger (figure 16) durant l'année 2011 (du mois de mai au mois de septembre).

La deuxième expérimentation a été menée dans le clapier de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, Alger (figure 17) durant l'année 2013 (du mois de décembre 2012 au mois de septembre 2013).

### **Le bâtiment d'élevage 1 (ITELv)**

Le bâtiment d'élevage d'une superficie de 220m<sup>2</sup>, est une bâtisse construite en dur d'orientation est-ouest, avec une toiture métallique ayant un faux plafond en polyester pour l'isolation. Il est constitué de deux salles séparées d'un hall :

-La salle de maternité est d'une superficie de 120m<sup>2</sup>. Elle comprend trois modules de cages séparés par des couloirs de passage. Les cages sont conçues en grillage

métallique galvanisé en comptant 20 cages pour un module et 40 cages pour chacun des deux autres modules (figure 18). Les cages sont individuelles, disposées en Flat Deck et réparties en 90 cages pour les femelles reproductrices, 16 cages pour les mâles reproducteurs et 16 cages pour les animaux de remplacement. Les cages sont munies chacune d'un abreuvoir automatique (une tétine), une mangeoire de capacité de 2 kg et d'une boîte à nid en bois disposée de l'extérieur et séparée de la cage par un portillon. La salle de maternité est munie de 2 Pad Coolings, de 6 fenêtres et de trois extracteurs électriques (l'un sur le mur et deux autres au niveau des fosses à déjections). Le programme lumineux est de 16h d'éclairage/24h avec une intensité de 28 lux/m<sup>2</sup>.

-La salle d'engraissement est de 72m<sup>2</sup> de superficie. Elle est constituée de 144 cages réparties en 3 modules parallèles séparés par des couloirs de passage. Les cages sont métalliques, galvanisées et collectives, de type californienne à deux étages. Elles sont munies de tétines pour l'abreuvement et d'une mangeoire d'une capacité de 5kg.

-Le hall sépare les deux salles décrites précédemment, c'est une salle de réception, de pesée, de prélèvements sanguins et surtout de stockage des aliments de et des produits vétérinaires. Devant chaque entrée des deux salles, des pédiluves y sont placés.

Les températures et l'hygrométrie sont notées quotidiennement à 9h00 (température : 19-26 °C et humidité : 63-86% RH).



**Figure 18:** Le clapier de l'expérimentation(ITElv)

à gauche : vue de l'extérieur      à droite : vue intérieure.

## **Le bâtiment d'élevage 2 (ENSV)**

Le clapier de l'ENSV de superficie de 72m<sup>2</sup>, est une bâtisse construite en dur, avec une toiture semi-ouverte avec des murs ayant six (06) fenêtres, permettant une ventilation naturelle (figure 19). L'éclairage du bâtiment est naturel (par les fenêtres), il est également assuré par deux (02) néons fonctionnels en cas de nécessité lors des périodes de luminosité courtes inférieures à 16h. Lorsque les températures diminuent fortement en saison hivernale, deux radiants à gaz sont mis en place. Il est à signaler que les animaux de toute catégorie sont élevés dans ce même bâtiment ;

- ce dernier est muni de 4 modules de maternité (figure 19), les cages sont individuelles, disposées en Flat Deck au nombre de 32 consacrées aux femelles reproductrices.



**Figure 19:** Le clapier de l'expérimentation(ENSV)

à gauche : vue de l'extérieur      à droite : vue intérieure.

Les cages sont munies chacune d'un abreuvoir automatique (une tétine), une mangeoire de capacité de 1,5 kg et d'une boîte à nid en bois disposée à l'extérieur et séparée de la cage par un portillon.

- Les mâles reproducteurs sont placés dans des cages individuelles et les lapereaux sevrés, regroupés par portée, occupent les vingt-quatre (24) cages de trois (03) modules d'engraissement de type californien à deux (02) étages. Un couloir sépare cette rangée de cages d'engraissement des modules de maternité, afin de faciliter l'accès et les manipulations.

- A l'entrée du bâtiment, une partie est consacrée au stockage des aliments, des produits vétérinaires et d'entretien, ainsi qu'aux diverses manipulations (pesée, prélèvements sanguins, soins...)

### **Les animaux de l'essai 1**

Un effectif de 75 lapines nullipares et de 12 mâles reproducteurs de population locale a été mis en place. Les mâles sont âgés entre 6 et 8 mois et pèsent  $2600g \pm 11$ . Les femelles sont âgées entre 4,5 et 6 mois et ont un poids initial lors de la mise en place de  $2744g \pm 83$ . Elles sont originaires de 3 élevages différents :

- 30 lapines nées et élevées dans le bâtiment de l'expérimentation de l'ITELv, issues d'un élevage tenu fermé depuis plusieurs générations (depuis 1998).
- 24 lapines nées et élevées dans le clapier de l'ENSV, issues de parents provenant de la coopérative cunicole « COOPAPIST » installée dans la région de Tizi Ouzou.
- 21 lapines provenant de l'élevage cunicole de Djebba, Wilaya de Tizi Ouzou.

Les femelles sont de phénotype très variable (66,7% de robe unicolore et 33,3% de robe bicolore) :

Robe unicolore : Noire : 30,7%, blanche : 6,7%, fauve : 9,3%, grise : 14,7% et marron : 5,3%

Robe bicolore : un mélange de deux couleurs citées auparavant, avec une prédominance de noir et blanc (24%).

Les animaux sont répartis en 3 groupes identiques, en tenant compte de leurs poids, de l'âge, de l'origine et du phénotype. Chaque lot est composé de 25 femelles et 4 mâles. Tous ces animaux sont soumis aux mêmes conditions d'élevage.

### **Les animaux de l'essai 2**

Un effectif de 52 lapines nullipares et de 06 mâles reproducteurs de population locale a été mis en place. Les mâles sont âgés entre 4,5 et 6 mois et pèsent  $2865g \pm 21$ . Les femelles sont âgées entre 4,5 et 5 mois et ont un poids initial lors de la mise en place de  $3115g \pm 71$ .

Comme le premier essai, les femelles sont de phénotype très variable (96,2% de robe unicolore et 3,8% de robe bicolore et tricolore) :

Robe unicolore : Noire : 34,6%, blanche : 19,2%, fauve : 19,2%, grise : 19,2% et marron : 3,8%

Robe bicolore : un mélange de blanc et noir (1,9%)

Robe tricolore : un mélange de blanc, gris et fauve (1,9%)

Les animaux sont répartis en 3 groupes identiques, en tenant compte du poids et du phénotype. Chaque lot est composé de 17 ou 18 femelles et 2 mâles. Tous les animaux sont soumis aux mêmes conditions d'élevage.

### **Alimentation et rationnement des lapines des deux essais**

L'aliment distribué aux animaux est sous forme de granulés, mélangé et fabriqué au niveau de la SARL « La production nationale » de Bouzaréah. L'analyse de l'aliment est réalisée au niveau du laboratoire de zootechnie de l'ENSV pour les paramètres MS, MAT, MG et MM, au niveau du laboratoire de l'ITElv pour la cellulose brute, au niveau du laboratoire de nutrition du département productions animales de l'université de Liège, Belgique, pour les paramètres ADF et NDF et au niveau du laboratoire des productions animales Agro-Bio Tech de Gembloux, Belgique, pour l'énergie brute.

Six (06) aliments sont formulés à l'aide du logiciel *Allix* pour répondre aux critères recherchés :

**\*Essai 1** : trois (03) aliments iso protéiques à 15% de protéines totales et à différents taux énergétiques (2300, 2450 et 2600 kcal/kg ED respectivement pour les aliments A, B et C). Les caractéristiques nutritionnelles théoriques et mesurées sont consignées respectivement dans les tableaux 17 et 18.

**Tableau 17:** Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux de l'essai 1

	<b>Aliment A</b>	<b>Aliment B</b>	<b>Aliment C</b>
<b>Ingrédients (%):</b>			
Mais	-	12,4	32,0
Luzerne	35,4	39,7	43,2
Orge	20,6	18,6	7,0
Tourteau de soja,	8,0	11,0	13,0
Son de blé	32,5	15,0	2,0
Calcaire	1,0	0,5	0,2
Phosphate bicalcique	1,5	1,8	1,6
Complexe minéralo-vitaminé <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0
<b>Composition chimique calculée</b>			
Energie digestible (kcal/kg)	<b>2300</b>	<b>2450</b>	<b>2600</b>
Cellulose brute (%)	14	14	13,87
Cellulose brute indigestible (%)	11,72	11,84	11,86
Protéine brute(%)	<b>15,14</b>	<b>15,17</b>	<b>15</b>
Méthionine - cystine (%)	0,51	0,50	0,49
Lysine (%)	0,71	0,73	0,73
Calcium (%)	1,48	1,42	1,32
Phosphore total (%)	0,8	0,75	0,61

- <sup>1</sup> Composition du complément minéralo-vitaminé : vitamine B6,100 mg; acide folique:200mg, vitamine D1 : 200mg ; biotine :4mg ; clorure de choline :18mg ;Co :40 mg ; ; Fe : 4000 mg ;Cu: 1000 mg ; Mn, 2000 mg; I, 80 mg; Zn, 6000 mg; Se, 8 mg; Mg,26000mg; S, 6800mg.

**Tableau 18:** Composition chimique des aliments de l'essai 1

	Aliment A	Aliment B	Aliment C
<b>Composition chimique (/MS)</b>			
Matière sèche (MS) %	87,9	87,9	88,0
Matière azotée totale (MAT)%	14,3	14,2	14,2
Matière grasse (MG)%	2	2,3	2,6
Matière minérale (MM)%	9,8	10,9	11,9
Cellulose brute%	10,5	10,8	10,6
ADF %	16,80	18,0	20,5
NDF%	52,2	38,7	40,9
Energie brute (kcal/kg)	4034	4147	4214

T: régime faible en énergie, A: régime moyen en énergie, B: régime riche en énergie

**\*Essai 2 :** trois (03) aliments iso énergétiques à 2600 kcal/kg ED et à différents taux protéiques (15, 17 et 19% de protéines digestibles) respectivement pour les aliments L, M et H. Les caractéristiques nutritionnelles théoriques et mesurées sont consignées respectivement dans les tableaux 19 et 20.

**Tableau 19:** Caractéristiques nutritionnelles des aliments expérimentaux de l'essai 2

	Aliment L	Aliment M	Aliment H
<b>Ingrédients (%):</b>			
Maïs	35,0	28,0	23,0
Luzerne	44,1	43,5	43,6
Orge	4,4	6,3	5,6
Tourteau de soja,	11,7	17,1	22,5
Son de blé	2,0	2,3	2,5
Phosphate bicalcique	1,8	1,8	1,8
Complexe minéralo-vitaminé <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0

**Tableau 19 suite**

<b>Composition chimique calculée</b>			
Energie digestible (kcal/kg)	<b>2600</b>	<b>2600</b>	<b>2600</b>
Cellulose brute (%)	13,9	13,9	14,0
Cellulose brute indigestible (%)	11,5	11,6	11,6
Protéine brute(%)	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>19</b>
Méthionine - cystine (%)	0,49	0,54	0,59
Lysine (%)	0,73	0,87	1,0
Calcium (%)	1,48	1,48	1,50
Phosphore total (%)	0,59	0,61	0,63

<sup>1</sup> Composition du complément minéralo-vitaminé : vitamine B6,100 mg; acide folique:200mg, vitamine D1 : 200mg ; biotine :4mg ; chlorure de choline :18mg ;Co :40 mg ; ; Fe : 4000 mg ;Cu: 1000 mg ; Mn, 2000 mg; I, 80 mg; Zn, 6000 mg; Se, 8 mg; Mg,26000mg; S, 6800mg.

**Tableau 20:** Composition chimique des aliments de l'essai 2

	<b>Aliment L</b>	<b>Aliment M</b>	<b>Aliment H</b>
<b>Composition chimique (/MS)</b>			
Matière sèche (MS) %	89,3	89,5	89,6
Matière azotée totale (MAT)%	15,5	17,5	18,9
Matière grasse (MG)%	1,66	2	2,33
Matière minérale (MM)%	7,71	10,07	8,40
Cellulose brute%	11,88	13,88	13,03
ADF %	15,89	17,14	16,01
NDF%	35,33	45,08	41,79
Énergie brute (kcal/kg)	4365,0	4344,2	4384,2

L: régime faible en protéines, M: régime moyen en protéines, H: régime riche en protéines

Dans les deux essais, les animaux sont rationnés comme suit :

Les reproducteurs mâles sont rationnés à 100 g / jour (une pratique de l'ITELv).

Les femelles avant toute saillie et quand elles sont ni gestantes ni allaitantes, sont rationnées à 100 g / jour. Les femelles gestantes et/ou allaitantes reçoivent l'aliment *ad libitum* jusqu'au sevrage.

### **Abreuvement**

L'abreuvement est automatique et à volonté. Il est assuré par des tétines dans chaque cage montées sur un tuyau de plomberie qui passe en dessus des cages de chaque module et relié à deux (02) bassines munies de flotteurs et de capacité de 80L chacune à la salle de maternité de l'ITELv et de cinq (05) bidons de capacité globale de 150L reliées aux modules des cages mères au niveau du clapier de l'ENSV.

### **Conduite et suivi de la reproduction**

La saillie est naturelle, les animaux ont été répartis dans des cages individuelles et les saillies ont été faites dans les cages des mâles. Si les femelles refusent trois fois la saillie de différents mâles, elles sont éliminées du cheptel de l'essai. Le nombre de saillies effectuées par mâle est de 4 au maximum par jour. Le rythme de reproduction utilisé est le semi intensif (saillies entre 10 à 12 jours *post partum*).

Le diagnostic de gestation est fait par palpation abdominale à 10 jours *post coïtum*. Les femelles palpées négatives ont été directement présentées de nouveau aux mâles. Elles sont éliminées pour infertilité après 3 saillies positives et palpations négatives.

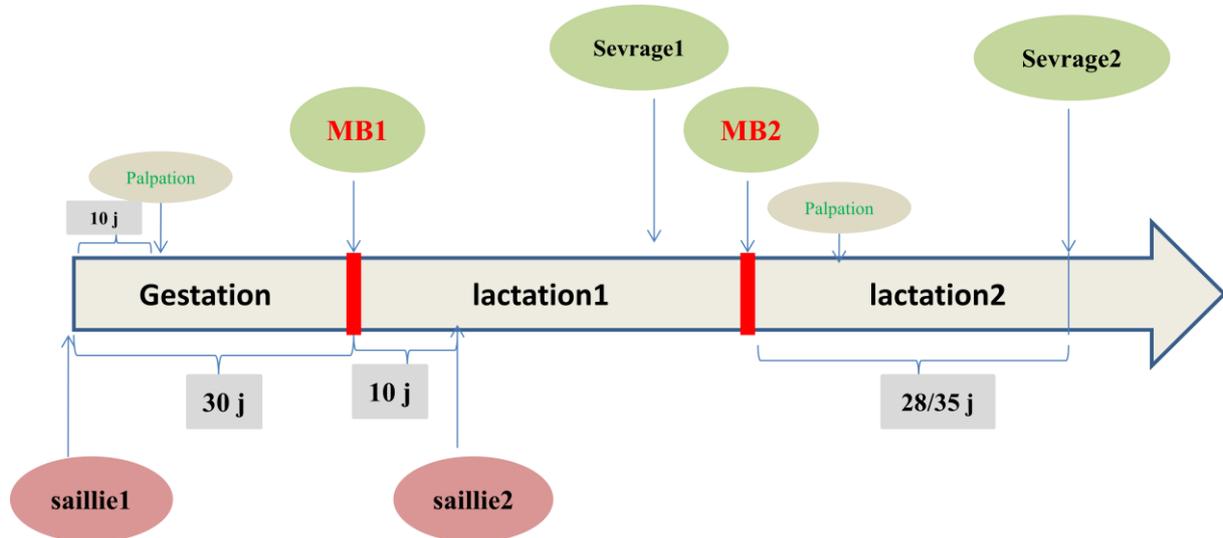
Cinq jours avant la date présumée de la mise bas, les boîtes à nid sont préparées avec des copeaux de bois, en ouvrant les portillons pour permettre à la femelle de préparer son nid et de mettre bas.

Après la mise bas, le nettoyage des nids est effectué, la femelle et la portée sont pesées, les lapereaux sont comptés, les nés vivants sont dénombrés et pesés, les morts nés sont retirés.

Chaque matin, le contrôle des boîtes à nid est effectué, les lapereaux morts et les copeaux mouillés sont retirés pour éviter toute infection ou abandon de portée. Les portées sont pesées à la naissance et chaque semaine jusqu'au sevrage (séparation des

lapereaux de leur mère) qui est fait à 28 jours *post partum* lors du premier essai et à 35 jours *post partum* lors du deuxième essai. Lors du sevrage, les lapereaux sont dénombrés, sexés, pesés par portée et puis individuellement. Le contrôle sanitaire est effectué chaque fois qu'un cas pathologique se présente.

La figure 20 résume le suivi d'élevage des lapines expérimentales.



**Figure 20:** Suivi d'élevage des femelles des deux expérimentations

### Production laitière

Une mesure quantitative de la production laitière est effectuée pour chaque femelle. Elle est estimée par la différence de poids de la femelle avant et après la tétée de toute la portée. Les pesées se font un jour sur deux et le jour où les pesées ne sont pas effectuées, la moyenne des deux jours est calculée. Selon Lebas (1968), pour une meilleure précision, un contrôle d'une tétée une fois sur deux dans les mêmes conditions, permet l'estimation avec une erreur maximum de 7,3%.

La mesure de la perte de poids des lapines au cours de la tétée a fourni une estimation de la quantité de lait ingérée par les lapereaux (la portée). La somme de ces mesures au cours de la période ascendante de la lactation (J 21) équivaut sensiblement à la production laitière de la lapine/cycle. Les portillons des boîtes à nid doivent être toujours fermés à part le moment de la tétée. Durant la période de lactation, les lapines des 2 essais ont été soumises à un allaitement contrôlé : les femelles avaient accès à leur portée une fois par jour (entre 8h et 9h30mn)

### **Analyse des marqueurs sanguins**

Au total, 614 prélèvements sanguins ont été effectués (260 prélèvements lors du premier essai et 354 lors du deuxième). Pour chaque femelle, plusieurs prélèvements de sang ont été réalisés (entre 7h et 10h selon le nombre de prélèvements). Le jour de la mise bas est considéré comme J0, les prélèvements sont effectués lors des deux premières portées à J1, J4, J12 et J19 *post partum* pour le premier essai et à J1, J7, J14, J21, J28 et J35 pour le deuxième essai.

Pour la contention, la femelle est bien enveloppée dans une blouse tout en libérant l'oreille concernée par le prélèvement. Cette dernière est frottée entre les deux mains tout en pratiquant un arrachage des poils pour provoquer une vasodilatation et faciliter l'écoulement du sang. Le prélèvement est effectué au niveau de la veine marginale de l'oreille.

Chaque tube à héparine contient entre 2 et 5 ml de sang (selon la docilité des femelles). Ces derniers sont conservés dans une glacière en attendant la centrifugation (3000 tours/mn pendant 8mn). Le plasma est récolté puis aliquoté pour chaque prélèvement et placé dans un congélateur à -18°C jusqu'au jour des dosages.

Ces prélèvements sont effectués pour doser les paramètres biochimiques sanguins suivants: Glucose, cholestérol, triglycérides, protéines totales et urée, par spectrophotométrie au niveau des laboratoires de biochimie pour les prélèvements du premier essai (en 2012) et au niveau du laboratoire de physiologie de l'ENSV pour les prélèvements du deuxième essai (en 2014) (Figure 21)



**Figure 21:** Analyse biochimique du sang au laboratoire de biochimie

Les protocoles utilisés pour les dosages biochimiques de chaque paramètre sont expliqués en détail dans l'annexe selon le type de KIT utilisé (KIT Spin React).

## Les variables zootechniques analysées (figure 22)

### Pour la femelle

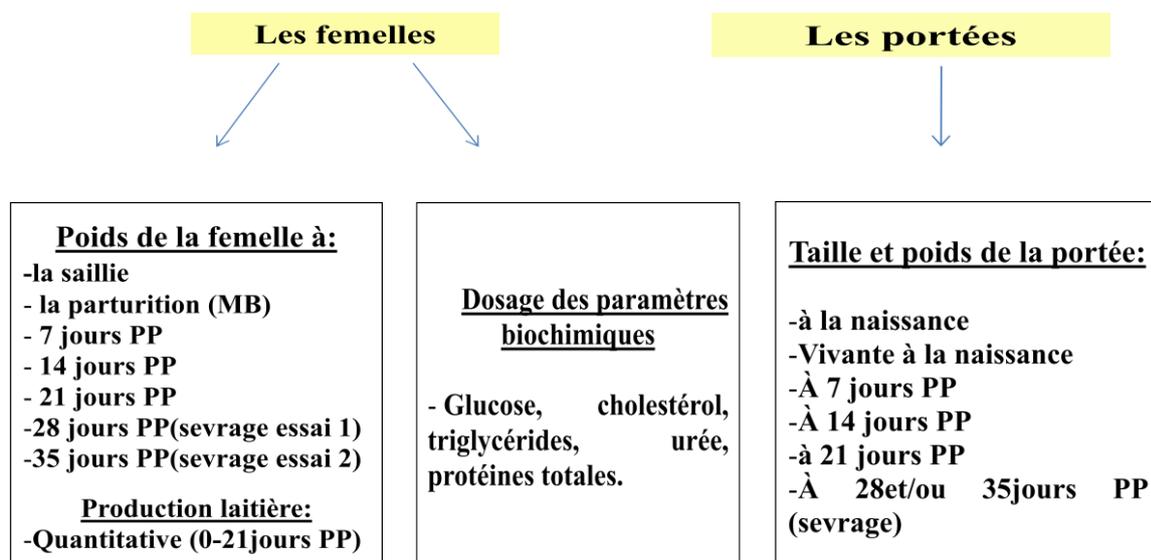
- La prolificité, la fertilité, le poids de la femelle à l'entrée en reproduction, à la saillie, à la mise bas (MB) et à chaque semaine de lactation jusqu'au sevrage des deux premières portées.
- Production laitière.

### Pour la portée

- Nés totaux, Nés vivants, Morts Nés, Mortalité Naissance-Sevrage, Nombre de sevré.
- Poids des Nés totaux, Poids des Nés vivants, Poids des Morts Nés, Poids de la portée au sevrage, Poids d'un né, poids d'un né vivant, poids d'un mort né, poids d'un sevré.
- Poids de la portée à S1, S2, S3 et au sevrage (S4 pour l'essai 1 et S4/S5 pour l'essai 2).

### Pour la cage (la femelle et la portée)

La consommation alimentaire hebdomadaire de chaque cage est enregistrée (pesée hebdomadaire de la quantité d'aliment distribuée, gaspillée et refusée).



**Figure 22:** Paramètres déterminés pendant les deux premières portées des deux essais

## **Méthodes de calcul des variables zootechniques analysées**

### **Taux de réceptivité**

$$\text{Taux de réceptivité (\%)} = \frac{\text{Nombre de femelles qui ont accepté la saillie}}{\text{Nombre de femelles présentées aux mâles}} \times 100$$

### **Taux de fertilité**

$$\text{Taux de fertilité (\%)} = \frac{\text{Nombre de femelles gestantes}}{\text{Nombre de femelles saillies}} \times 100$$

### **Prolificité**

$$\text{Prolificité totale moyenne à la naissance} = \frac{\text{Nombre de nés totaux}}{\text{Nombre de mise bas}}$$

$$\text{Prolificité vivante moyenne à la naissance} = \frac{\text{Nombre de nés vivants}}{\text{Nombre de mise bas}}$$

$$\text{Prolificité moyenne au sevrage} = \frac{\text{Nombre de nés sevrés}}{\text{Nombre de mise bas}}$$

### **Mortalité**

$$\text{Taux de mortinatalité (\%)} = \frac{\text{Nombre de lapereaux morts nés}}{\text{Nombre de nés totaux}} \times 100$$

$$\text{Taux de mortalité naissance-sevrage (\%)} = \frac{\text{Nombre de lapereaux morts nés}}{\text{Nombre de nés totaux}} \times 100$$

### **Poids des lapines et de leur ingéré**

Le résultat du poids vif des femelles consiste en une pesée hebdomadaire des animaux

Le gain de poids moyen des femelles = poids final des femelles au sevrage – poids initial des femelles à la mise bas.

L'ingéré alimentaire hebdomadaire /cage = quantité distribuée – (quantité refusée + quantité gaspillée).

### **Production laitière**

Production laitière / jour (g/j) = poids des lapines avant la tétée – poids des lapines après la tétée.

Production laitière par cycle de lactation (21jours) = (poids des lapines avant la tétée à j1 – poids des lapines après la tétée à j1) + (poids des lapines avant la tétée à j2 – poids des lapines après la tétée à j2)

des lapines après la tétée à j2) + ..... + (poids des lapines avant la tétée à j21– poids des lapines après la tétée à j21).

### **Analyse des aliments expérimentaux**

Les aliments expérimentaux sont analysés pour la matière sèche par dessiccation dans une étuve (24h à 80°C puis 24h à 103°C), la matière grasse par la méthode Soxhlet (extraction par l'éther de pétrole après hydrolyse), les cendres par incinération dans un four à moufles (5h à 550°C), les matières azotées totales par la méthode Kjeldhal (N-Kjeldhal x 6.25), la cellulose brute par la méthode de WEENDE, les ADF et les NDF par la méthode Van Soest (Van Soest *et al*, 1991) et l'énergie brute de l'aliment est mesurée par combustion dans un calorimètre.

### **Analyse statistique**

Les différents résultats sont exprimés en moyenne moindre carré  $\pm$  erreur standard (LSM  $\pm$  SE). Les données zootechniques ont été soumises à une analyse de variance en utilisant la procédure linéaire générale (GLM) par le logiciel SAS (Statistical Analysis Systems Software, 2001) afin de déterminer l'effet de la teneur en énergie/protéine (A, B et C / L, M et H), la parité (1 et 2) et leurs interactions sur les différents paramètres pris en compte, sauf pour le nombre de lapereaux qui a été analysé en utilisant une procédure non paramétrique (test de Kruskal-Wallis) et exprimé en moyenne. Les LSM sont comparées en utilisant le Test de Tukey HSD.

Dans l'analyse statistique, le poids vif, des taux de mortalité, de la production laitière et de l'ingéré alimentaire sont corrigés par rapport à la taille de la portée utilisée comme covariable.

Concernant les paramètres biochimiques, l'analyse statistique a été effectuée en utilisant le modèle mixte adaptée aux mesures répétées (SAS, 2001).

Les différences sont considérées comme significatives lorsque  $P < 0,05$  et tendent vers la signification lorsque  $P < 0,1$ . Ces différences ont été analysées en utilisant le test de comparaisons multiples de Duncan. La part de la variabilité expliquée par le modèle ( $R^2$ ) est indiquée pour chaque paramètre.

# **Expérimentation 1**

**Effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment x parité » sur les paramètres zootechniques et sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine de population locale**

Chez la lapine en reproduction, Maertens et Coudert (2006) indiquent que le déficit énergétique est responsable de la réduction du poids des lapines, de la diminution de la production laitière et de l'échec de la reproduction. En outre, ils soulignent l'influence de plusieurs facteurs tels que l'état physiologique de l'animal, l'apport volontaire de l'aliment (distribution) et la composition chimique de ce dernier.

Cette partie comportera la description et la discussion des résultats obtenus lors de l'expérimentation, ayant pour objectif d'étudier l'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les paramètres de production, de reproduction de la lapine locale et de ses portées pendant des deux premières parités. Aussi, les indicateurs sanguins métaboliques mesurés chez la lapine nous renseignent sur l'orientation du métabolisme induit par l'alimentation.

## **I- Effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment x parité » sur les paramètres zootechniques**

### **I.1. Evolution de l'effectif des lapines**

Les tableaux 21 et 22 montrent que sur un effectif total de 75 lapines nullipares, 84% des femelles sont réceptives (les femelles acceptent la 1<sup>ère</sup>, la 2<sup>ème</sup> ou la 3<sup>ème</sup> présentation au mâle). Ce résultat est supérieur à celui énoncé par Berchiche *et al.* (2012) qui varie entre 63 et 77% sur la population locale et similaire au résultat retrouvé par Lopez *et al.* (1994) chez la lapine de race Géant d'Espagne, estimée à 83,3%. Par ailleurs, le taux de fertilité est de 96,8%. Ce résultat est supérieur à ceux observés par Berchiche et Kadi (2002) et par Zerrouki *et al.* (2001) estimés respectivement à 87,6% et 70,3% sur la même population locale. Bolet et Saleil (2002) et Lazzaroni *et al.* (1999) annoncent des taux similaires à nos résultats chez la souche INRA 9077 et le lapin Carmagnola d'Italie, respectivement de 80 et 80,5%.

**Tableau 21:** Evolution du nombre du cheptel de l'essai 1

<b>Nombre d'animaux</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Total</b>
Mâles	3	3	3	9
Femelles mises en place	25	25	25	75
Femelles non réceptives (éliminées)	4	5	3	12
Femelles Infertiles (éliminées)	0	1	1	2
Femelles mortes pendant l'essai	2	3	3	8
Femelles à la fin de l'essai	19	16	18	53

**Tableau 22:** Paramètres de reproduction des femelles de l'essai 1

<b>Paramètre (%)</b>	<b>Résultat</b>
Réceptivité	84
Fertilité	96,8
mortalité	10,7
Fonte du cheptel	29,3

Durant l'expérimentation, le taux de mortalité des femelles atteint 10,7%. Ce taux est acceptable si l'on considère que l'expérimentation s'est déroulée en période estivale avec une température d'intervalle de 19-26°C et prise à 9h00. La lapine locale s'est montrée tolérante à la chaleur ambiante. Il est à souligner, tout de même, que les conditions expérimentales sont caractérisées par une prophylaxie hygiénique rigoureuse et une absence de prophylaxie médicale et de traitement.

Le taux de fonte du cheptel, regroupant les sujets morts et éliminés, est de 29,3%. Ce dernier est, cependant, supérieur à celui retrouvé par Lebas et Coudert (1986) sur la souche INRA 1066 au début de la reproduction (21%). Dans les élevages intensifs, où la lapine doit assurer plusieurs portées par année, Fortun-Lamothe (2003) mentionne un taux de fonte du cheptel trop élevé de 120%, cela serait dû probablement à la réforme rapide des femelles après ses premières portées.

## **I.2. Effet de l'aliment énergétique, la parité et leur interaction sur les performances des femelles**

### **I.2.1. Poids vif et ingéré alimentaire des femelles**

Le tableau 23 montre l'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur le poids vif et le gain de poids des lapines.

Lors des deux parités, aucune différence significative ( $P > 0,05$ ) n'a été constatée entre les trois lots concernant les poids des lapines de la mise en place jusqu'au sevrage. Ces résultats coïncident avec ceux obtenus par Viudes De Castro *et al.* (1991) sur deux lots de lapines appartenant à une souche synthétique provenant de 2 hybrides commerciaux, avec une composante importante de race californienne, recevant deux régimes alimentaires ayant des taux énergétiques de 13 et 9,7 MJ/Kg MS pendant leur deuxième cycle de reproduction. De même, des lapines de race Rex, nourries à base de cinq (05) aliments contenant des teneurs énergétiques allant de 9,6 à 10,9 MJ/kg ne montre aucune différence du poids vif durant la lactation ni celui de leurs portées (Zhao *et al.*, 2012). De même, le gain de poids pendant la lactation n'a pas été influencé par la teneur énergétique de l'aliment. Toutefois, de la parturition au sevrage, les femelles ayant reçu le régime alimentaire à teneur énergétique élevée montrent un gain de poids supérieur de 33.6% par rapport au régime le moins énergétique, mais sans aucune différence significative ( $p > 0,05$ ).

Quelque soit la parité, les résultats ne montrent aucun effet significatif de ce paramètre sur le poids et le gain de poids des femelles et ce entre la parturition et le sevrage.

Ces résultats corroborent ceux de Xiccato *et al.* (2004) qui ne trouvent aucun effet significatif de la parité sur les caractères pondéraux de la lapine hybride française. En revanche, Pascual *et al.* (1999) remarquent une augmentation significative du poids des lapines croisées (Neo zelande x Californienne) à la parturition (+4%) et au sevrage (+3,7%) avec la parité sans engendrer un effet significatif sur leur gain de poids pendant la lactation.

Néanmoins, malgré qu'aucune différence significative n'a été observée sur le poids vif au cours des deux cycles de reproduction, une tendance statistique ( $p < 0,1$ ) a été observée sur l'effet de la parité sur le gain de poids des femelles au sevrage avec une

diminution du gain de poids de 26,3% (tableau 23). Ceci pourrait être lié au fait que les femelles continuent leur croissance après la puberté ayant atteint seulement 75% de leur poids adulte au premier cycle de reproduction. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Silva *et al.* (2009) sur le poids des lapines au sevrage, ayant reçu un aliment à 2800 kcal/kg (3851g vs. 4014g vs. 4177g pendant les trois (03) premiers cycles de reproduction respectivement).

Durant la lactation, aucune interaction significative n'est révélée entre le régime alimentaire et la parité sur les poids vifs et le gain de poids des femelles à l'exception de la 2<sup>ème</sup> semaine ( $p < 0,05$ ). Cette interaction pourrait s'expliquer par la forte variation du poids des femelles entre les lots A et C (34,9%) et entre les deux parités (25,4%), bien que ces variations ne soient pas significatives séparément. Pascual *et al.* (1999) indiquent une interaction significative entre le taux énergétique de l'aliment et de la parité sur le poids vif et le gain de poids des lapines pendant la lactation ( $p < 0,05$ ), avec des résultats plus élevés pour l'aliment le plus énergétique lors de la première lactation et des résultats similaires pour tous les régimes au cours des lactations suivantes. Cette interaction pourrait s'expliquer par la forte variation du poids des femelles entre les lots A et C (34,9%) et entre les deux parités (25,4%), malgré que ces variations ne soient pas significatives séparément.

L'absence de signification statistique de ces résultats est obtenue après avoir utilisé la taille des portées comme covariable, vu la forte hétérogénéité de ce critère observé et discuté plus loin dans notre étude et rapportée par Mefti-Korteby *et al.* (2010) et Mefti-Korteby (2016).

Fortun-Lamothe (2006) précise que l'allaitement est considéré comme une fonction physiologique prioritaire qui peut conduire à la mobilisation de la moitié des réserves de l'organisme avec une détérioration particulière de l'état corporel des lapines primipares. Ce déséquilibre énergétique augmente lorsque les femelles sont simultanément gestantes et allaitantes, mettant en concurrence les glandes mammaires et l'utérus gravide au détriment de la croissance fœtale (Parigi-Bini *et al.*, 1992). Dans cette situation, Parigi-Bini *et al.* (1990) soulignent qu'environ 80% de l'énergie utilisée pour la gestation et la lactation provient de l'alimentation et 20% de la mobilisation des réserves corporelles.

Tableau 23: Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur le poids vif des lapines locales (LSM  $\pm$  SE)

Paramètre	Aliment (Alt)			Parité (P)		P-Valeur				R(%)
	A	B	C	P1	P2	Aliment	Parité	Alt X P	Cov.	
Nombre d'observations	39	39	39	62	55	-	-	-	-	-
Poids vif à la saillie (g)	2723 $\pm$ 82	2751 $\pm$ 83	2730 $\pm$ 83	-	-	0,91	-	-	-	0,01
Poids vif à la parturition (g)	2850 $\pm$ 50	2788 $\pm$ 50	2866 $\pm$ 50	2822 $\pm$ 39	2848 $\pm$ 42	0,51	0,66	0,73	0,91	01,9
<b>Poids vif durant la Lactation (g)</b>										
1 <sup>ère</sup> semaine <sup>B</sup>	2855 $\pm$ 77	2886 $\pm$ 75	2947 $\pm$ 75	2849 $\pm$ 58	2943 $\pm$ 64	0,69	0,28	0,67	<b>0,02</b>	09,8
2 <sup>ème</sup> semaine <sup>C</sup>	2896 $\pm$ 74	2949 $\pm$ 70	3001 $\pm$ 70	2946 $\pm$ 56	3951 $\pm$ 61	0,60	0,95	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	13,5
3 <sup>ème</sup> semaine <sup>D</sup>	3011 $\pm$ 57	2965 $\pm$ 54	3021 $\pm$ 54	2963 $\pm$ 43	3035 $\pm$ 47	0,75	0,26	0,22	<b>0,07</b>	09,5
4 <sup>ème</sup> semaine (sevrage) <sup>E</sup>	3062 $\pm$ 63	3065 $\pm$ 60	3123 $\pm$ 60	3105 $\pm$ 47	3061 $\pm$ 52	0,73	0,54	0,16	0,31	06,6
Gain de poids pendant la Lactation <sup>D</sup>	125 $\pm$ 34	105 $\pm$ 32	159 $\pm$ 32	111 $\pm$ 25	154 $\pm$ 28	0,51	0,32	0,19	0,30	06,8
Gain de poids Parturition-Sevrage <sup>E</sup>	174 $\pm$ 43	202 $\pm$ 41	262 $\pm$ 41	251 $\pm$ 33	185 $\pm$ 35	0,33	0,1	0,15	<b>0,08</b>	09,9

P: parité. Alt : Aliment. Cov.: covariante. SE: Erreur Standard <sup>a,b,c</sup>. Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (A, B et C) et les parités (P1 et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours.

Tableau 24 : Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'ingéré alimentaire des lapines locales et de leurs portées (LSM  $\pm$  SE)

Paramètres	Aliment			Parité		p-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	A	B	C	P1	P2	Aliment	Parité	Alt X P	Cov.	
Nombre d'observations	39	39	39	62	55	-	-	-	-	-
1 <sup>ère</sup> semaine <sup>B</sup>	1495 <sup>a</sup> $\pm$ 45	1321 <sup>b</sup> $\pm$ 43	1169 <sup>c</sup> $\pm$ 43	1368 $\pm$ 34	1289 $\pm$ 36	<0,001	0,12	0,70	<0,001	39,1
2 <sup>ème</sup> semaine <sup>C</sup>	1858 <sup>a</sup> $\pm$ 42	1646 <sup>b</sup> $\pm$ 39	1432 <sup>c</sup> $\pm$ 39	1662 $\pm$ 31	1629 $\pm$ 34	<0,001	0,49	0,75	<0,001	59,2
3 <sup>ème</sup> semaine <sup>D</sup>	2070 <sup>a</sup> $\pm$ 41	1821 <sup>b</sup> $\pm$ 39	1553 <sup>c</sup> $\pm$ 39	1810 $\pm$ 31	1819 $\pm$ 34	<0,001	0,84	0,66	<0,001	62,8
Ingéré Alimentaire Total pendant 21j PP <sup>D</sup>	5388 <sup>a</sup> $\pm$ 115	4828 <sup>b</sup> $\pm$ 109	4139 <sup>c</sup> $\pm$ 109	4837 $\pm$ 86	4733 $\pm$ 94	<0,001	0,42	0,76	<0,001	59,1
4 <sup>ème</sup> semaine (Sevrage) <sup>E</sup>	2232 <sup>a</sup> $\pm$ 45	2028 <sup>b</sup> $\pm$ 43	1748 <sup>c</sup> $\pm$ 43	1953 $\pm$ 34	2053 $\pm$ 37	<0,001	0,05	0,18	<0,001	59,5
Ingéré Alimentaire Total pendant 28j PP <sup>E</sup>	7635 <sup>a</sup> $\pm$ 150	6860 <sup>b</sup> $\pm$ 143	5872 <sup>c</sup> $\pm$ 143	6787 $\pm$ 112	6791 $\pm$ 123	<0,001	0,98	0,57	<0,001	62,0
Ingéré Alimentaire quotidien <sup>E</sup>	273 <sup>a</sup> $\pm$ 5	245 <sup>b</sup> $\pm$ 5	210 <sup>c</sup> $\pm$ 5	242 $\pm$ 4	243 $\pm$ 4	<0,001	0,98	0,57	<0,001	62,0

P: parité. Alt : Aliment, Cov.: covariante. SE: Erreur Standard. <sup>a,b,c</sup>. Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (A, B et C) et les parités (P1 et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours.

Le tableau 24 montre l'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'ingéré alimentaire des lapines par cage mère.

Dans nos conditions expérimentales, les lapines ayant reçu l'aliment le plus énergétique diminuent de manière significative leur ingéré alimentaire total pendant la lactation (A vs. B :-10% ; A vs. C : -23% ;  $p < 0,001$ ) (Tableau 24), et cela en tenant compte de l'effet de la taille de portée, pris en considération comme covariante dans l'analyse statistique.

Les résultats obtenus dans nos conditions expérimentales corroborent ceux décrits par Maertens *et al.* (1988), Fortun-Lamothe et Lebas (1994) et Pascual *et al.* (2000) qui montrent la relation négative entre le taux énergétique et l'ingéré alimentaire chez la lapine reproductrice. De plus, l'origine de l'énergie contenue dans les aliments peut avoir un effet sur les paramètres zootechniques. En effet, Lebas et Fortun-Lamothe (1996) rapportent l'effet de la teneur en énergie (2400 et 2900 kcal / kg) et de la source d'énergie (amidon et huile) dans le régime alimentaire sur les paramètres productifs et reproductifs pendant quatre (04) cycles successifs. Lorsque le taux énergétique est modéré (2400 kcal / kg), l'ingéré alimentaire est plus élevé d'environ 20% par rapport aux deux autres groupes (2900 kcal / kg quelque soit la source de l'énergie) sans aucun effet sur le poids des femelles. Néanmoins, une consommation d'énergie brute est semblable dans les trois groupes.

Globalement, la parité n'a pas eu d'effet significatif sur l'ingéré alimentaire par cage mère, à l'exception de la 4<sup>ème</sup> semaine *post partum* où les lapines ingèrent plus de +5% durant la deuxième lactation ( $p=0,05$ ). Nos résultats corroborent ceux relatés par Xiccato *et al.* (2004) qui trouvent une augmentation de l'ingéré alimentaire des lapines multipares par rapport aux lapines primipares entre le 18<sup>ème</sup> et le 32<sup>ème</sup> jour *post partum*.

### **I.2.2. Production laitière**

La production laitière moyenne est de 2718g. Elle est, cependant, supérieure à celle retrouvée par Zerrouki *et al.* (2005) sur la population kabyle (2180g) et par Moumen *et al.* (2009) sur la même population utilisée dans notre expérimentation (2166g) pour la même période. Ceci pourrait s'expliquer éventuellement par la meilleure qualité de l'aliment distribué pendant l'essai comparé à l'aliment unique disponible sur le marché en Algérie. En effet, dans une étude comparative entre des aliments commerciaux et expérimentaux, Lebas (2010) montre une amélioration de la croissance chez les lapereaux de population locale.

D'autre part, la teneur énergétique de l'aliment n'a pas eu d'effet sur la production laitière des lapines quelque soit la parité ( $p > 0,05$  ; tableau 25). Ces résultats ne correspondent pas à ceux trouvés par Xiccato *et al.* (1995) signalant que lorsque les femelles reçoivent une alimentation ayant un taux énergétique très élevé, la production de lait est accrue. Pascual *et al.* (1998a) remarquent une amélioration de la production laitière des lapines croisées en deuxième lactation (californien X New Zelande) en augmentant la teneur énergétique de 11,0 à 12,4 MJ kg /MS.

Silva *et al.* (2009) suggèrent qu'un aliment très riche en énergie, variant entre 2600 et 2800 kcal /Kg MS, distribué à des lapines de race New Zelande Blanche, induit une diminution de l'ingéré alimentaire et permet une meilleure production de lait et des portées plus lourdes à 21 jours *post partum*. L'absence de l'effet significatif de l'aliment sur la production laitière retrouvée dans notre étude pourrait être due à la baisse de l'ingéré alimentaire (A vs. C : -23%) qui se répercute sur l'ingéré énergétique chez les femelles ayant reçu l'aliment le plus énergétique.

Cependant, la source de l'énergie pourrait influencer la production laitière des lapines. Lebas et Fortun-Lamothe (1996) rapportent que lorsque le taux énergétique est élevé (2900 kcal / kg) et enrichi en amidon, la production laitière est inférieure par rapport à la production des femelles ayant reçu soit l'aliment modéré en énergie (2400 kcal) soit l'aliment de même taux d'énergie mais enrichi en huile et cela, quelque soit la parité (entre 1 et 4 parités).

Par ailleurs, l'effet de la parité sur la production laitière est observée à la première semaine ( $p < 0,001$ ) et la deuxième semaine *post partum* ( $p < 0,05$ ). En effet, durant la deuxième lactation, la production laitière augmente en moyenne de 11%, induisant un effet significatif de la production laitière globale (P1 vs. P2 : +7,4% ; 21 jours *post partum*). Des résultats similaires ont été rapportés par Fortun-Lamothe (1998) et Pascual et al. (1998), qui observent en plus, chez les femelles primipares, une baisse de la taille et du poids des portées comparée aux femelles multipares. Selon Rebollar et al. (2009), la production laitière des lapines augmente avec le nombre de parité jusqu'à atteindre son maximum à la troisième lactation.

Nos résultats ne montrent aucune interaction entre la teneur énergétique de l'aliment et la parité sur la production laitière. Ce qui corrobore les résultats obtenus par Pascual et al. (1999) sur des lapines primipares et multipares recevant des aliments ayant des taux énergétiques allant de 9,9 à 12,2 MJ kg /MS.

La taille de la portée influence fortement la production laitière au cours des deux lactations étudiées ( $p < 0,001$ ). En effet, selon Zerrouki et al. (2005), la production laitière de la population locale augmente avec le nombre des petits jusqu'à atteindre 7 lapereaux / portée où un plateau de production est atteint. Chibah-Ait Bouziad et al. (2015) confirment que quelque soit la taille de la portée à la naissance et/ou le type génétique des femelles, l'accroissement de la production laitière par jour et par 21 jours suit le nombre des petits allaités, même s'ils sont adoptés, sans aucune relation avec le nombre de petits à la naissance. En outre, l'augmentation de la production laitière suivant le nombre de lactation est connue chez les mammifères, ce qui est due à divers facteurs influençant tel que la physiologie, le poids et la maturité de la mamelle.

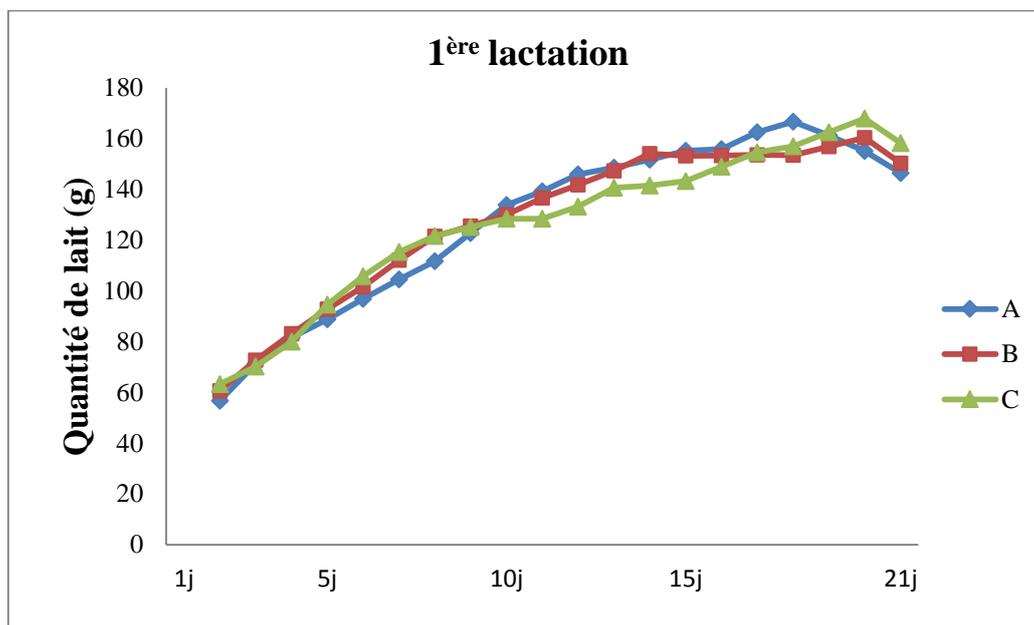
**Tableau 25 :** Effet du taux énergétique de l'aliment sur la production laitière des lapines pendant les deux premières lactations (LSM ± SE)

<i>Paramètres (g)</i>	<b>Aliment</b>			<b>Parité</b>		<b>p-valeur</b>				<b>R<sup>2</sup>(%)</b>
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>Aliment</b>	<b>Parité</b>	<b>AltXP</b>	<b>Cov.</b>	
<i>Nombre d'observations</i>	39	39	39	62	55	-	-	-	-	-
<i>1<sup>ère</sup> Semaine <sup>B</sup></i>	619±20	605±19	624±20	566±14	667±17	0,78	<b>&lt;0,001</b>	0,73	<b>&lt;0,001</b>	63,9
<i>2<sup>ème</sup> Semaine <sup>C</sup></i>	979±30	996±28	979±29	946±21	1023±25	0,89	<b>0,03</b>	0,47	<b>&lt;0,001</b>	60,8
<i>3<sup>ème</sup> Semaine <sup>D</sup></i>	1093±33	1132±32	1106±33	1100±24	1121±29	0,70	0,59	0,22	<b>&lt;0,001</b>	53,7
<i>Lactation <sup>D</sup></i>	2677±76	2766±72	2711±75	2614±54	2822±67	0,70	<b>0,02</b>	0,38	<b>&lt;0,001</b>	58,8

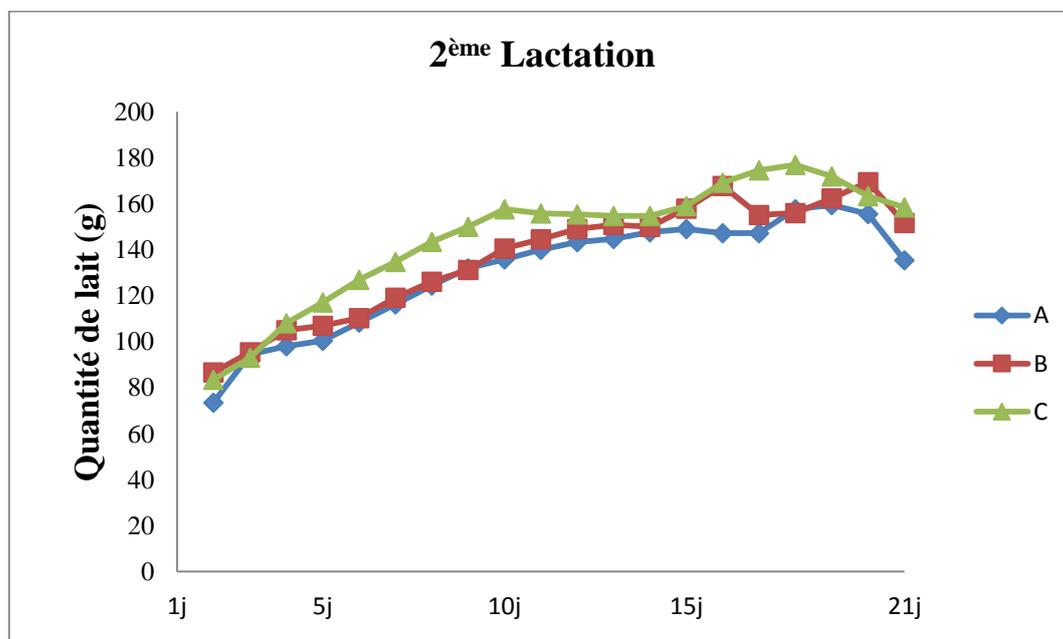
P: parité. Alt: Aliment. Cov.: covariante. SE: Erreur Standard,

<sup>a,b,c</sup>, Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (A, B et C) et les parités (P1 et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours.

Les figures 23 et 24 représentent l'évolution de la production laitière en fonction du type d'aliment durant les deux lactations.



**Figure 23:** Evolution de la production laitière en 1<sup>ère</sup> lactation selon la teneur énergétique de l'aliment



**Figure 24:** Evolution de la production laitière en 2<sup>ème</sup> lactation selon la teneur énergétique de l'aliment

Pour rappel, la production totale de lait ne varie pas en fonction de la teneur énergétique de l'aliment (2677g pour le groupe A vs. 2766g pour le lot B vs. 2711g pour le lot C ;  $p > 0,05$ ) (Tableau 23). Cependant, le pic de lactation survient à des moments différents en fonction du type de l'aliment ingéré (18<sup>ème</sup>, 20<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> jours *PP* lors de la première lactation et 19<sup>ème</sup>, 20<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> jours *PP* lors de la deuxième lactation pour les groupes A, B et C respectivement). Moumen *et al.* (2009) situent le pic de lactation au 15<sup>ème</sup> jour *PP* chez la même population. Par contre, chez une population locale du Cameroun, Kenfak *et al.* (2015) trouvent une production laitière avec un pic de lactation atteint à 21 jours *PP* sur toute parité confondue, sachant que les femelles ont reçu un aliment de 2300 kcal/kg MS et 17,1% de protéines brutes.

Lors de la première lactation, le pic est précoce chez les femelles ayant reçu l'aliment le moins énergétique. Ceci est probablement lié au fait que la femelle compense ce faible taux énergétique par un ingéré alimentaire supérieur par rapport aux deux autres groupes, entraînant ainsi un ingéré énergétique plus élevé. En revanche, durant la deuxième lactation, le pic le plus précoce est obtenu chez les femelles ayant reçu l'aliment le plus énergétique.

La précocité du pic de lactation est aussi remarquée chez l'espèce ovine. Ainsi, le niveau énergétique de l'aliment distribué à des brebis est le principal facteur favorisant l'accroissement rapide de la production de lait avec un pic de lactation précoce et élevé. Inversement, le déficit énergétique pendant la gestation et le début de la lactation conduit à un pic de lactation retardé et de faible amplitude (Bocquier et Caja, 2001).

Chez l'espèce bovine, les vaches laitières sont caractérisées par un faible pic lorsqu'elles sont primipares avec une augmentation progressive de la production au pic lors des prochaines lactations jusqu'à la troisième puis se stabilise pour les lactations suivantes (Madani *et al.*, 2007).

Dans nos conditions expérimentales, la variation de la teneur énergétique n'a pas eu d'effet sur la production laitière, mais pourrait probablement varier la composition chimique du lait, ce qui n'a pas été réalisé dans notre étude, à l'image des résultats obtenus par Bocquier et Caja (2001), qui trouvent que chez la brebis dont le bilan

énergétique est négatif, la production laitière et le taux protéique diminuent alors que le taux butyreux augmente.

### **I.3. Effet de l'aliment énergétique, de la parité et de leur interaction sur les performances des portées**

Le tableau 26 montre l'effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de leur interaction sur les performances des portées sous leurs mères. Aucun effet significatif de l'aliment, ni de la parité, ni de leur interaction aliment x parité n'a été observé sur la taille des portées entre la naissance et le sevrage.

Les taux de mortalité enregistrés à la naissance et durant la période naissance-sevrage n'ont pas été influencés par la teneur énergétique de l'aliment, ni par la parité. Cependant, une tendance statistique ( $p=0,06$ ) est observée sur l'effet de l'interaction Aliment X Parité sur le taux de mortalité naissance-sevrage.

La teneur énergétique de l'aliment n'a pas eu d'effet sur le poids de la portée ( $p > 0,05$ ). Par contre, un effet significatif de la parité sur le poids des lapereaux durant la première et la seconde semaine *post partum* est observé. En effet, les lapereaux ont un poids vif plus élevé lors de la deuxième parité. Cependant, cet effet disparaît lors de la 3<sup>ème</sup> semaine et tend même à s'inverser au moment du sevrage. Toutefois, l'interaction entre l'aliment et la parité était significative ( $p < 0,05$ ) sur le poids total de la portée de la naissance jusqu'au sevrage.

Pascual *et al.* (1999) et Silva *et al.* (2009) constatent que l'énergie digestible et la parité n'ont eu aucun effet sur la taille et le poids des portées. Montessuy *et al.* (2004) remarquent que la mortalité et la mortalité naissance-sevrage étaient faibles chez les animaux recevant un aliment à fort taux d'énergie, ce qui corrobore nos résultats. Aussi, selon Parigi-Bini et Xiccato (1993), les performances de reproduction des femelles gestantes ou allaitantes sont négativement affectées par le déficit énergétique en soulignant une diminution de la viabilité des lapereaux à la naissance.

Cependant, dans notre expérimentation, l'interaction entre Aliment x Parité a un effet qui tend vers la signification ( $p=0,06$ ) sur la mortalité au nid des petits. Ceci pourrait

s'expliquer par une différence significative de la mortalité au nid entre la première et la deuxième parité des animaux du groupe ayant reçu l'aliment A le moins énergétique, contrairement aux autres groupes qui ne montrent aucune différence significative entre groupes ni entre parité dans un même groupe (Groupe A : P1 (30,4%) vs. P2 (47,1%)).

D'une autre part, l'effet significatif de l'interaction (Aliment X Parité) sur le poids des portées de la naissance au sevrage s'explique par un impact négatif de la parité dans le lot des femelles ayant reçu l'aliment le moins énergétique par rapport aux autres lots ( $p > 0,05$ ). (effet de la parité sur le poids des portées à la naissance du lot A : P1 (384g) vs. P2 (324g) ;  $p < 0,05$ ) et effet de la parité sur le poids des portées au sevrage du lot A : P1 (2305g) vs. P2 (1940g) ;  $p < 0,05$ ).

Chez la lapine Rex, Zhao *et al.* (2012) ne trouvent aucun effet significatif de la teneur énergétique de l'aliment sur le poids des portées à la naissance et à 21 jours d'âge ni sur le gain de poids des lapereaux sous leurs mères. Cependant, un effet significatif ( $p < 0,05$ ) de la teneur énergétique de l'aliment sur le taux de survie des lapereaux à 21 jours d'âge a été remarqué chez le lot ayant reçu l'aliment le plus énergétique (10,6 MJ/kg vs. 9.6 MJ/kg vs. 9.9 MJ/kg vs. 10.2 MJ/kg).

Par ailleurs, chez lapines primipares simultanément gestantes et allaitantes conduites en système intensif, Fortun-Lamothe et Lebas (1996) indiquent que l'augmentation de la teneur en énergie de l'aliment n'améliore ni la survie des fœtus ni leur croissance au 28<sup>ème</sup> jour de la gestation. Cependant, la source de l'énergie pourrait influencer la mortalité et la croissance des lapereaux. Lebas et Fortun-Lamothe (1996) rapportent que lorsque le taux énergétique est élevé (2900 kcal / kg) et riche en amidon, un effet négatif est remarqué sur la mortalité et la croissance des lapereaux par rapport à la source huile et cela, sur toutes parités confondues.

Viudes De Castro *et al.* (1991) montrent une augmentation des pertes fœtales et de la mortinatalité sans effet sur le poids du lapereau à la naissance, chez des lapines allaitantes de souche synthétique (deuxième portée) ayant reçu un aliment hautement énergétique.

Tableau 26 : Effet de la teneur énergétique de l'aliment sur les performances des portées (LSM ± SE)

Paramètres	Aliment			Parité		p-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	A	B	C	P1	P2	Aliment	Parité	Alt X P	Cov.	
Nombre d'observations	39	39	39	62	55	-	-	-	-	-
<b>Nombre Total de Petits à</b>										
La naissance	6,97±0,39	7,33±0,35	6,72±0,37	6,97±0,26	7,06±0,36	0,51	0,84	0,77	-	-
Vivante à la naissance	5,28±0,47	5,72±0,41	5,54±0,42	5,49±0,31	5,54±0,40	0,77	0,93	0,94	-	-
1 <sup>re</sup> semaine	3,74±0,45	4,49±0,44	4,46±0,43	4,35±0,33	4,09±0,40	0,41	0,62	0,45	-	-
2 <sup>me</sup> Semaine	3,59±0,46	3,95±0,43	4,13±0,41	4,03±0,33	3,72±0,39	0,67	0,54	0,27	-	-
3 <sup>me</sup> Semaine	3,56±0,46	3,74±0,43	4,13±0,41	3,94±0,32	3,67±0,39	0,64	0,59	0,29	-	-
4 <sup>me</sup> Semaine (Sevrage)	3,46±0,44	3,67±0,42	4,10±0,40	3,87±0,31	3,59±0,38	0,55	0,57	0,21	-	-
<b>Mortalité (%) à</b>										
La naissance <sup>A</sup>	24,7±4,74	20,6±4,76	17,8±4,77	20,0±3,71	22,1±4,00	0,59	0,71	0,22	0,80	03,7

<b>Tableau 26 suite</b>										
<i>Naissance-Sevrage</i> <sup>E</sup>	38,7±3,58	38,0±3,55	32,3±3,57	32,3±2,99	38,2±3,33	0,38	0,49	<b>0,06</b>	<b>&lt;0,001</b>	64,5
<b>Poids Total des portées (g) à</b>										
<i>La naissance</i> <sup>A</sup>	354±9,8	357±9,8	362±9,8	360±7,69	355±8,31	0,85	0,64	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,001</b>	71,1
<i>Vivants à la naissance</i> <sup>A</sup>	294±17,1	301±17,0	315,63±17	301±13,2	306±14,6	0,66	0,81	<b>0,09</b>	<b>&lt;0,001</b>	33,8
<i>1<sup>ère</sup> Semaine</i> <sup>B</sup>	569±21,1	533±19,7	573±20,4	515±16,0	602±17,2	0,31	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,005</b>	<b>&lt;0,001</b>	81,8
<i>2<sup>ème</sup> Semaine</i> <sup>C</sup>	989±31,8	907±29,8	975±29,8	915±23,9	1000±25,9	0,13	<b>0,02</b>	<b>0,008</b>	<b>&lt;0,001</b>	81,6
<i>3<sup>ème</sup> Semaine</i> <sup>D</sup>	1419±41,3	1338±39,4	1416±39,3	1379±31,1	1403±34,1	0,27	0,60	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	83,2
<i>4<sup>ème</sup> Semaine (Sevrage)</i> <sup>E</sup>	2123±59,1	2018±56,2	2143±56,3	2153±44,4	2036±48,7	0,25	<b>0,08</b>	<b>0,03</b>	<b>&lt;0,001</b>	86,7

P: parité. Alt: Aliment. Cov.: covariante. SE: Erreur Standard

<sup>a,b,c</sup>, Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (A, B et C) et les parités (P1et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours.

Les résultats de cette première partie de l'expérimentation 1 ont fait l'objet d'une publication dans le journal : *Animal Nutrition and Feed Technology*, (2016) 16: 107-117.

Ils sont récapitulés dans le tableau 27 et montrent que :

- La teneur énergétique de l'aliment n'a pas eu d'effet sur les paramètres corporels des femelles (poids vif et gain de poids), ni sur la production laitière des femelles pendant les deux premières lactations.
- En revanche, l'ingéré alimentaire par cage mère a été significativement diminué par l'augmentation de la teneur énergétique de l'aliment.
- Il n'y a pas d'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur la prolificité des lapines et le poids des portées de la naissance jusqu'au sevrage lors des deux premières portées.

**Tableau 27:** Tableau récapitulatif des différents effets de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction aliment x parité sur les paramètres zootechniques étudiés

Paramètre	P-valeur			
	Aliment(Alt)	Parité (P)	Alt * P	Cov.
Poids vif des lapines à la parturition <sup>A</sup>	NS	NS	NS	NS
Poids vif des lapines au sevrage <sup>E</sup>	NS	NS	NS	NS
Gain de poids vif des lapines (parturition-sevrage) <sup>E</sup>	NS	0,1	NS	0,08
Ingéré alimentaire quotidien <sup>E</sup>	<b>&lt;0,001</b>	NS	NS	<b>&lt;0,001</b>
Production laitière totale <sup>D</sup>	NS	<b>0,02</b>	NS	<b>&lt;0,001</b>
Prolificité à la naissance	NS	NS	NS	-
Poids des portées à la naissance <sup>A</sup>	N	NS	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,001</b>
Prolificité au sevrage	NS	NS	NS	-
Poids des portées au sevrage <sup>E</sup>	NS	0,08	<b>0,03</b>	<b>&lt;0,001</b>

P: parité. Alt : Aliment Cov.: covariante. Covariante<sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante<sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante<sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours.

-L'effet parité n'est remarqué que sur le poids des portées à la 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> semaine PP et au sevrage. Cependant, la parité n'a pas d'effet ni sur le poids vif, ni sur le gain de poids des lapines ni sur l'ingéré alimentaire et la production laitière.

-L'interaction « aliment x parité » est significative pour les paramètres poids des femelles à la 2<sup>ème</sup> semaine PP, poids des portées entre la naissance et le sevrage et la mortalité des lapereaux pour la même période.

-Enfin, l'effet de la covariance est significative pour le poids des femelles à la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> semaine PP, de leur ingéré alimentaire et de leur production laitière ainsi que le poids des portées sous leur mère.

## II- Effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment x parité » sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine

Chez les mammifères, les marqueurs sanguins suivants : glucose, triglycérides et cholestérol, sont évalués pour apprécier le métabolisme énergétique. Par contre, les métabolites concernant l'urée et les protéines totales sont estimés pour une meilleure compréhension du métabolisme protéique.

### II.1. Glucose

Le glucose est directement assimilable par l'organisme car c'est le carburant essentiel pour ses différentes activités. Chez les mammifères, la glycémie est le témoin de l'équilibre entre le catabolisme et l'anabolisme. Il est produit soit par glycogénèse, soit par glycogénolyse suite à un apport alimentaire.

Le tableau 28 montre l'effet du régime alimentaire, du jour de prélèvement et de la parité, sur le taux plasmatique sanguin du glucose chez la lapine locale.

Aucun effet de l'aliment ( $p > 0,05$ ) n'est relevé sur le taux sanguin de glucose. Par contre, nos résultats montrent un effet significatif de la parité ( $p < 0,05$ ) et hautement significatif du jour de prélèvement ( $p < 0,0001$ ) sur la glycémie. Enfin, l'interaction aliment X jour de prélèvement X parité a un effet hautement significatif ( $p < 0,0001$ ). Durant la première portée, l'évolution de la glycémie montre un pic à j04 *post partum* pour diminuer jusqu'à atteindre une valeur minimale à j19 *post partum*. Cependant, lors de la deuxième portée, la glycémie est maximale le jour qui suit la parturition puis diminue et se stabilise à partir du 4<sup>ème</sup> jour *post partum* (figure 25).

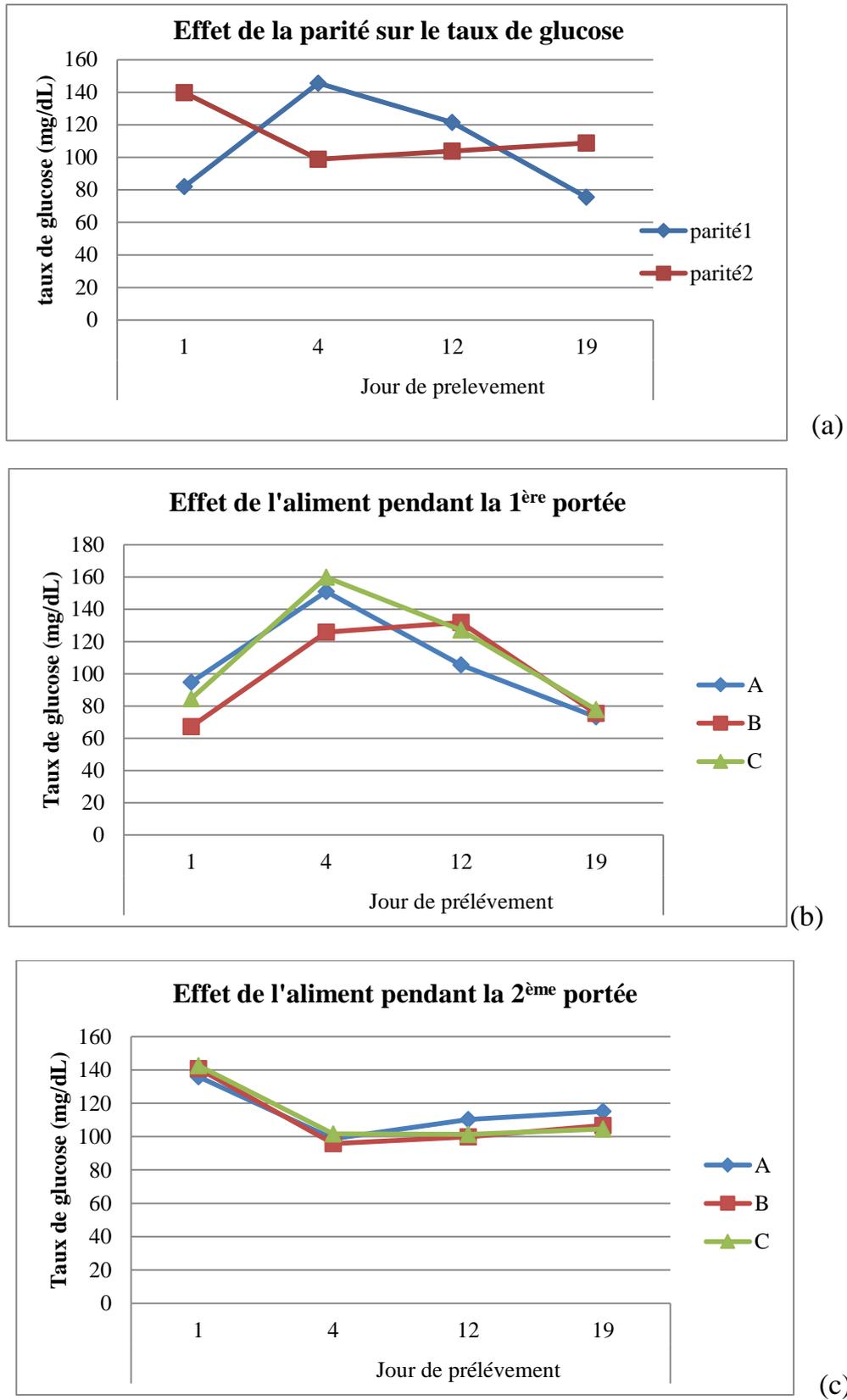
La valeur de la glycémie retrouvée par Iles (2015) sur des lapines primipares de la même population au 11<sup>ème</sup> jour *post partum* est de 106,8 mg /dL. Cette valeur est légèrement inférieure à celle retrouvée dans notre expérimentation sur les lapines primipares au 12<sup>ème</sup> jour *PP* (121,5 mg/dL).

**Tableau 28:** Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la glycémie des lapines (mg/dL)

		Jour de prélèvement (PP)				P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	04	12	19	Alt	J	P	A*J*P	
1	A	94,78±8,63ac	150,97±8,63 b	105,4±8,63 a	73,25±8,63 c	0, 4 1 1	<  0 0 1	0, 2 6 0 1	< 0, 0 0 1	4 5, 7
	B	67,18±8,63 a	125,86±9,02 b	131,85±8,63 b	75,43±8,63 a					
	C	84,39±8,63 a	159,91±8,63 b	127,17±8,63ab	77,78±8,63 a					
Moyenne	<b>82,12±8,63</b>	<b>145,58±8,76</b>	<b>121,47±8,63</b>	<b>75,48±8,63</b>						
2	A	136±8,30	98,79±10,58	110,3±10,58	115,18±9,97					
	B	140,83±8,30 a	95,81±8,63 B	99,87±9,97 B	106,73±9,97 b					
	C	142,54±8,63 a	101,74±10,58 b	101,29±9,97 B	104,55±9,97 b					
Moyenne	<b>139,79±8,30</b>	<b>98,78±9,93</b>	<b>103,82±10,17</b>	<b>108,82±9,97</b>						

La diminution de la glycémie entre les premiers jours et J19 PP (Figure 23) est similaire à celle obtenue par Jones et Parker (1988). A J 19, les femelles utilisées sont simultanément gestantes et allaitantes. Cette baisse s'expliquerait par l'augmentation progressive des besoins pour la production laitière car la glande mammaire est un capteur très important du glucose pour synthétiser les lipides contenus dans le lait. Ce même résultat est similaire à celui retrouvé par Fortun-Lamothe (2003) et Fortun et Lebas (1994) qui confirment que chez les lapines primipares au cours de leur deuxième gestation, une diminution de la glycémie est observée, par contre, chez les lapines simultanément gestantes et allaitantes, les taux de glucose sanguin sont plus faibles.

Garcia-Garcia et *al.* (2012) confirment que le glucose est le principal substrat énergétique pour la folliculogénèse. Ces auteurs retrouvent chez les femelles croisées primipares allaitantes et non gestantes, un taux de glucose bas à la parturition puis augmente à J11 *post partum* et se stabilise jusqu'à J25 PP. Lors de la gestation, les besoins en glucose sont élevés pour assurer la croissance fœtale finale (Castillo et *al.*, 2005).



**Figure 25:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la glycémie (mg/dL) des lapines.

Plus tard, lors de la transition de la période de gestation à la période de lactation, l'ingéré alimentaire volontaire des femelles augmente considérablement de 150 g / j pendant la gestation à 400 g / j à la fin de pic de lactation (Sakr *et al.*, 2010).

Chez les truies gestantes ayant reçu des aliments à différents teneurs énergétiques (entre 3100 et 3400 kcal/kg), Jin *et al.* (2016) ne trouvent aucune différence significative de la glycémie pendant la fin de la gestation, ni à un jour *post partum*, ni au sevrage en première lactation. Xue (1997) et Piao (2010) suggèrent que l'augmentation de l'ingéré alimentaire de la truie lors de la gestation provoquerait une insensibilité à l'insuline, induisant ainsi une réponse faible du glucose et une diminution de l'ingéré alimentaire pendant la lactation. Ce dernier se reflète sur la diminution du poids vif des femelles avec la diminution de la teneur énergétique de l'aliment pendant la lactation.

## II.2. Triglycérides

L'évolution de la triglycéridémie est similaire entre j01 et j12 lors des deux parités, à l'exception d'une augmentation de la teneur au 19<sup>ème</sup> jour relevée lors de la première parité, alors qu'à cette même période, la teneur en triglycérides continue de chuter au cours de la deuxième parité (tableau 29, figure 26).

Les taux supérieurs retrouvés juste après la parturition s'explique par la mobilisation des tissus adipeux en *post partum* pour assurer les besoins de la production laitière. Chez des lapines primipares, Viard-Drouet *et al.* (1984) décrivent une augmentation progressive des concentrations sériques en triglycérides au cours de la gestation puis une baisse au cours de la lactation. Par ailleurs, chez les lapines multipares, Chiericcato *et al.* (2004) montrent que le niveau circulant de triglycérides diminue en début de gestation lorsque le métabolisme est orienté vers le stockage d'énergie et augmente en fin de gestation lorsque les tissus adipeux sont mobilisés.

Sur des lapines primipares de la même population, Iles (2015) trouve une triglycéridémie de 10,9 mg /dL au 11<sup>ème</sup> jour *post partum*, une valeur largement inférieure à celle retrouvée dans notre expérimentation sur les lapines primipares au 12<sup>ème</sup> jour *PP* (28,9 mg/dL).

**Tableau 29:** Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la triglycéridémie des lapines (mg/dL)

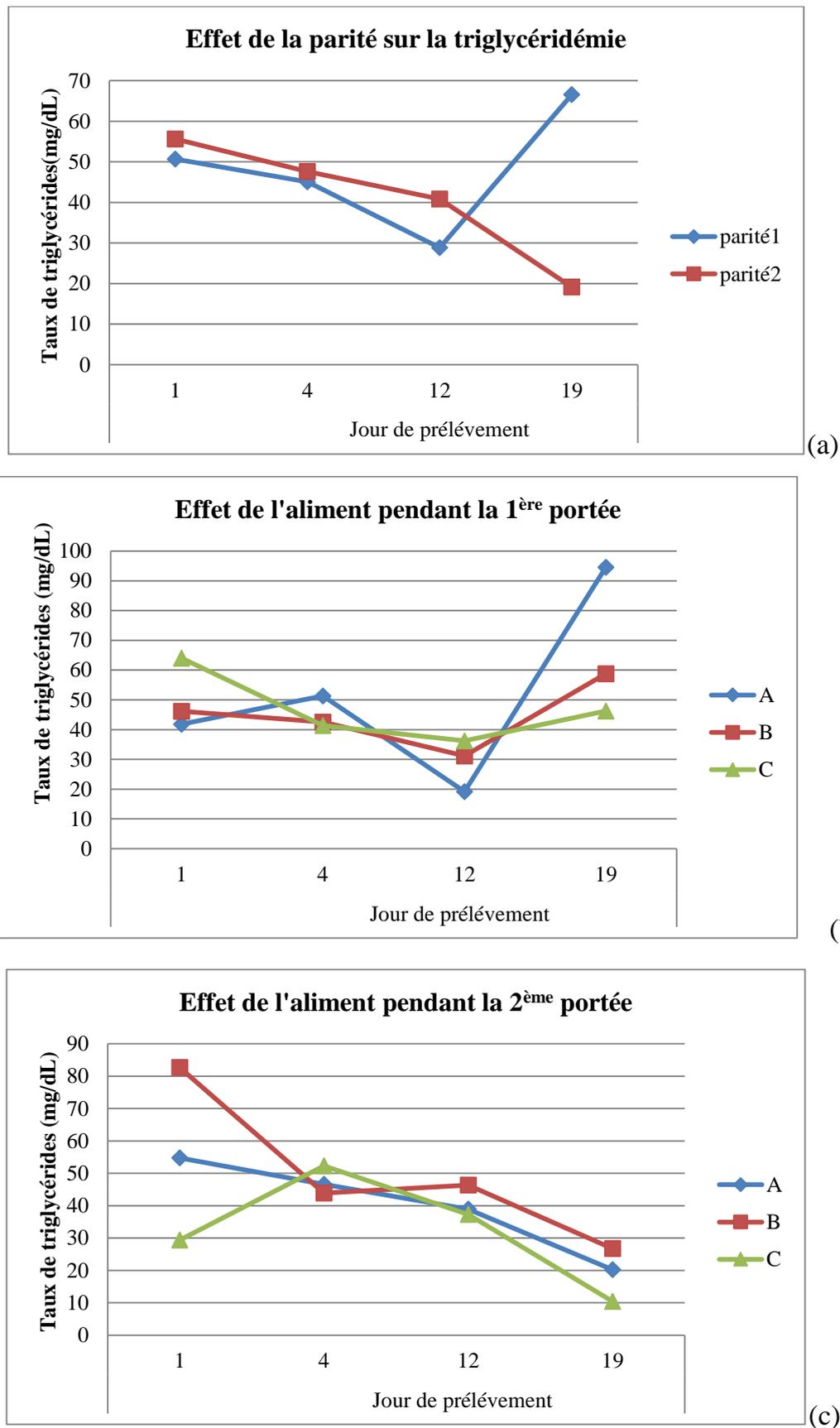
		Jour de prélèvement (PP)				P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	04	12	19	Alt	J	P	A*J*P	
1	A	41,86±13,36	51,3±13,36	19,17±13,36	94,6±13,36	0, 4 5 3	0, 1 5 9	0, 2 2 3	0, 0 1 3	1 5, 5
	B	46,22±13,95	42,57±13,95	31,16±13,36	58,81±13,36					
	C	64,05±13,95	41,39±13,36	36,24±13,36	46,31±13,36					
Moyenne	<b>50,71±13,75</b>	<b>45,09±13,56</b>	<b>28,86±13,36</b>	<b>66,57±13,36</b>						
2	A	54,78±13,95	46,61±16,36	38,88±16,36	20,21±15,42					
	B	82,67±12,83	43,88±15,42	46,33±15,42	26,76±15,42					
	C	29,4±13,36	52,33±16,36	37,29±15,42	10,4±15,42					
	Moyenne	<b>55,61±13,38</b>	<b>47,61±16,05</b>	<b>40,83±15,73</b>	<b>19,12±15,42</b>					

La diminution de l'ingéré alimentaire autour du part, confirmé par Lebas (2003), augmente également la mobilisation des graisses corporelles. Dans notre essai, les femelles ayant reçu l'aliment le plus énergétique ont ingéré une quantité d'aliment moindre. Cette variation de la quantité ingérée n'a pas accentué la variation du taux de triglycérides.

Généralement, les acides gras non estérifiés sanguins (NEFA) sont utilisés pour mesurer la mobilisation des réserves corporelles et sont considérés comme l'un des indicateurs les plus appropriés pour évaluer la balance énergétique de la femelle.

Xiccato *et al.* (2005) précisent tout de même une grande variabilité de ce paramètre chez des animaux du même stade physiologique.

Pascual *et al.* (2006) observent que les NEFA sont généralement libérés dans le flux sanguin lorsque les taux de glucose diminuent. D'autre part, Brechia *et al.* (2006) soulignent que l'insuline réduit le taux de glucagon et conduit à l'activation de la lipase



**Figure 26:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la triglycéridémie (mg/dL) des lapines expérimentales.

sensible aux hormones qui hydrolysent les triglycérides en acides gras libres et du glycérol.

Fortun (1994) a mentionné une concentration en NEFA très élevée chez la lapine simultanément gestante et allaitante soit au début ou au milieu de la lactation.

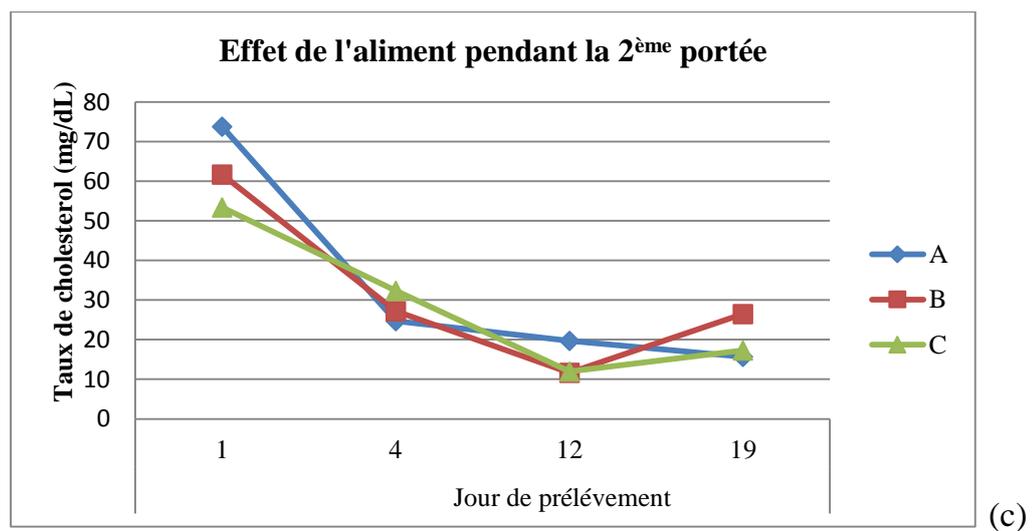
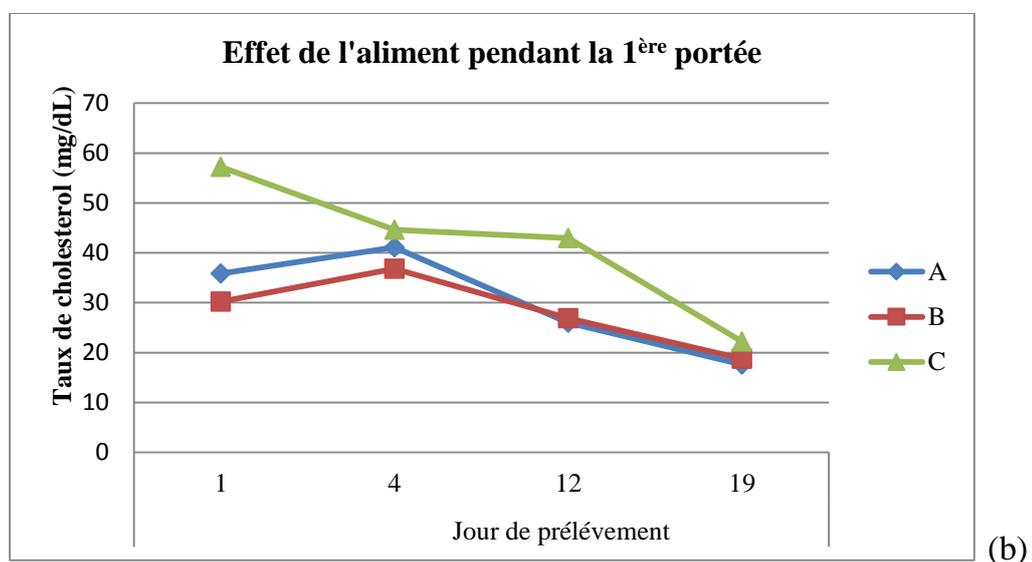
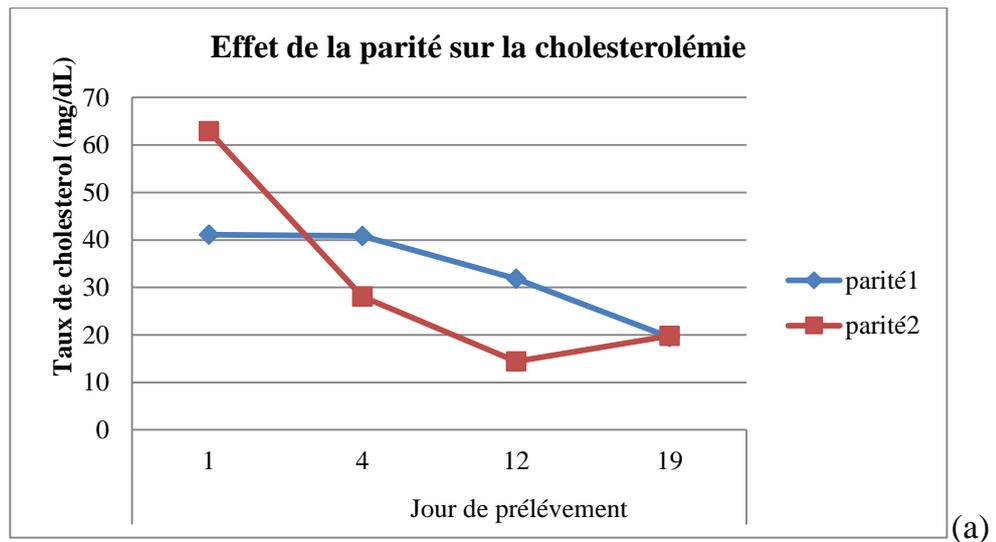
**II.3. Cholestérol**

Le cholestérol est le précurseur des hormones stéroïdiennes et des acides biliaires. Il est présent dans la ration alimentaire ou synthétisé par le foie selon un mécanisme soumis à une régulation métabolique très fine (Marshall et Bangert, 2005). C’est l’un des constituants majeurs de la membrane lipidique. Sa présence et sa quantité présente dans le sang renseignent sur la mobilisation des réserves corporelles de l’animal.

Le tableau 30 et figures 27 montrent l’effet du régime alimentaire, du jour du prélèvement et de la parité, sur la cholestérolémie chez la lapine locale.

**Tableau 30:** Effet du taux énergétique de l’aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la cholestérolémie des lapines (mg/dL)

		Jour de prélèvement (PP)				P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	04	12	19	Alt	J	P	A*J*P	
1	A	35,87±6,09a	41,08±6,09 b	25,98±6,09 a	17,62±7,46ac	0,666	<0,001	0,203	<0,001	40,3
	B	30,22±6,09	36,82±6,36	26,88±6,09	18,79±7,03					
	C	57,22±6,09	44,62±6,09	42,92±6,09	22,21±7,46					
Moyenne	<b>41,1±6,09</b>	<b>40,84±6,17</b>	<b>31,84±6,09</b>	<b>19,53±7,33</b>						
2	A	73,75±6,09a	24,69±7,46 b	19,72±7,46 b	15,68±7,03 b					
	B	61,66±6,09a	27,17±7,03 b	11,62±7,03 b	26,45±7,03 b					
	C	53,36±6,09a	32,36±7,46 b	11,98±7,03 c	17,3±7,03 c					
Moyenne	<b>62,93±6,09</b>	<b>28,07±7,32</b>	<b>14,45±7,17</b>	<b>19,81±7,03</b>						



**Figure 27:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la cholestérolémie (mg/dL) des lapines.

La teneur énergétique et la parité n'influencent pas la cholestérolémie ( $p > 0,05$ ). En revanche, l'effet de la période du prélèvement, quelque soit la parité, est très significatif ( $p < 0,001$ ). Cependant, l'interaction Aliment X Jour X Parité est hautement significative ( $p < 0,001$ ). Ceci est visible au niveau de la deuxième parité où une nette baisse de la cholestérolémie est observée.

La cholestérolémie retrouvée par Iles (2015) sur les lapines locales au 11<sup>ème</sup> jour *post partum* est de 32,5 mg /dL. Cette valeur est similaire à celle retrouvée dans notre expérimentation sur les lapines primipares au 12<sup>ème</sup> jour *PP* (31,8 mg/dL).

Selon Mitropoulos et *al.* (1981) et Viard-Drouet et *al.* (1984), la gestation entraîne une diminution lente et progressive de la concentration du cholestérol jusqu'à atteindre des niveaux non-déTECTABLES à terme, ce qui est dû à une importante utilisation du cholestérol pour la synthèse des hormones stéroïdiennes (progestérone, œstrogène et cortisol) servant au maintien de la gestation jusqu'à terme.

#### **II.4. Protéines totales**

Le tableau 31 et la figure 28 montrent l'effet de la teneur en énergie de l'aliment, du jour de prélèvement et de la parité, sur le taux plasmatique sanguin des protéines totales chez la lapine locale.

La teneur énergétique de l'aliment n'influence pas le taux de protéines totales sanguins ( $p > 0,05$ ). En revanche, le jour du prélèvement et la parité ont un effet significatif hautement sur ce paramètre (respectivement  $p < 0,0001$  et  $p < 0,01$ ).

L'interaction « Aliment X Jour X Parité » semble influencée significativement la protéinémie ( $p < 0,001$ ).

Les résultats montrent une augmentation progressive de la concentration protéique durant la première et la deuxième parité et ce, de la parturition jusqu'au 19<sup>ème</sup> jour *PP*. Ces valeurs correspondent à la norme (5,4-7,5mg/dL) décrite par Mellilo (2007).

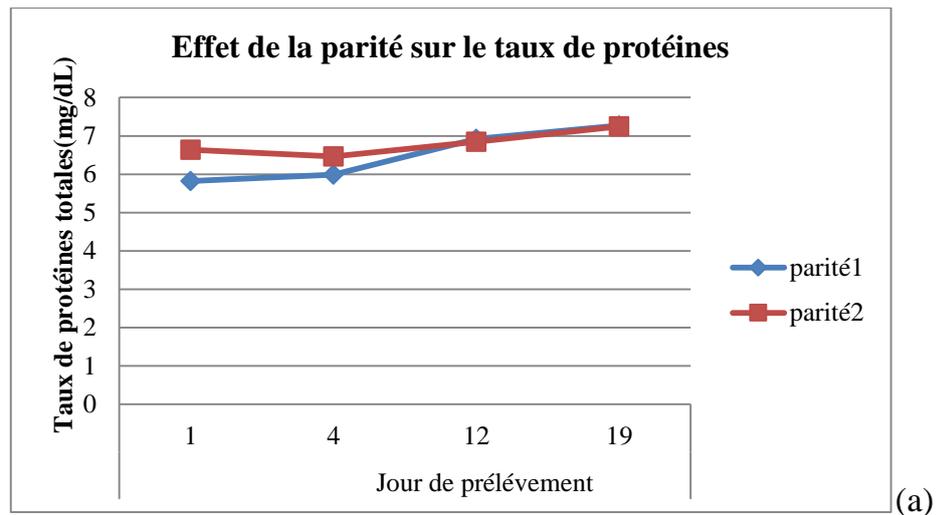
Bien que l'aliment n'ait pas d'effet sur le taux protéique sanguin, la différence remarquée à J 01 *PP* pourrait s'expliquer par la diminution de l'ingéré alimentaire avant la parturition qui engendre une baisse exagérée de l'ingéré protéique chez les

lapines recevant l'aliment le plus énergétique. En effet, Oger *et al.* (1978) montrent que la lapine diminue son ingéré alimentaire les derniers jours de gestation et va dans quelques cas, selon Lebas (2016), jusqu'à arrêter sa consommation quelques heures avant la mise bas.

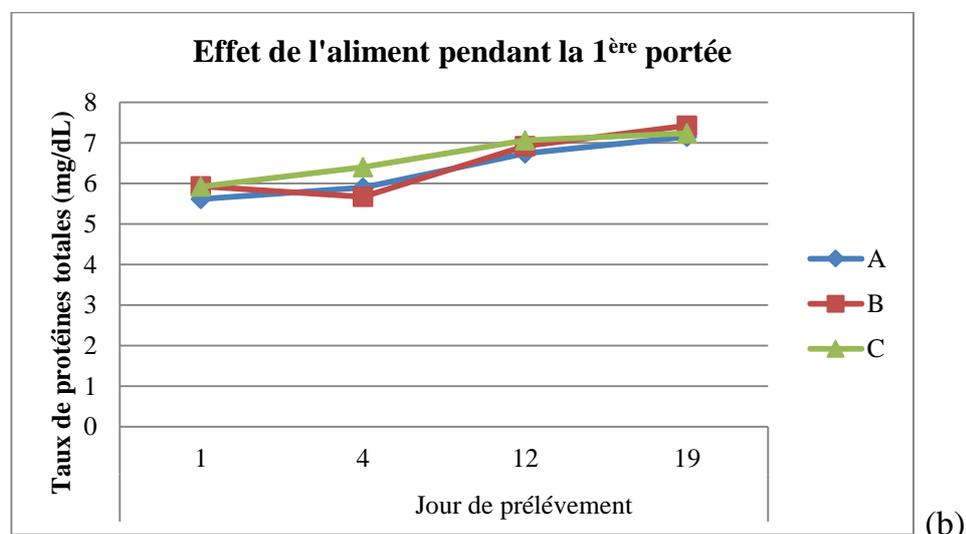
Nos résultats rejoignent ceux retrouvés par Garcia- Garcia *et al.* (2012) qui montrent que la protéinémie chez la lapine primipare augmente à partir de la mise bas jusqu'au 11<sup>ème</sup> jour *post partum* puis reste inchangée jusqu'au 25<sup>ème</sup> jour *post partum*. Au 11<sup>ème</sup> jour *PP*, Iles (2015) trouve une valeur de 6,8 g/dL. Les plus faibles valeurs de la protéinémie enregistrées au moment de la parturition coïncident à celles retrouvées par Arias-Álvarez *et al.* (2009).

**Tableau 31:** Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la protéinémie totale des lapines (mg/dL)

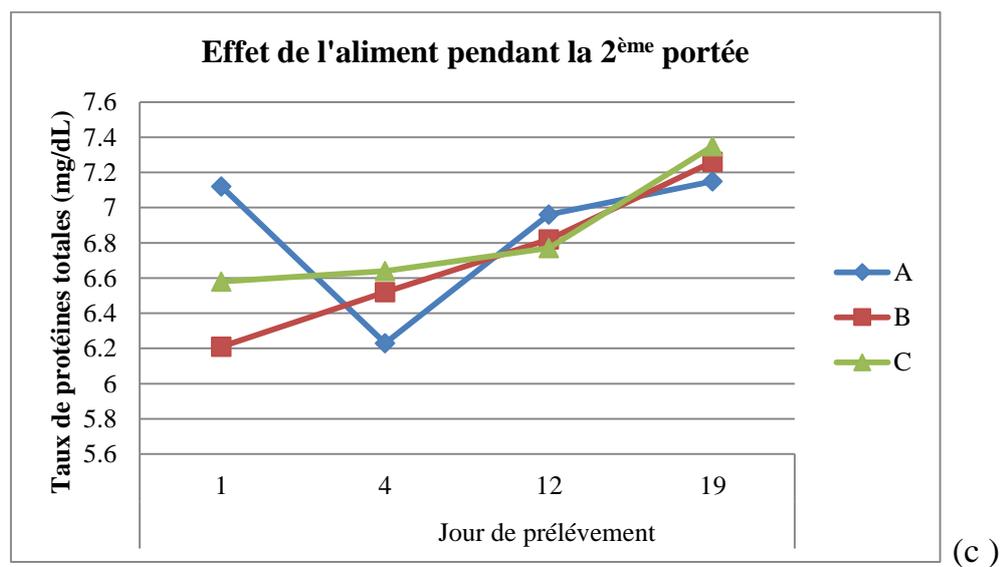
		Jour de prélèvement (PP)				P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	04	12	19	Alt	J	P	A*J*P	
1	A	5,61±0,23 a	5,9±0,23 a	6,74±0,23 b	7,15±0,23 b	0, 5 5 5	< 0, 0 0 1	0, 0 0 5	< 0, 0 0 1	3 4, 1
	B	5,93±0,23 a	5,67±0,24 a	6,92±0,23 b	7,42±0,23 b					
	C	5,92±0,23 a	6,4±0,23 a	7,06±0,23 b	7,23±0,23 b					
Moyenne	<b>5,82±0,23</b>	<b>5,99±0,23</b>	<b>6,92±0,23</b>	<b>7,27±0,23</b>						
2	A	7,12±0,22 a	6,23±0,28 b	6,96±0,28 a	7,15±0,27 b					
	B	6,21±0,22 a	6,52±0,27 ab	6,82±0,27 ab	7,26±0,27 b					
	C	6,58±0,22 a	6,64±0,28 a	6,77±0,27 a	7,35±0,27 b					
Moyenne	<b>6,64±0,22</b>	<b>6,46±0,27</b>	<b>6,85±0,27</b>	<b>7,25±0,27</b>						



(a)



(b)



(c)

**Figure 28:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la protéinémie (mg/dL) des lapines expérimentales.

Il est à souligner que le taux des protéines totales des aliments expérimentaux est de 14% MS alors que la littérature (Lebas *et al.*, 2016) recommande un taux de 18% /kg MS pour les femelles (souches ou lignées) qui sont gestantes et allaitantes au même temps. Dans nos conditions expérimentales, les quantités de protéines ingérées par jour se situent à 34,3g ; 30,6g et 26,2g respectivement pour les lapines recevant les aliments A, B et C. ces valeurs sont inférieures à celle recommandée par l'INRA (1984) qui est de 49,3g et qui semblent insuffisantes pour couvrir les besoins des femelles simultanément allaitantes et gestantes.

### **II.5. Urée**

L'urée est une molécule hydrophile issue du catabolisme protéique. L'augmentation de l'urée plasmatique peut provenir d'une augmentation du catabolisme protéique ou d'une diminution de l'excrétion urinaire (atteinte rénale).

Le tableau 32 et la figure 29 montrent l'effet du régime alimentaire, du jour du prélèvement et de la parité, sur le taux plasmatique sanguin de l'urée chez la lapine locale.

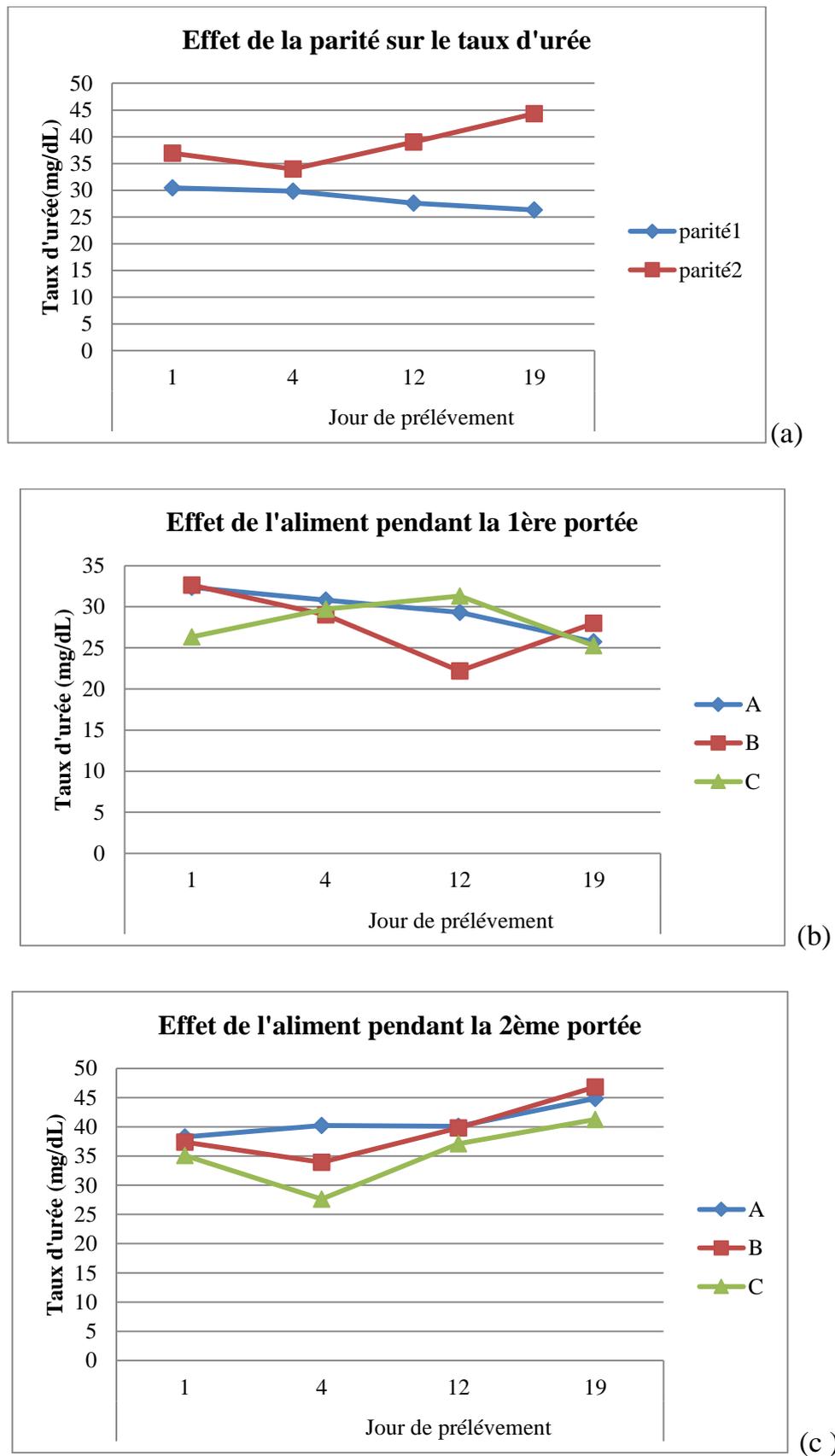
Les résultats ne montrent aucune différence significative du taux énergétique de l'aliment et du jour du prélèvement sur l'urémie ( $p > 0,05$ ). Par contre, la parité a un effet très significatif sur le taux de l'urée circulant (+26% à la deuxième parité ;  $p < 0,001$ ). L'interaction « Aliment X Jour X Parité » est hautement significative ( $p < 0,001$ ).

Vu le bon état sanitaire des animaux, nous ne pouvons expliquer cette variation de l'urémie par un problème rénal. La variation de l'urémie dans ce cas revient probablement à l'accélération du catabolisme protéique, avec l'augmentation de l'ingéré alimentaire après la parturition et de la production laitière des femelles concernées, sachant que la production de lait nécessite beaucoup d'énergie et de protéine. Pendant la première période de lactation, l'exportation de matières azotées et d'énergie dans le lait est très élevée et les animaux ne peuvent l'assurer qu'au prix d'une mobilisation de leurs réserves. Selon Guada *et al.* (1976), l'augmentation de l'urémie peut être due à une accélération du cycle de l'urée dans le foie, conséquence d'une élévation du catabolisme des acides aminés.

**Tableau 32:** Effet du taux énergétique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur l'urémie des lapines (mg/dL)

		Jour de prélèvement (PP)				P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	04	12	19	Alt	J	P	A*J*P	
1	A	32,38±3,66	30,81±3,66	29,32±3,66	25,75±3,66	0, 3 4 6	0, 7 7 8	< 0, 0 0 1	< 0, 0 0 1	2 1, 1
	B	32,63±3,66	29,02±3,82	22,18±3,66	27,99±3,66					
	C	26,33±3,66	29,7±3,66	31,29±3,66	25,27±3,66					
moyenne	<b>30,45±3,66</b>	<b>29,84±3,71</b>	<b>27,6±3,66</b>	<b>26,34±3,66</b>						
2	A	38,25±3,51	40,24±4,48	40,1±4,48	44,86±4,22					
	B	37,36±3,51	33,95±4,48	39,79±4,22	46,83±4,22					
	C	35,11±3,66	27,65±4,48	37,12±4,22	41,27±4,22					
Moyenne	<b>36,9±3,56</b>	<b>33,95±4,48</b>	<b>39±4,3</b>	<b>44,32±4,22</b>						

Chez les truies en première gestation, l'urémie tend à diminuer avec l'augmentation de la teneur énergétique de l'aliment à la fin de gestation ainsi à 01 jour *post partum* (Jin et al., 2016). Ruiz (1971) rapporte que la concentration sérique de l'urée est plus élevée chez les porcs nourris par un régime à faible teneur énergétique par rapport à ceux nourris par un aliment plus riche, ce qui suggère que pendant la gestation, l'apport énergétique chez les truies est affecté par le métabolisme des protéines.



**Figure 29:** Effet de la parité (a), du taux énergétique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur l'urémie (mg/dL) des lapines expérimentales.

Globalement, les résultats de la deuxième partie de l'expérience 1 sont regroupés dans le tableau 33. A la fin de l'analyse de cette partie, il en résulte que :

- La teneur énergétique de l'aliment n'influe pas sur les métabolites étudiés.
- L'effet du jour de prélèvement est très apparent pour la glycémie, la cholestérolémie et la protéinémie.
- L'effet de la parité est significatif pour la glycémie qui est supérieure à la 1<sup>ère</sup> parité. Les valeurs de l'urémie et de la protéinémie augmentent en fonction des parités.

**Tableau 33:** Tableau récapitulatif des différents effets du taux énergétique de l'aliment, du jour et de la parité sur les métabolites sanguins analysés des lapines

Paramètre	P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	Aliment (Alt)	Jour (J)	Parité (P)	Alt*J*P	
Glucose	NS	< 0,001	0,026	< 0,001	45,7
Cholestérol	NS	< 0,001	NS	< 0,001	40,3
Triglycérides	NS	NS	NS	0,013	15,5
Urée	NS	NS	<0,001	<0,001	21,1
Protéines totales	NS	<0,001	0,005	<0,001	34,1

### **Conclusion expérimentation 1**

A l'issue de cette expérience 1, se rapportant à l'effet de la teneur énergétique de l'aliment, de la parité et de leur interaction sur les paramètres zootechniques et métaboliques des lapines locales et de leurs portées, pendant les deux premiers cycles de reproduction, en tenant compte de la taille de portée comme covariable pour éliminer son effet, il ressort :

#### **Effet aliment**

Le taux énergétique de l'aliment n'affecte pas significativement les paramètres corporels, la prolificité, la production laitière et les paramètres métaboliques sanguins des lapines de population locale. Aussi, cet effet n'est pas retrouvé sur le poids des portées de la naissance jusqu'au sevrage, pendant les deux premières lactations. En revanche, l'effet de la teneur énergétique de l'aliment sur l'ingéré alimentaire par cage mère est très significatif. En effet, plus l'énergie de l'aliment augmente, moins est l'ingéré alimentaire, induisant une diminution drastique de l'ingéré protéique (-23% entre les deux aliments de teneurs énergétiques extrêmes).

#### **Effet parité**

La parité n'influence pas l'évolution de poids vif, le gain de poids, l'ingéré alimentaire et la production laitière des lapines. De même, le poids des portées de la naissance au sevrage ne varie pas selon la parité. Par ailleurs, la glycémie diminue, l'urémie et la protéinémie augmentent et enfin la triglycémie et la cholestérolémie sont constantes en fonction de la parité et du jour de prélèvement. Ces indicateurs métaboliques expliqueraient éventuellement la stabilité des performances des lapines et de leurs portées au cours de la deuxième lactation.

#### **Effet interaction (Aliment X Parité)**

L'interaction (Aliment X Parité) est significative pour les paramètres poids des portées entre la naissance et le sevrage et la mortalité des lapereaux pour la même période.

## **Expérimentation 2**

**Effet de la teneur protéique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment x parité » sur les paramètres zootechniques et sur les indicateurs métaboliques sanguins de la lapine de population locale**

Chez la lapine reproductrice, l'utilisation des protéines digestibles ingérées sont consacrées soit pour sa croissance corporelle, soit pour la production laitière ou pour la croissance fœtale. Lorsque cette dernière est simultanément gestante et allaitante, la balance protéique négative pourrait se manifester surtout si les apports ne combler pas les besoins.

Cette partie de l'étude a pour objectif d'étudier l'effet de la teneur protéique de l'aliment sur les paramètres de production, de reproduction et le métabolisme de la lapine locale et de ses portées lors des deux premières lactations.

## I. Effet de la teneur protéique de l'aliment, de la parité et de l'interaction « aliment x parité » sur les paramètres zootechniques

### I.1. Evolution de l'effectif des lapines

Sur l'effectif total de 52 lapines nullipares, 100% des femelles sont réceptives (tableaux 34, 35). Ce résultat est supérieur à celui retrouvé par Ilés (2015) sur la même population, estimé à 69,2%, sur un nombre d'observations supérieur (253).

Aussi, le taux de fertilité retrouvé dans l'essai est de 100%. Il est cependant supérieur à celui mesuré par Fellous et *al.* (2012) sur la même population locale qui est de 85,9% en première parité. Ces mêmes auteurs soulignent que chez la population locale, le taux de fertilité diminue avec la parité.

**Tableau 34:** Evolution du nombre du cheptel de l'essai 2

Nombre d'animaux	L	M	H	Total
Mâles	3	3	3	9
Femelles mises en place	17	18	17	52
Femelles non réceptives (éliminées)	0	0	0	0
Femelles éliminées	0	1*	1*	2
Femelles mortes pendant l'essai	1	0	0	1
Femelles à la fin de l'essai	16	17	16	49

\*femelles ayant avorté

**Tableau 35** : Paramètres de reproduction des femelles de l'essai 2

Paramètre (%)	Résultat
Réceptivité	100
Fertilité	100
mortalité	1,9
Fonte du cheptel	5,8

Les résultats montrent un taux de fonte du cheptel de 5,8%, inférieur à celui retrouvé par Lebas et Coudert (1986) sur la souche INRA 1077 (9,1%). Ainsi, le taux de mortalité des femelles mesuré est de 1,9 %, un résultat qui montre l'adaptation de la lapine locale aux conditions d'élevage expérimentales.

## **I.2. Effet de l'aliment protéique, de la parité et de leur interaction sur les performances des femelles**

### **I.2.1. Poids vif et ingéré alimentaire des femelles**

Pendant la période expérimentale, le poids vif des lapines ne diffère pas quelque soit le taux protéique de l'aliment ingéré ( $p > 0,05$ ). Cependant, une différence significative du gain de poids est remarquée à 21 jours *post partum* ( $p < 0,05$ ) et une tendance à la signification du gain de poids au sevrage ( $p = 0,09$ ). Les femelles ayant reçu l'aliment le moins protéique gagnent plus de poids (tableau 36).

Par ailleurs, aucun effet de la parité sur le poids des lapines n'a été observé ( $p > 0,05$ ). Cependant, l'effet de la parité sur leur gain de poids est hautement significatif ( $p < 0,0001$ ). Durant l'expérimentation, aucune interaction significative n'est remarquée entre la teneur protéique de l'aliment et la parité sur le poids vif et le gain de poids des lapines ( $p > 0,05$ ).

Il n'y a aucun effet de la taille de la portée, utilisée comme covariante, sur le poids des lapines entre la parturition et le sevrage ( $p > 0,05$ ). En revanche, l'effet de la covariable (taille de la portée au sevrage) sur le gain de poids des lapines est significatif ( $p < 0,05$ ) sur la même période.

Sanchez et *al.* (1985) rapportent qu'entre 21 et 28 jours de lactation, le poids vif est inférieur chez les lapines nourries avec un aliment contenant 17,5% de PB que celles

recevant un aliment à 19 ou 20,5% de protéines brutes PB. Selon Odi (1990), une baisse de poids des lapines pourrait être attendue à 21 jours *post partum*. Partridge et al. (1983) soulignent que la mobilisation des réserves corporelles commence à environ 11 jours et se poursuit au moment du pic de production laitière entre 18 et 21 jours *PP*, coïncidant ainsi avec une période de catabolisme de l'organisme. Cette variation du poids des femelles à cette période de reproduction n'est pas toujours une évidence (Odi, 1990).

L'augmentation progressive du poids des femelles tout au long de l'essai n'est pas retrouvée par Sakr (2012) qui constatent une diminution du poids des lapines entre la première parturition et le 25<sup>ème</sup> jour *PP*. Nos résultats montrent que les lapines finissent leur croissance progressivement tout en assurant leur gestation et leur lactation simultanément.

Sur des lapins en croissance, Ouhayoun et Cheriet (1983) montrent que pour une concentration énergétique de l'aliment donnée, la variation du taux protéique (17,2 et 13,8%) n'a pas d'effet significatif sur la vitesse de croissance et le rendement à l'abattage, ce qui est aussi retrouvé chez les porcelets en croissance. Aussi, chez le porcelet en croissance, Quiniou et al. (1994) ne remarquent aucune différence de la teneur protéique de l'aliment (17,8, 15,5 et 13,6% PB) sur le gain de poids et les caractéristiques des carcasses. Cependant, l'adiposité des carcasses est réduite chez les lapins soumis aux régimes les plus riches en protéines (Ouhayoun et Cheriet, 1983). En revanche, Ouhayoun et Dalmas (1983) trouvent une augmentation significative du poids à 11 semaines d'âge et de la vitesse de croissance globale avec l'augmentation du taux protéique de l'aliment (17,2, 13,8 et 10,4%).

Selon Renouf et al. (2009), chez les lapins en engraissement, la baisse du niveau de protéines brutes de 16% à 14,5% n'a pas eu d'effet sur le poids vif, la consommation alimentaire et la mortalité des animaux. Cependant, avec le taux le plus élevé de phosphore, la baisse du taux de protéines tend à réduire la consommation alimentaire, alors que l'effet inverse est observé avec le taux de phosphore le plus faible.

Tableau 36: Effet de la teneur protéique de l'aliment sur le poids vif des lapines locales (LSM ± SE)

Paramètres	Aliment			Parité		p-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	L	M	H	P1	P2	Aliment	Parité	Alt X P	Cov.	
Poids vif à la Parturition (g) <sup>A</sup>	3776±76,7	3858±74	3742±76,4	3640±62,6	3945±66,3	0,531	<b>0,002</b>	0,732	<b>0,064</b>	12,7
1 <sup>ère</sup> Semaine PP <sup>B</sup>	4085±92,1	4111±83,5	3914±87,4	4022±76,7	4052±76,0	0,227	0,793	0,913	0,547	5,7
2 <sup>ème</sup> Semaine PP <sup>C</sup>	4156±89,2	4124±78,7	3975±83,8	4068±72,0	4102 ±71,1	0,281	0,749	0,968	0,459	4,8
3 <sup>ème</sup> Semaine PP <sup>D</sup>	4218±94,0	4146±82,9	3999±88,3	4219±75,8	4023±74,8	0,221	<b>0,082</b>	0,788	0,472	10,9
4 <sup>ème</sup> Semaine PP <sup>E</sup>	4279±86,6	4180±76,5	4054±81,4	4247±69,9	4095±69,1	0,170	0,141	0,616	0,548	15,6
5 <sup>ème</sup> Semaine PP (Sevrage) <sup>F</sup>	4280±92,4	4199±81,6	4060±86,8	4273±74,6	4086±73,7	0,216	<b>0,091</b>	0,843	0,265	12,6
Gain de poids à la Lactation <sup>D</sup>	407,3±51,51 a	230,5±45,47 b	328,6±48,41 ab	491,1±41,54	153,1±50,0	<b>0,040</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,319	0,159	44,5
Gain de poids Parturition-Sevrage <sup>F</sup>	467,5±59,07 a	284,5±52,12 b	391,1±55,45 ab	542,1±47,70	220,1±47,08	<b>0,070</b>	<b>&lt;0,0001</b>	0,456	<b>0,038</b>	41,2

P: parité. Alt : Aliment. Cov.: covariante. SE: Erreur Standard. <sup>a,b,c</sup>. Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (L, M et H) et les parités (P1et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours. Covariante <sup>F</sup>: Nombre total des petits à 35 jours.

Tableau 37: Effet de la teneur protéique de l'aliment sur l'ingéré alimentaire des lapines locales et de leurs portées (LSM  $\pm$  SE)

Paramètres	Aliment			Parité		p-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	L	M	H	P1	P2	Aliment	Parité	Alt X P	Cov.	
1 <sup>ère</sup> Semaine <sup>B</sup>	1287 $\pm$ 79,2	1414 $\pm$ 70,0	1444 $\pm$ 74,6	1364 $\pm$ 64,3	1400 $\pm$ 63,4	0,318	0,705	0,536	<b>0,003</b>	20,2
2 <sup>ème</sup> Semaine <sup>C</sup>	1832 $\pm$ 82,5	1734 $\pm$ 74,4	1810 $\pm$ 77,5	1804 $\pm$ 67,3	1780 $\pm$ 65,6	0,645	0,805	0,167	<b>0,023</b>	14,4
3 <sup>ème</sup> Semaine <sup>D</sup>	1979 $\pm$ 80,7	1943 $\pm$ 72,8	1871 $\pm$ 78,0	2067 $\pm$ 65,8	1795 $\pm$ 65,5	0,616	<b>0,006</b>	0,639	<b>0,0015</b>	19,1
Ingéré Total pendant 21jours PP <sup>D</sup>	5102 $\pm$ 197,8	5088 $\pm$ 178,4	5150 $\pm$ 191,1	5234 $\pm$ 161,1	4993 $\pm$ 160,4	0,970	0,311	0,335	<b>0,0007</b>	19,9
4 <sup>ème</sup> Semaine <sup>E</sup>	2324 $\pm$ 91,2	2251 $\pm$ 82,3	2376 $\pm$ 85,6	2416 $\pm$ 74,4	2218 $\pm$ 72,5	0,573	<b>0,071</b>	0,473	<b>&lt;0,0001</b>	29,8
5 <sup>ème</sup> Semaine (Sevrage) <sup>F</sup>	2913 $\pm$ 130,5	2768 $\pm$ 117,6	2935 $\pm$ 122,4	2756 $\pm$ 106,5	2987 $\pm$ 103,8	0,571	0,140	0,411	<b>&lt;0,0001</b>	52,3
Ingéré Total pendant 35jours PP <sup>F</sup>	10351 $\pm$ 374	10090 $\pm$ 337,3	10428 $\pm$ 360,9	10414 $\pm$ 305,2	10165 $\pm$ 303,8	0,770	0,580	0,349	<b>&lt;0,0001</b>	36,7
Ingéré quotidien <sup>F</sup>	295 $\pm$ 10,7	288 $\pm$ 9,6	297 $\pm$ 10,3	298 $\pm$ 8,7	290 $\pm$ 8,7	0,770	0,580	0,349	<b>&lt;0,0001</b>	36,7
Ingéré protéique quotidien <sup>F</sup>	44,5 $\pm$ 1,92	50,7 $\pm$ 1,85	54,8 $\pm$ 1,73	50,4 $\pm$ 1,57	49,5 $\pm$ 1,56	0,0008	0,703	0,375	<b>&lt;0,0001</b>	45,9

P: parité. Alt : Aliment Cov.: covariante. SE: Erreur Standard. <sup>a,b,c</sup>. Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (L, M et H) et les parités (P1 et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours. Covariante <sup>F</sup>: Nombre total des petits à 35 jours.

Sur l'ensemble de la période suivie, les résultats montrent qu'il n'y a aucun effet de la teneur protéique de l'aliment sur la consommation hebdomadaire et l'ingéré quotidien des femelles ( $p > 0,05$ ). Cependant, l'ingéré protéique quotidien augmente significativement avec l'élévation du taux de protéines des aliments ( $p < 0,001$  ; tableau 37).

Par ailleurs, la parité n'a aucun effet significatif sur l'ingéré alimentaire des lapines ( $p > 0,05$ ). Les femelles ingèrent autant à la première lactation qu'à la deuxième, à l'exception de la 3<sup>ème</sup> semaine *post partum* où la consommation des lapines est supérieure lors de la première lactation ( $p < 0,01$ ).

Aucune interaction entre les traitements expérimentaux et la parité (Aliment X parité) n'est significative sur l'ingéré alimentaire des lapines ( $p > 0,05$ ).

Selon Rommers et *al.* (2004), il semblerait que la différence de l'ingéré alimentaire des lapines serait liée à la capacité d'ingestion de l'individu, cette dernière qui dépend de la taille et du poids corporel de l'animal.

Chez le lapin en croissance, Ouhayoun et Cheriet (1983) ne trouvent aucune différence significative de l'ingéré alimentaire quelque soit le taux protéique des aliments distribués (17,2 vs. 13,8%).

Pettigrow et Yang (1997) observent que les truies nourries avec un aliment riche en protéines ont un poids vif plus élevé contrairement au lapin dont le poids ne varie pas (Ouhayoun et Cheriet, 1983) avec, toutefois, une moindre masse grasseuse chez les deux espèces.

Chez le porc en croissance, l'augmentation de la teneur en protéines de l'aliment s'accompagne d'une réduction de l'appétit (Henry, 1985) et/ou de l'adiposité de la carcasse (Henry et Perez, 1986 ; Noblet et *al.*, 1987). En revanche, Quiniou et *al.* (1994) ne trouvent aucun effet du taux protéique du régime alimentaire (17,8, 15,5 et 13,6% PB) sur l'ingéré alimentaire.

Chez la rate, une restriction sévère en protéines pendant la gestation et la lactation montre, au pic de lactation, une préservation des réserves maternelles malgré une

balance énergétique négative. Cette adaptation métabolique a été assurée, en partie, par l'hypoinsulinémie qui favorise le dépôt des graisses, une hyperleptinémie qui induit une diminution de l'ingéré alimentaire (Ferreira et *al.*, 2007).

Selon Jansen (1989), De Blas et *al.* (1998) et Manjarin et *al.* (2014), il semblerait y avoir un effet du taux de protéines brutes et de la qualité des acides aminés de l'aliment ingéré sur les performances des lapines reproductrices. Les taux de protéines utilisés dépendent souvent de la qualité et la quantité de l'apport en acides aminés. Dans notre expérimentation, les femelles ont reçu des taux différents de PB tout en maintenant un profil d'équilibre optimal entre les acides aminés, ce qui a été appliqué lors de la formulation des aliments expérimentaux (Lysine entre 0,73 et 1,0 %, Méthionine-Cystine entre 0,49 et 0,59%).

### **I.2.2. Production laitière**

La teneur protéique de l'aliment n'influence pas la quantité de lait produite ( $p > 0,05$ ). L'effet de la parité sur la production laitière n'est pas significatif ( $p > 0,05$ ), bien que la quantité produite en deuxième lactation est supérieure de +5,4% ( $p > 0,05$ ). Aussi, l'interaction (Aliment X parité) est non significative ( $p > 0,05$ ) (tableau 38).

Chez les lapines ayant reçu des aliments contenant différents taux protéiques (13,5%, 17,5% et 21% PB/kg MS), Partridge et Allan (1982) enregistrent une diminution de l'ingéré alimentaire chez les femelles ayant reçu l'aliment le moins protéique (13,5%) et une augmentation de la production laitière avec l'augmentation de la teneur protéique de l'aliment, sans aucune modification de la composition chimique du lait, contrairement à nos résultats qui ne montrent aucun effet de la teneur protéique de l'aliment sur la production laitière ni sur l'ingéré alimentaire des lapines.

Dans notre expérimentation, l'ingéré protéique des lapines augmente avec le taux de protéines de l'aliment (L vs. M : +12,2% ; L vs. H : +18,8% ;  $p < 0,001$ ) sans modifier la production laitière. Nos présents résultats corroborent ceux retrouvés chez l'espèce porcine. En effet, des études ont montré l'absence d'une influence significative d'un rationnement protéique sévère (%) sur la production de lait et la croissance des portées (Revell et *al.*, 1998 ; Mejia-Guararrama et *al.*, 2002).

Plus récemment, Jang *et al.* (2014) ont testé sur des truies gestantes, 4 aliments à teneurs protéiques différentes (11%, 13%, 15% et 17%). Les résultats ne montrent aucune différence significative de la quantité du lait produite bien que l'ingéré alimentaire quotidien ne varie pas significativement lors de la lactation, ce qui induit un ingéré protéique supérieur chez les truies ayant reçu l'aliment le plus protéique (+38% de protéines ingérées entre les aliments à 11 et 17% de PB).

En revanche, les acides aminés peuvent varier la production laitière. En effet, chez la lapine, Taboada *et al.* (1994) observent un effet positif et significatif du taux de lysine de l'aliment sur la production laitière, avec un meilleur résultat chez les femelles ayant reçu l'aliment à teneur en lysine de 0,82% par rapport à l'aliment à 0,68% de lysine, sachant que la teneur protéique des différents aliments est de 18% PB.

Chez la truie et la rate, un apport en acides aminés dans l'alimentation, lors d'une période de croissance où la phase de multiplication des cellules mammaires se poursuit, stimule la prolifération de ses cellules et par conséquent, accroît la quantité de lait produite (Knight et Peaker, 1984 ; Jansen, 1989). Cette différence de production laitière serait en relation avec les apports en acides aminés dans l'alimentation et ne serait en aucun cas due à une sécrétion hormonale, sachant que la lysine et la méthionine stimulent peu la sécrétion d'hormones galactopoïétiques (Kuhara *et al.*, 1991).

Selon Rulquin (1992), Chez la vache laitière, un apport complémentaire de certains acides aminés comme la méthionine et la lysine (avec un aliment à 14% de protéines brutes), augmentent la production laitière en début de lactation. Par contre, en milieu de la lactation, aucune augmentation de la production laitière n'a été remarquée.

Patridge et Allan (1982) n'enregistrent aucune modification de la composition chimique du lait, chez les lapines ayant reçu des aliments contenant différents taux protéiques (13,5%, 17,5% et 21%).

En revanche, chez la vache laitière, Rulquin (1992) a montré que la composition du lait, plus particulièrement celle des protéines du lait, peut être accrue par un apport complémentaire de certains acides aminés comme la méthionine et la lysine (14% de protéines brutes) ; lors du début et au milieu de la lactation, une augmentation du taux protéique est remarquée. Ce phénomène physiologique pourrait s'expliquer, en partie,

par la disponibilité des différents acides aminés qui constituent le lait au niveau mammaire.

Chez la truie gestante, Jang et *al.* (2014) ayant utilisé 4 aliments de différents taux protéiques (11%, 13%, 15% et 17%) n'observent aucune différence de la composition chimique du colostrum (à J01 *PP*), ni du lait à J21 de la lactation. En revanche, Zhang et *al.* (2011) ont signalé l'effet positif et linéaire du taux de lysine d'aliments iso protéiques (13% de protéines brutes et des taux de lysine de 0,46, 0,56, 0,65 et 0,74%) sur le taux protéique du colostrum (+5%), sachant que les femelles concernées ont ingéré la même quantité pour les différents lots.

Dans notre expérimentation, il n'y a pas d'effet de la parité sur la production laitière. Ces résultats ne corroborent pas ceux retrouvés par Xiccato et *al.* (2004) qui ont déterminé une augmentation de la production laitière des lapines lors de la 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> portée par rapport à la première respectivement de 8% et 10%, tout en égalisant les portées concernées par l'expérimentation.

Dans notre expérimentation, l'égalisation des portées n'a pas été réalisée. Cependant, la taille de la portée, dont l'effet est hautement significatif ( $p < 0,0001$ ), a été prise en compte comme covariable pour éliminer son effet sur la production laitière.

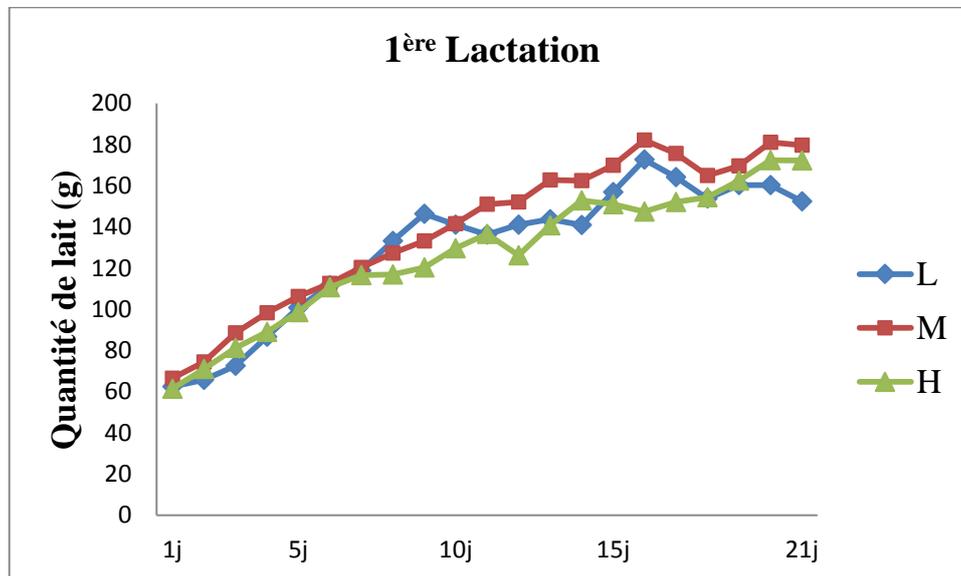
Ce résultat a été largement expliqué chez la lapine lors de notre précédente expérimentation. Chez d'autres espèces aussi prolifiques que la lapine (comme la rate et la truie), la taille de la portée et/ou la parité sont directement corrélées à la production laitière avec la croissance de la glande mammaire pendant la lactation, ce qui provoquerait un effet direct sur l'intensité de la production de lait de la mère (Farmer et Palin, 2005 ; Hurley, 2001).

**Tableau 38:** Effet de la teneur protéique de l'aliment sur la production laitière des lapines locales pendant les deux premières lactations (LSM  $\pm$  SE)

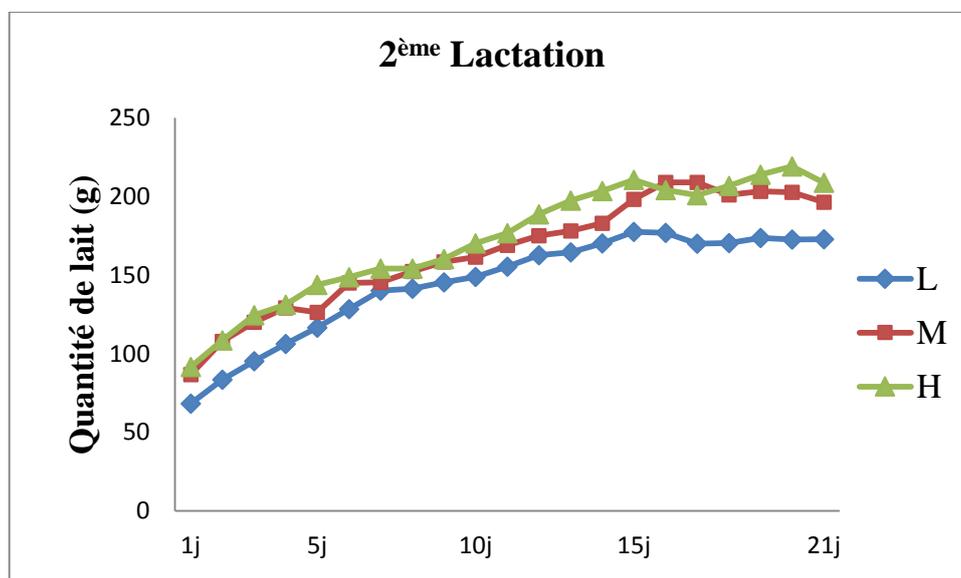
Paramètres (g)	Aliment			Parité		p-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	L	M	H	P1	P2	Aliment	Parité	Alt X P	Cov.	
<i>1<sup>ère</sup> Semaine PP<sup>B</sup></i>	703,1 $\pm$ 33,67	739,1 $\pm$ 31,36	741,6 $\pm$ 32,64	699,6 $\pm$ 28,01	756,2 $\pm$ 27,64	0,664	0,174	0,945	<0,0001	64,8
<i>2<sup>ème</sup> Semaine PP<sup>C</sup></i>	1083,1 $\pm$ 46,51	1085,7 $\pm$ 42,37	1063,1 $\pm$ 44,17	1062,3 $\pm$ 38,31	1092,3 $\pm$ 37,17	0,924	0,592	0,731	<0,0001	52,6
<i>3<sup>ème</sup> Semaine PP<sup>D</sup></i>	1217,9 $\pm$ 49,92	1300,0 $\pm$ 45,52	1265,6 $\pm$ 47,41	1241,7 $\pm$ 41	1280,7 $\pm$ 39,84	0,484	0,515	0,929	<0,0001	55,1
<i>Lactation (21 jours PP)<sup>D</sup></i>	3016,1 $\pm$ 122,54	3132,2 $\pm$ 111,75	3080,2 $\pm$ 116,38	3007,5 $\pm$ 100,85	3144,8 $\pm$ 97,8	0,785	0,352	0,681	<0,0001	58,8

P: parité. Alt : Aliment. Cov.: covariante. SE: Erreur Standard. <sup>a,b,c</sup> Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (L, M et H) et les parités (P1et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours.

Les figures 30 et 31 montrent les différentes courbes de lactation selon le taux protéique dans l'aliment distribué pendant les deux premières lactations respectivement.



**Figure 30:** Evolution de la production laitière en 1<sup>ère</sup> lactation selon la teneur protéique de l'aliment.



**Figure 31:** Evolution de la production laitière en 2<sup>ème</sup> lactation selon la teneur protéique de l'aliment.

Il n'y a aucune différence significative entre les moyennes de production laitières des différents lots (Tableau 38), avec une même allure des courbes lors des deux lactations suivies (Figures 30 et 31). Cependant, une différence des pics de lactation est remarquée en fonction de l'aliment ingéré et de la parité ;

- Lors de la 1<sup>ère</sup> lactation : 16<sup>ème</sup> jour *PP* pour le lot L, 20<sup>ème</sup> jour pour le lot H, et deux pics (16<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> jours *PP*) pour le lot M.
- Lors de la 2<sup>ème</sup> lactation : 15<sup>ème</sup> jour *PP* pour le lot L, 17<sup>ème</sup> jour *PP* pour le lot M, et deux pics (15<sup>ème</sup> et 20<sup>ème</sup> jours *PP*) pour le lot H.

Plusieurs auteurs situent le pic de lactation entre 18 et 19 jours *post partum* (Lebas, 1968; Fortun-Lamothe et Sabater, 2003; Casado et *al.*, 2006). Toutefois, en cas de carences en acides aminés dans l'alimentation, ou lorsque les primipares sont soumises à un rythme de reproduction intensif, le pic de lactation est atteint 2-3 jours plus tôt. (De Blas et *al.*, 1995; Taboada *et al.*, 1994), ce qui est en accord avec le pic obtenu chez les lapines ayant reçu le régime L et ce, quelque soit la parité. Dans notre expérimentation, chez les femelles ayant reçu l'aliment L le moins protéique, la précocité du pic de lactation est remarquée lors des deux cycles de reproduction des lapines.

### **I.3. Effet de l'aliment protéique, de la parité et de leur interaction sur les performances des portées**

Quelque soit l'aliment distribué, la taille et le poids des portées ainsi que les mortalités au nid ne montrent aucune différence significative entre la naissance et le sevrage ( $p > 0,05$ ), excepté une tendance à la signification remarquée sur le poids des portées vivantes à la naissance ( $p = 0,06$ ) ; les portées vivantes ayant reçu l'aliment M sont significativement plus lourdes que celles du lot ayant reçu l'aliment L le moins protéique (tableau 39).

L'effet de la parité sur la taille des portées est significatif ( $p < 0,05$ ) entre la parturition et le sevrage. Les portées issues de la deuxième gestation sont plus importantes que celles issues de la première. En revanche, il n'y a aucune différence significative de la parité sur la mortinatalité, la mortalité au nid et le poids des portées en pré sevrage ( $p > 0,05$ ). Néanmoins, une tendance statistique ( $p = 0,09$ ) est relevée sur le poids des portées au sevrage.

Il n'y a aucun effet significatif de l'interaction (Aliment X Parité) sur la mortinatalité, la mortalité au nid et sur les poids des portées sous leur mère ( $p > 0,05$ ).

La taille de la portée sous la mère dont l'effet est hautement significatif a été prise en compte comme covariable pour éliminer son effet sur le poids des portées ( $p < 0,0001$ ).

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Brun et Lebas (1994) qui montrent que chez les lapines croisées (2066 X 1077), l'augmentation du taux de protéines de l'aliment de 14,9% 20,6% de MS n'affecte pas la taille de la portée ni à la naissance, ni au sevrage. De même, Patridge et Allan (1982) n'enregistrent aucune variation de la taille de la portée au sevrage en fonction de différents taux de protéines de l'aliment (13,5%, 17,5% et 21%).

Cependant, Brun et Lebas (1994) précisent que l'aliment le plus protéique a permis d'accroître le poids moyen d'un lapereau au sevrage (29 jours) de 8,2%, celui des portées de 6,5%, contrairement à l'absence d'effet dans notre essai. Aussi, à long terme, les lapines recevant l'aliment le moins protéique ont sevré un nombre de

portées supérieur par rapport aux femelles recevant l'aliment riche en protéines brutes (Brun et Lebas, 1994).

Chez la lapine Rex, Ren et *al.* (2004) recommandent l'utilisation d'un aliment de 10,5MJ/Kg d'énergie digestible et 17,5% de protéines brutes pour les lapines gestantes, favorable pour améliorer la taille et le poids des portées totales et vivantes à la naissance. Par ailleurs, ces mêmes auteurs indiquent que chez les lapines allaitantes, la teneur en protéines brutes doit atteindre 19,5% pour une teneur énergétique 10,7MJ/Kg, afin d'améliorer la taille et le poids des portées au sevrage.

Quant à l'effet de la parité sur la prolificité et les caractères pondéraux de la portée, nos résultats corroborent ceux obtenus par Zerrouki et *al.* (2005) sur la même population concernant la taille des portées à la naissance. Cependant, ces auteurs ne trouvent pas d'effet de la taille de la portée sous la mère, contrairement à nos résultats qui montrent un effet significatif de la parité sur la taille de la portée pendant la lactation ( $p < 0,05$ ). Par ailleurs, l'effet positif de la parité sur le poids des portées à la naissance augmentent avec l'ordre de parité, avec un poids individuel des lapereaux sevrés plus élevé chez les multipares (Zerrouki et *al.*, 2005).

Chez les lapines croisées (Neo Zelandaise X Californienne), Xiccato et *al.* (2004) ne remarquent aucune différence significative de la taille de portée quelque soit la parité. En revanche, le poids des portées à la naissance, au sevrage ainsi que leur gain de poids pendant la période naissance-sevrage, augmentent très significativement avec la parité (+7,7%, +10,3% et 6,7% respectivement pour les paramètres cités).

Tableau 39 : Effet de la teneur protéique l'aliment sur la taille et le poids des portées de la lapine locale (LSM ± SE)

Paramètres	Aliment			Parité		p-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	L	M	H	P1	P2	Aliment	Parité	AltXP	Cov.	
Nombre d'Observations	31	32	33	50	46	-	-	-	-	
<b>Taille Totale de la portée à</b>										
La naissance	6,74±0,48	6,91±0,29	7,00 ±0,44	6,02±0,26	7,83±0,35	0,890	<0,0001	-	-	
Vivante à la naissance	5,13±0,58	6,12±0,35	5,66 ±0,49	5,10±0,31	6,24±0,46	0,463	0,013	-	-	
1 <sup>ère</sup> semaine	3,77±0,57	4,85±0,48	4,44 ±0,54	3,50±0,36	5,30±0,47	0,322	0,0012	-	-	
2 <sup>ème</sup> semaine	3,71±0,58	4,76±0,46	4,34 ±0,55	3,42±0,36	5,22±0,47	0,361	0,001	-	-	
3 <sup>ème</sup> semaine	3,71±0,58	4,76±0,46	4,31 ±0,55	3,42±0,36	5,20±0,46	0,359	0,0011	-	-	
4 <sup>ème</sup> semaine	3,71±0,58	4,76±0,46	4,28 ±0,54	3,40±0,36	5,20±0,46	0,354	0,001	-	-	
5 <sup>ème</sup> semaine (Sevrage)	3,65±0,58	4,76±0,46	4,25 ±0,55	3,36±0,36	5,17±0,47	0,320	0,0008	-	-	
<b>Mortalité(%) à</b>										
La naissance <sup>A</sup>	25,22±5,28	11,76±5,1	18,09±5,18	16±4,34	20,77±4,55	0,198	0,468	0,432	0,663	6,0

<b>Tableau 39 suite</b>										
<i>Naissance-Sevrage</i> <sup>F</sup>	25,22±5,28	24,78±6,49	30,72±6,82	34,9±5,39	22,85±5,71	0,990	0,198	0,565	<0,0001	32,3
<i>Poids Total de la portée (g) à</i>										
<i>La naissance</i> <sup>A</sup>	394±11,2	420±10,8	393±10,9	394±9,1	410±9,6	0,142	0,254	0,804	<0,0001	70,6
<i>Vivante à la naissance</i> <sup>A</sup>	313±21,2 a	382±19,9 b	359±20,9ab	346±17,2	356±18,1	<b>0,062</b>	0,705	0,506	<0,0001	28,9
<i>1<sup>ère</sup> semaine</i> <sup>B</sup>	658±25,8	675±22,7	685±24,2	648±20,8	698±20,6	0,747	0,107	0,236	<0,0001	79,0
<i>2<sup>ème</sup> semaine</i> <sup>C</sup>	1216±49,2	1174,6±43,3	1157,3±47	1132,3±40	1231,6±38,9	0,674	<b>0,091</b>	0,481	<0,0001	67,0
<i>3<sup>ème</sup> semaine</i> <sup>D</sup>	1717,5±69,5	1724,5±61,2	1694,1±66,4	1665±56,4	1759,1±54,9	0,942	0,254	0,369	<0,0001	61,6
<i>4<sup>ème</sup> semaine</i> <sup>E</sup>	2640±110,8	2573,7±97,6	2591±105,8	2528,1±90,1	2675,4±87,6	0,900	0,265	0,205	<0,0001	64,6
<i>5<sup>ème</sup> semaine (Sevrage)</i> <sup>F</sup>	3835,2±149,2	3578,7±131,3	3785,9±142,5	3584,1±121,3	3883,8±118,1	0,379	<b>0,091</b>	0,268	<0,0001	74,9

P: parité. Alt : Aliment. Cov.: covariante. SE: Erreur Standard. <sup>a,b,c</sup> Moyennes différentes par les lettres sur la même ligne entre les régimes alimentaires (L, M et H) et les parités (P1et P2) différent significativement (P<0,05). Covariante <sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante <sup>B</sup>: Nombre total des petits à 07 jours. Covariante <sup>C</sup>: Nombre total des petits à 14 jours. Covariante <sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante <sup>E</sup>: Nombre total des petits à 28 jours. Covariante <sup>F</sup>: Nombre total des petits à 35 jours.

Cette partie de l'expérimentation a pour objectif d'évaluer l'effet de la teneur protéique de l'aliment sur les paramètres de production de la lapine locale.

Le tableau 40 regroupe les résultats obtenus au cours de cette première partie de l'expérience 2. Il en résulte que pendant les deux premières lactations, la teneur protéique de l'aliment n'influence ni le poids vif des lapines locales, ni le gain de poids entre la parturition et le sevrage, ni leur production laitière, ni l'ingéré alimentaire pendant les deux premières lactations successives.

De même, la taille et le poids des portées vivantes et le taux de mortalité sous la mère ne sont pas affectés par la teneur protéique de l'aliment sur toute la période du pré sevrage.

**Tableau 40 :** Tableau récapitulatif des différents effets du taux protéique de l'aliment, de la parité et de leur interaction sur les paramètres zootechniques étudiés

Paramètre	P-valeur			
	Aliment(Alt)	Parité (P)	Alt * P	Cov.
Poids vif des lapines à la parturition <sup>A</sup>	NS	<b>0,002</b>	NS	0,064
Poids vif des lapines au sevrage <sup>F</sup>	NS	0,091	NS	NS
Gain de poids vif des lapines (parturition-sevrage) <sup>E</sup>	0,070	<b>&lt;0,001</b>	NS	<b>0,038</b>
Ingéré alimentaire quotidien <sup>F</sup>	NS	NS	NS	<b>&lt;0,001</b>
Production laitière totale <sup>D</sup>	NS	NS	NS	<b>&lt;0,001</b>
Prolificité à la naissance	NS	<b>&lt;0,001</b>	-	-
Poids des portées à la naissance <sup>A</sup>	NS	NS	NS	<b>&lt;0,001</b>
Prolificité au sevrage	NS	<b>&lt;0,001</b>	-	-
Poids des portées au sevrage <sup>F</sup>	NS	0,091	NS	<b>&lt;0,001</b>

P: parité. Alt : Aliment Cov.: covariante. Covariante<sup>A</sup>: Nombre total des petits à la naissance. Covariante<sup>D</sup>: Nombre total des petits à 21 jours. Covariante<sup>F</sup>: Nombre total des petits à 35 jours.

L'effet de la parité est significatif sur le poids des lapines à la parturition, le gain de poids au sevrage et la prolificité, sans aucun effet sur l'ingéré alimentaire, à l'exception de l'ingéré à la 3<sup>ème</sup> semaine *PP*.

Aucun effet significatif de l'interaction (Aliment X Parité) n'est relevé sur les différents paramètres étudiés.

L'effet de la covariance est significative sur le gain de poids des femelles, de leur ingéré alimentaire et de leur production laitière ainsi que le taux de mortalité en pré sevrage et le poids des portées sur la même période.

## **II-Le statut métabolique des femelles selon le taux des protéines alimentaires, étude des marqueurs sanguins**

Les mesures des profils métaboliques sanguins pour l'estimation du statut nutritionnel présentent des avantages certains, permettant de donner une information immédiate comparativement au poids des femelles et de ses portées. L'objectif de cette partie est d'évaluer le profil métabolique des lapines ayant reçu des aliments à différents teneur protéique.

### **II.1. Glucose**

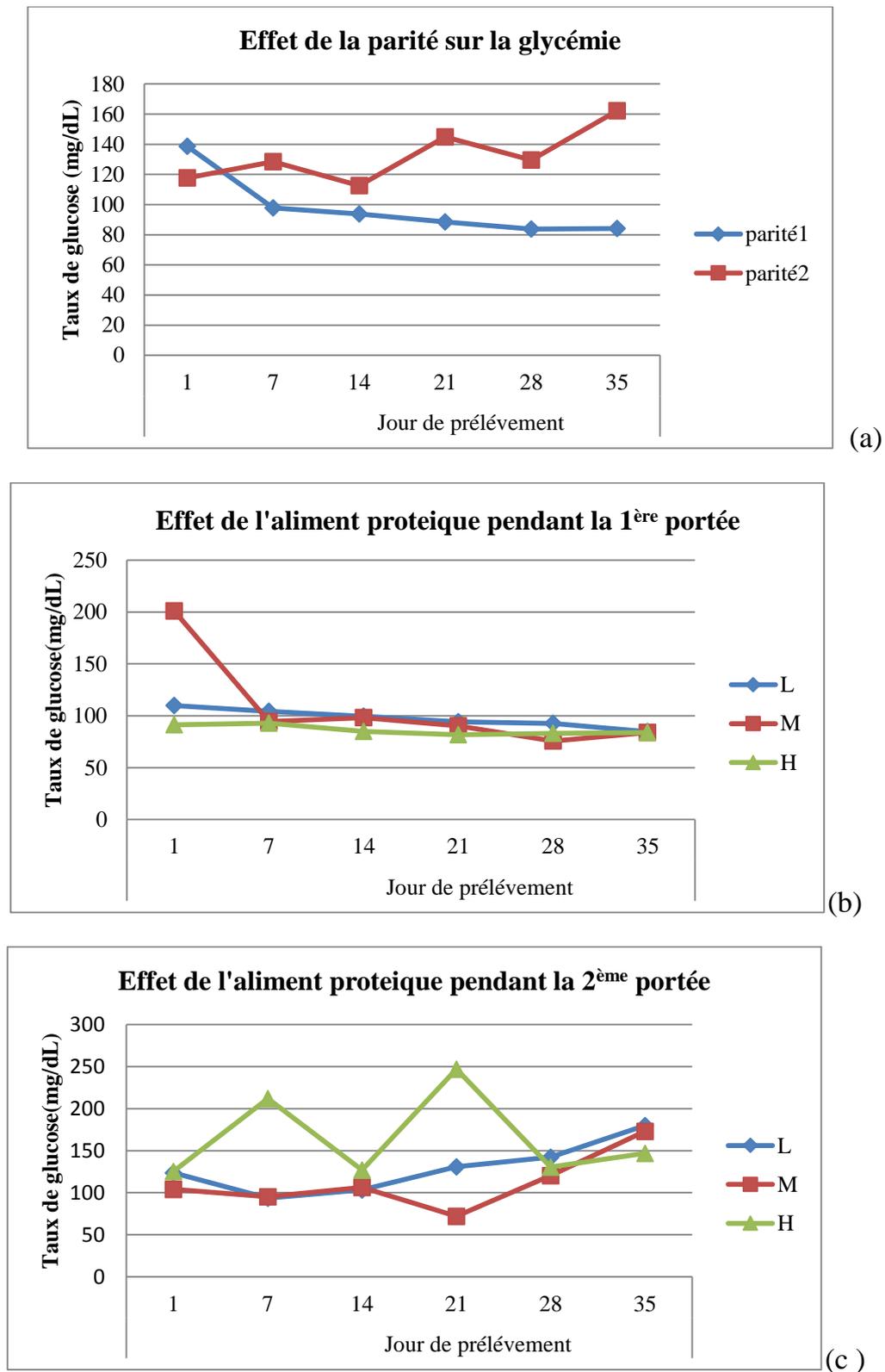
Le taux protéique de l'aliment n'a pas affecté de manière significative le taux de glucose dans le sang des femelles ( $p > 0,05$ ). Par ailleurs, il n'y a aucune différence significative du jour de prélèvement sur les valeurs de la glycémie des lapines ( $p > 0,05$ ). Cependant, l'effet de la parité est significatif ( $p < 0,05$  ; tableau 41). La valeur de la glycémie est supérieure à la deuxième lactation à partir du 4<sup>ème</sup> jour des deux lactations (Figure 32). Enfin, l'effet de l'interaction (Aliment X jour X Parité) tend à la signification ( $p = 0,06$ )

Globalement, les valeurs de glycémie enregistrées dans notre essai sont proches de celles retrouvées par Garcia-Garcia et *al.* (2011) (117 mg/dL) sur des lapines primipares allaitantes. Sur des femelles au même stade physiologique, Sakr (2012) constate une baisse de la concentration de glucose sanguin entre la parturition et le 11<sup>ème</sup> et 25<sup>ème</sup> jour *PP* (effet jour de prélèvement).

Chez la lapine, qu'elle soit en *post partum* (juste allaitante les premiers jours qui suivent la parturition), soit à 10 jours *PP* à partir desquels elle devient simultanément gestante et allaitante, l'ingestion varie selon ses stades physiologiques et sa physiologie digestive. Selon West (1996) et Kaneko (2008), les variations de l'ingéré alimentaire influent sur la glycémie qui est généralement plus élevée pendant la fin de la gestation, avec une diminution considérable de l'ingéré. Aussi, lors de la lactation, les besoins en glucose sont importants pour la couverture des besoins pour la production de lait. Cela résulte du fait que la néoglucogenèse à partir du propionate est plus forte, associée à une augmentation de l'ingestion en *post partum*.

**Tableau 41:** Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la glycémie (mg/dL) des lapines.

		Jour de prélèvement (PP)						P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	07	14	21	28	35	Alt	J	P	A*J*P	
1	L	109,80±29,70	104,32±36,38	99,57±36,38	94,07±36,38	92,67±36,36	84,72±33,68	0, 3 7 2	0, 5 1 3	0, 0 0 1	0, 0 6 2	1 9, 5
	M	201,02±31,51	94,39±39,85	98,15±44,56	90,07±39,85	75,53±39,85	83,76±39,85					
	H	91,37±29,70	92,89±33,68	84,85±29,70	81,75±33,68	83,03±31,51	83,84±36,38					
Moyenne	<b>138,6±30,71</b>	<b>97,8±35,91</b>	<b>93,9±36,79</b>	<b>88,6±35,91</b>	<b>83,80±35,80</b>	<b>84,20±35,91</b>						
2	L	123,65±33,68	93,69±36,38	103,35±33,68	130,81±36,38	142,40±39,85	179,87±26,87					
	M	104,10±33,68	95,22±44,56	106,47±39,85	72,12±51,45	120,48±51,45	173,15±23,82					
	H	125,22±33,68 a	211,89±33,68 ab	127,13±33,68 a	247,04±31,51 b	130,71±31,51 a	146,76±26,87 a					
Moyenne	<b>117,7±33,68</b>	<b>128,5±38,01</b>	<b>112,6±35,63</b>	<b>144,9±39,52</b>	<b>129,6±40,43</b>	<b>162,3±25,48</b>						



**Figure 32:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la glycémie (mg/dL) des lapines.

Chilliard et *al.* (1998) ont relaté que le glucose est un bon indicateur de la balance énergétique des animaux de toute espèce. Ainsi chez le lapin, une malnutrition prolongée provoquerait une réduction de sa glycémie (Rommers et *al.*, 2004).

Nos résultats sont similaires à ceux retrouvés chez la truie primipare allaitante. Lors de la variation de la teneur protéique de l'aliment de 11,4% à 17,1%, la glycémie des femelles à un jour *post partum* et au sevrage reste inchangée (Jang et *al.* 2014).

Chez la brebis, Les glycémies sont élevées pendant les deux premières semaines de la lactation et diminuent ensuite sensiblement (Grizard et *al.*, 1979). Pendant la première semaine de lactation, le glucose est en grande quantité utilisée quotidiennement par la glande mammaire pour son fonctionnement et pour la synthèse du lactose ainsi que par les tissus autres que la glande mammaire, ce qui dépasse considérablement celle qui est absorbée et entraîne un déséquilibre par rapport aux besoins (Vermorel, 1978).

## **II.2. Triglycérides**

Les lapines ne présentent aucune variation du taux sanguin des triglycérides des femelles due à la teneur protéique de l'aliment ( $p > 0,05$ ). En revanche, l'effet du jour de prélèvement est très significatif ( $p < 0,01$ ). Les valeurs des triglycéridémies diminuent entre J01 et J35 *PP* lors de la première lactation à partir de J21 *PP* alors qu'elles augmentent lors de la deuxième lactation avec un effet significatif de la parité ( $p < 0,05$ ) (voir la figure 33). Ainsi, l'interaction (Aliment X Jour X Parité) est très significative (tableau 42 ;  $p < 0,001$ ).

Selon Garcia-Garcia et *al.* (2011), les taux de triglycérides chez les lapines varient autour de  $59,1 \pm 5,2$  mg/dL. Cette valeur est légèrement supérieure à celle retrouvée dans nos conditions expérimentales (en moyenne 52,4 mg/dL).

Sakr (2012) a constaté, chez les lapines primipares allaitantes, une forte concentration des NEFA à la parturition par rapport aux 11<sup>ème</sup> et 25<sup>ème</sup> jours *post partum*. Arias-Alvarez et *al.* (2009) décrivent une augmentation de la concentration plasmatique en NEFA autour de la parturition, ce qui est dû à une mobilisation des réserves corporelles associée à la diminution de l'ingéré alimentaire à la fin de la gestation. Selon Brecchia et *al.*, (2006), les concentrations sériques des NEFA sont élevées chez

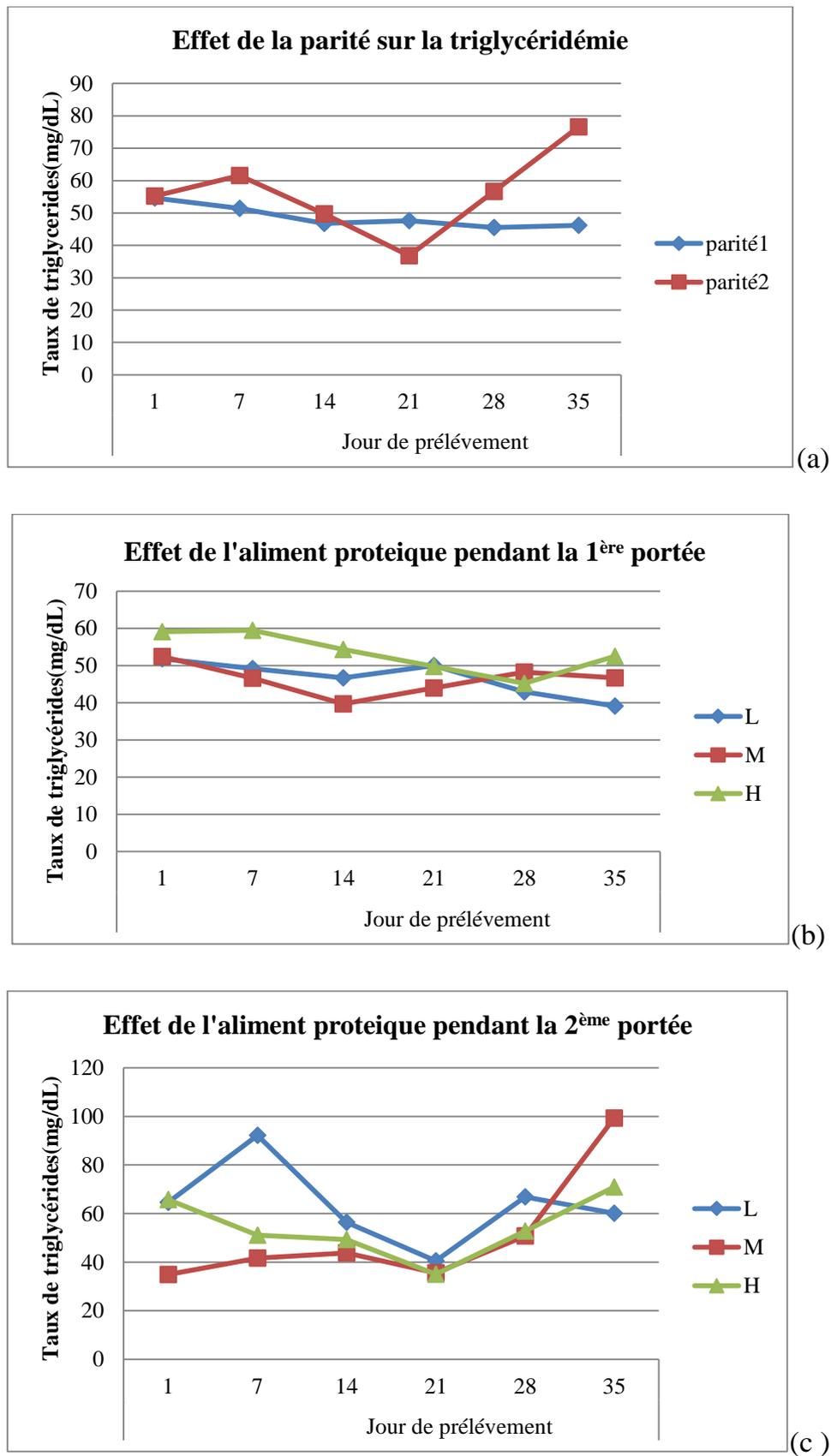
la lapine lors du jeûne, ce qui suggère une augmentation de l'activité lipolytique (mobilisation des graisses corporelles). Cela est probablement dû à la diminution du taux d'insuline plasmatique. Les mêmes résultats ont été remarqués chez les ovins par Sosa et *al.* (2006).

Chez les lapines, il faut signaler qu'à la période *péri partum*, lors du dosage des triglycérides, chez quelques femelles, les valeurs des triglycéridémies sont non décelables avec la méthode de spectrophotométrie utilisée vu que les valeurs sont trop faibles ; ce qui a été remarquée même lors de notre première expérimentation.

Selon Parigi-Bini (1988) et Parigi-Bini et *al.* (1990), durant la phase finale de la première gestation (les 10 derniers jours de gestation), l'accumulation de l'énergie dans l'utérus provenait seulement en partie de l'ED ingérée, alors qu'une partie importante (30-40% environ) dérivait de la mobilisation des tissus corporels (les protéines et les lipides) de la lapine. En même temps, des modifications considérables du profil sanguin et hormonal des lapines sont observées. Ces modifications (qui se basent surtout sur une réduction du glucose et des triglycérides et une augmentation du glucagon) confirment la mobilisation catabolique des tissus du corps maternel lors de la lactation.

**Tableau 42:** Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la triglycéridémie (mg/dL) des lapines

		Jour de prélèvement (PP)						P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	07	14	21	28	35	Alt	J	P	A*J*P	
1	L	51,85±7,55	49,25±9,25	46,75±9,25	50±9,25	42,91±9,25	39,06±8,56	0, 9 6 4	0, 0 8	0, 0 7	< 0 0 0 1	3 5, 5
	M	52,38±8,01	46,65±10,13	39,75±11,32	43,98±10,13	48,23±10,13	46,74±10,13					
	H	59,08±8,01	59,55±8,56	54,29±7,55	49,76±8,56	45,18±8,01	52,49±9,25					
Moyenne	<b>54,6±7,81</b>	<b>51,4±9,26</b>	<b>46,8±9,29</b>	<b>47,6±9,26</b>	<b>45,5±9,08</b>	<b>46,2±9,26</b>						
2	L	64,60±8,56	92,22±9,25	56,42±8,56	40,46±9,25	66,92±10,13	60,06±6,83					
	M	34,91±8,01	41,62±11,32	43,79±10,13	35,48±13,08	50,78±13,08	99,28±6,05					
	H	65,81±8,56	51,10±8,01	49,28±8,56	35±8,01	52,79±8,01	70,87±6,83					
Moyenne	<b>55,2±8,34</b>	<b>61,6±9,46</b>	<b>49,7±9,01</b>	<b>36,8±10,02</b>	<b>56,7±10,32</b>	<b>76,6±6,31</b>						



**Figure 33:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la triglycéridémie (mg/dL) des lapines.

### II.3. Cholestérol

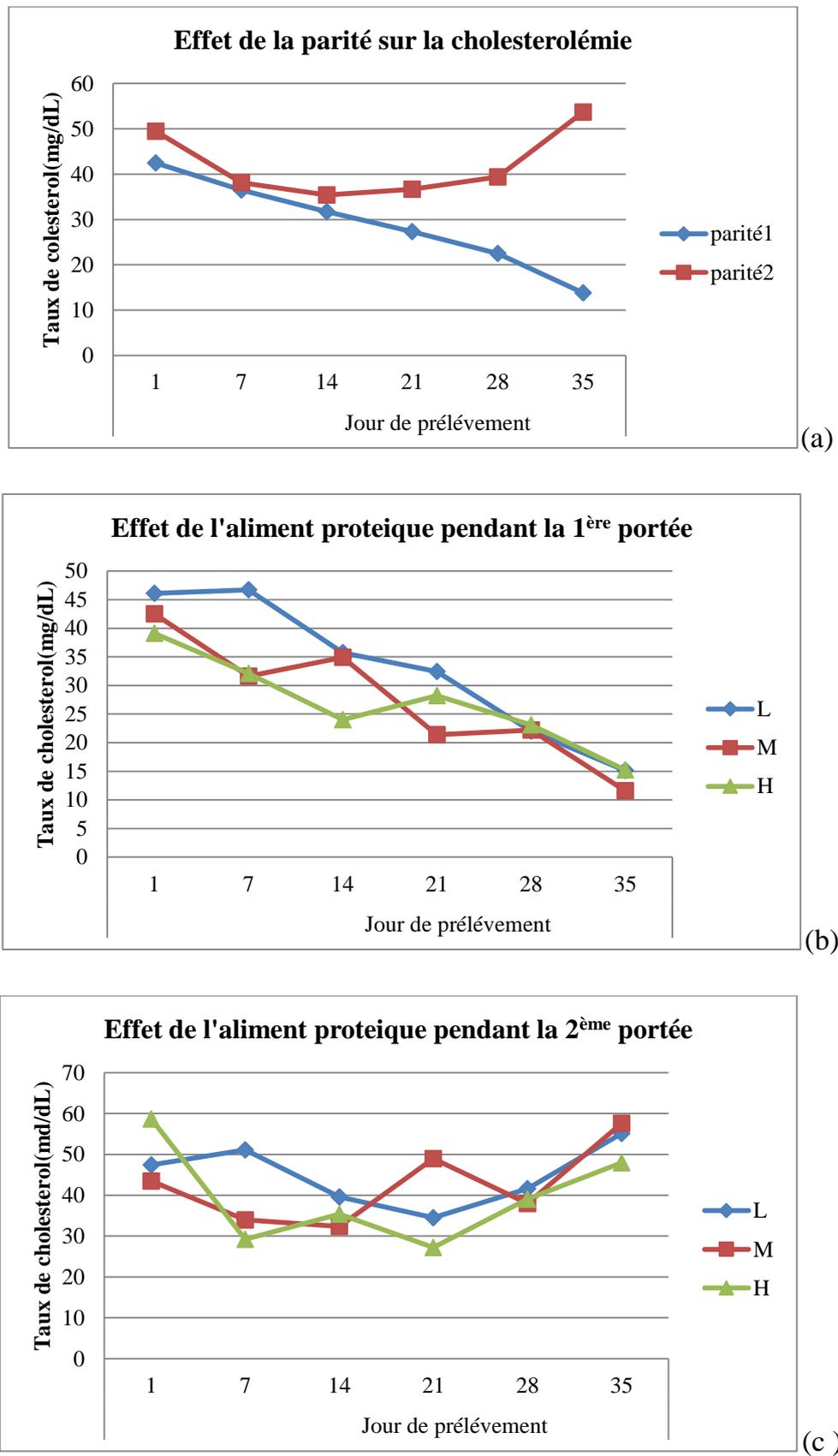
Il n'y a aucun effet du taux protéique dans l'aliment sur la cholestérolémie des femelles ( $p > 0,05$ ). Par contre, l'effet du jour de prélèvement et l'effet de la parité sont très significatifs ( $p < 0,001$ ). L'interaction aliment X jour de prélèvement X parité hautement significative est observée (tableau 43 ;  $p < 0,001$ ).

Les figures 34 montrent une diminution du taux de cholestérol entre le jour de la parturition jusqu'au 14<sup>ème</sup> jour *PP* chez toutes les lapines de l'expérimentation. A partir du 14<sup>ème</sup> jour *PP*, une augmentation de cette concentration est remarquée chez les lapines en deuxième portée jusqu'au 35<sup>ème</sup> jour *PP* contrairement à la première lactation où la cholestérolémie diminue. Cette variation entre les deux parités à partir de J 14 *PP* s'explique par le fait que les lapines n'ont pas été saillies pour une ultérieure gestation (une troisième) selon le protocole suivi. Notre expérimentation a concerné les deux premières portées de chaque femelle seulement. Il est à rappeler que le cholestérol est le précurseur des hormones stéroïdiennes, responsables du maintien de la gestation jusqu'à terme.

Chez les lapines nullipares gestantes de race V-line de 15 jours, Attia et *al.* (2015) ont trouvé des valeurs élevées du cholestérol (84,5 mg/dL), sachant qu'elles ont consommé un aliment riche en protéines (18.3% de protéines brutes et 2502 kcal/kg d'énergie digestible). Les valeurs retrouvées chez les lapines locales sont plus faibles puisque les femelles de nos deux expérimentations sont primipares (simultanément gestantes allaitantes à partir de J10 *PP*) et/ou multipares allaitantes.

**Tableau 43:** Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur la cholestérolémie (mg/dL) des lapines.

		Jour de prélèvement (PP)						P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	07	14	21	28	35	Alt	J	P	A*J *P	
1	L	46,05±5,24	46,73±6,41	35,70±6,41	32,39±6,41	22,01±6,41	15,07±5,94	0, 2 4 5	0, 0 0 3	< 0, 0 0 1	< 0, 0 0 1	4 1, 9
	M	42,54±5,55	31,60±7,02	34,95±7,85	21,39±7,85	22,21±7,02	11,63±7,02					
	H	39,11±5,24	32,11±5,94	24,0±5,24	28,17±5,94	23,10±5,55	15,21±6,41					
Moyenne		<b>42,51±5,29</b>	<b>36,48±6,39</b>	<b>31,71±6,48</b>	<b>27,27±6,59</b>	<b>22,51±6,30</b>	<b>13,85±6,39</b>					
2	L	47,41±5,94	51,12±6,41	39,65±5,94	34,47±6,41	41,63±7,02	55,11±4,73					
	M	43,51±5,94	34,0±7,85	32,43±7,02	48,99±9,07	38,01±9,07	57,58±4,20					
	H	58,70±5,94	29,23±5,94	35,39±5,94	27,21±5,55	39,11±5,55	48,03±4,74					
Moyenne		<b>49,48±5,94</b>	<b>38,12±6,59</b>	<b>35,39±6,07</b>	<b>36,73±7,07</b>	<b>39,42±7,58</b>	<b>53,69±4,67</b>					



**Figure 34:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la cholestérolémie (mg/dL) des lapines.

#### **II.4. Protéines totales**

Les valeurs des protéines totales plasmatiques révèlent des variations non significatives entre les trois lots expérimentaux ( $p > 0,05$ ) et ce, entre la parturition et le sevrage lors des deux parités. Par contre, nos résultats montrent que l'effet de la parité est significatif ( $p < 0,05$ ). La protéinémie est largement supérieure tout au long de la première lactation par rapport à la deuxième (tableau 42). Cependant, l'effet du jour du prélèvement sanguin des lapines sur la protéinémie est très significatif ( $p < 0,01$ ). Lors de la première portée, la protéinémie est stable entre les jours de prélèvement, lorsqu'à la deuxième parité, elle est maximale aux 7<sup>ème</sup> et 35<sup>ème</sup> jours *PP* (Figure 35). L'interaction entre (Aliment X Jour X Parité) montre un effet très significatif sur la protéinémie ( $p < 0,01$ ).

Selon Melillo (2007), la concentration des protéines totales sériques chez le lapin est comprise entre 5,4 et 7,5 g/dL. Ces valeurs peuvent varier selon plusieurs facteurs tels que l'âge, la gestation, la déshydratation ou la malnutrition chronique, ces deux derniers facteurs provoquent une hypoprotéinémie.

Selon Deichmiller et Dixon (1960), lorsque les lapines sont gestantes, les protéines sériques sont utilisées, ce qui réduit leur concentration et conduit à une hypoprotéinémie marquée au moment de la parturition. En outre, Kupersmith (1998) s'est basé sur le fait que l'animal ne peut pas effectuer correctement et complètement sa coprophagie lorsque la gestation est avancée, cela réduit de manière significative l'ingestion d'une source très importante de protéines qui correspond à 25-30% du pourcentage de matière sèche.

Chez l'espèce porcine, Cia et *al.* (1998) suggèrent qu'une diminution du pourcentage des protéines plasmatiques affecte considérablement la capacité de reproduction de la femelle. En outre, chez la vache, Lee et *al.* (2004) insistent sur le fait que les acides aminés sont parmi les éléments les plus importants impliqués dans la régulation du développement embryonnaire, car ils sont utilisés pour la synthèse des protéines.

**Tableau 44:** Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur le taux sanguin des protéines totales (mg/dL) des lapines.

		Jour de prélèvement (PP)						P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	07	14	21	28	35	Alt	J	P	Alt *J*P	
1	L	3,98±0,65	4,45±0,80	4,76±0,80	4,50±0,80	4,70±0,80	4,62±0,74	0, 5 0 3	0, 0 0 7	0, 0 0 7	0, 0 0 4	2 4, 0
	M	4,26±0,69	5,14±0,88	4,56±0,98	4,26±0,88	5,10±0,88	3,76±0,88					
	H	4,72±0,69	5,00±0,74	4,92±0,74	5,08±0,74	5,60±0,69	4,60±0,80					
Moyenne		<b>4,35±0,68</b>	<b>4,87±0,82</b>	<b>4,76±0,83</b>	<b>4,60±0,82</b>	<b>5,15±0,75</b>	<b>4,30±0,82</b>					
2	L	3,95±0,74	7,81±0,80	5,11±0,74	5,34±0,80	5,49±0,88	7,64±0,59					
	M	4,94±0,69	5,05±0,98	5,45±0,88	6,41±1,13	5,19±1,13	6,09±0,52					
	H	4,38±0,74	6,26±0,69	6,58±0,74	4,82±0,69	6,44±0,69	6,70±0,59					
Moyenne		<b>4,41±0,73</b>	<b>6,36±0,80</b>	<b>5,70±0,76</b>	<b>5,52±0,87</b>	<b>5,72±0,88</b>	<b>6,80±0,57</b>					

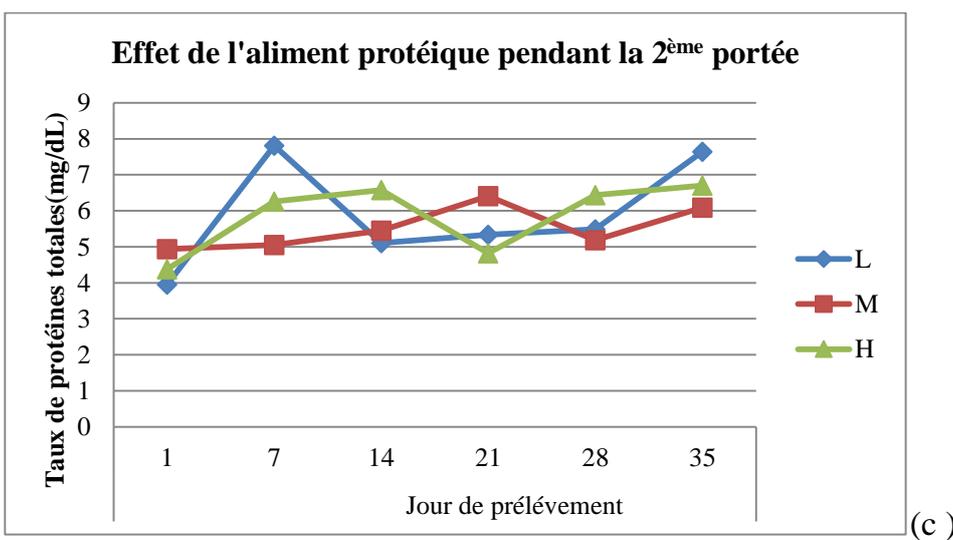
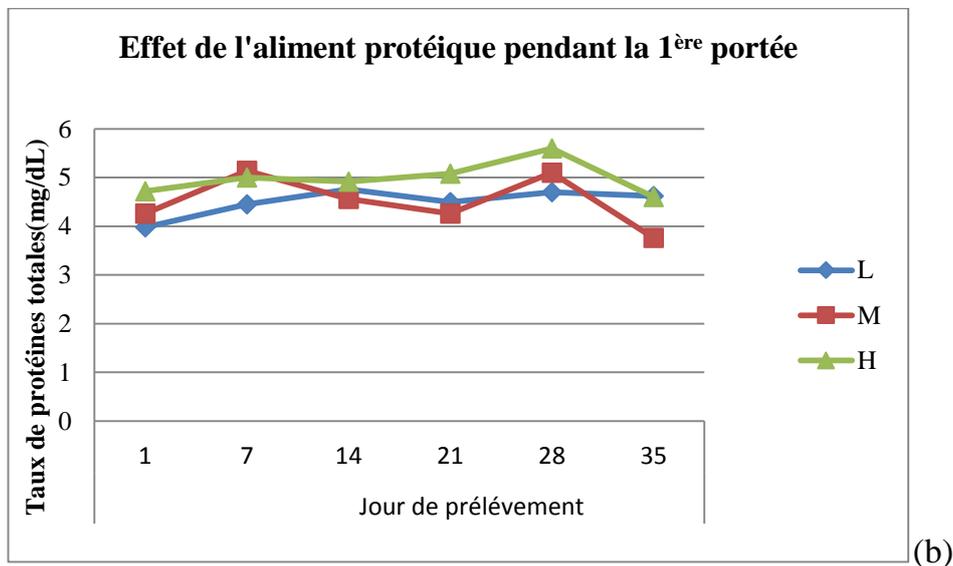
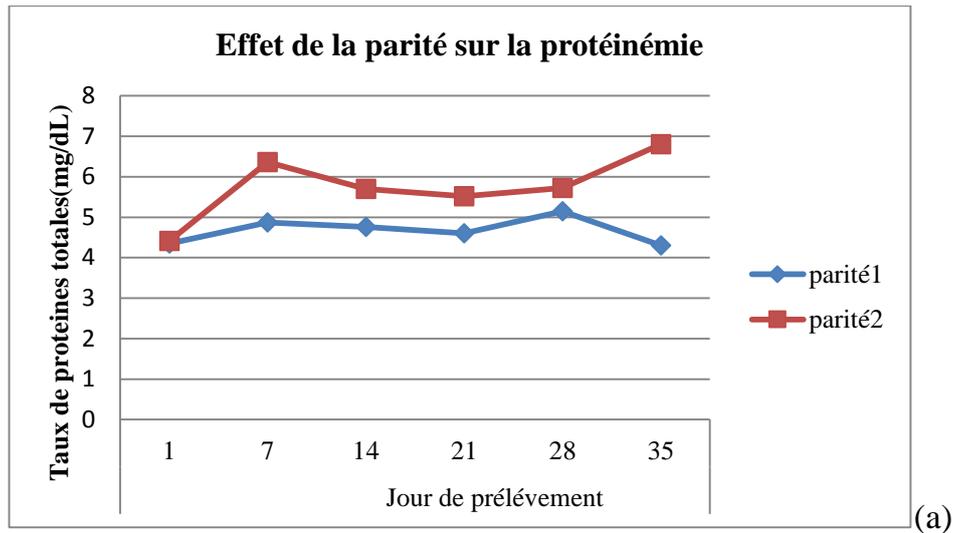


Figure 35: Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur la protéinémie (mg/dL) des lapines.

## II.5. Urée

La teneur protéique de l'aliment a un effet très significatif sur l'urémie chez les femelles suivies. Plus l'aliment est riche en protéines brutes, plus l'urémie est élevée ( $p < 0,001$ ).

Il y a une différence significative de l'urémie entre les deux parités ( $p < 0,05$ ) avec une urémie plus élevée (+9,8%) lors de la première parité. En revanche, aucune différence du jour de prélèvement pendant les deux lactations n'a été décelée ( $p > 0,05$ ). Cependant, l'interaction (Aliment X Jour X Parité) est très significative ( $p < 0,01$  ; tableau 45).

Sur les figures 36, une différence de l'allure des courbes des trois groupes pendant la première parité est remarquée. Néanmoins, une même allure des courbes des différents groupes se dessine pendant la deuxième parité.

Nos résultats correspondent à ceux retrouvés par Marangiou et *al.* (2009) qui montrent une différence très significative ( $p < 0,01$ ) du taux d'urée sanguine entre deux lots de femelles gestantes et allaitantes ayant reçu deux aliments respectivement de 22 et 18,5% de PB ; l'urémie est plus élevée chez les lapines ayant reçu l'aliment le plus protéique (34,06 vs 24,64 mg/dL). Les mêmes auteurs soulignent que les femelles ayant présenté des taux d'urémie supérieurs à 30mg/dL, ont présenté une fertilité réduite et suggèrent un effet négatif du taux élevé des protéines brutes de l'aliment sur l'efficacité de la reproduction. Cet effet négatif est dû à la concentration élevée des produits toxiques du métabolisme protéique (urée, ammoniac et autres). Dans notre expérimentation, la majorité des femelles ont dépassé le seuil des 30mg/dL sans que la fertilité soit spécialement affectée.

Les résultats sont aussi similaires à ceux retrouvés par Yassein et *al.* (2011) chez les lapines blanches Néo Zélande ayant reçu différents teneurs protéiques dans l'aliment (12%, 14% et 16%) à partir de l'âge de 12 semaines. Les femelles présentent une urémie supérieure lorsque la teneur protéique de l'aliment est élevée pendant la période de gestation.

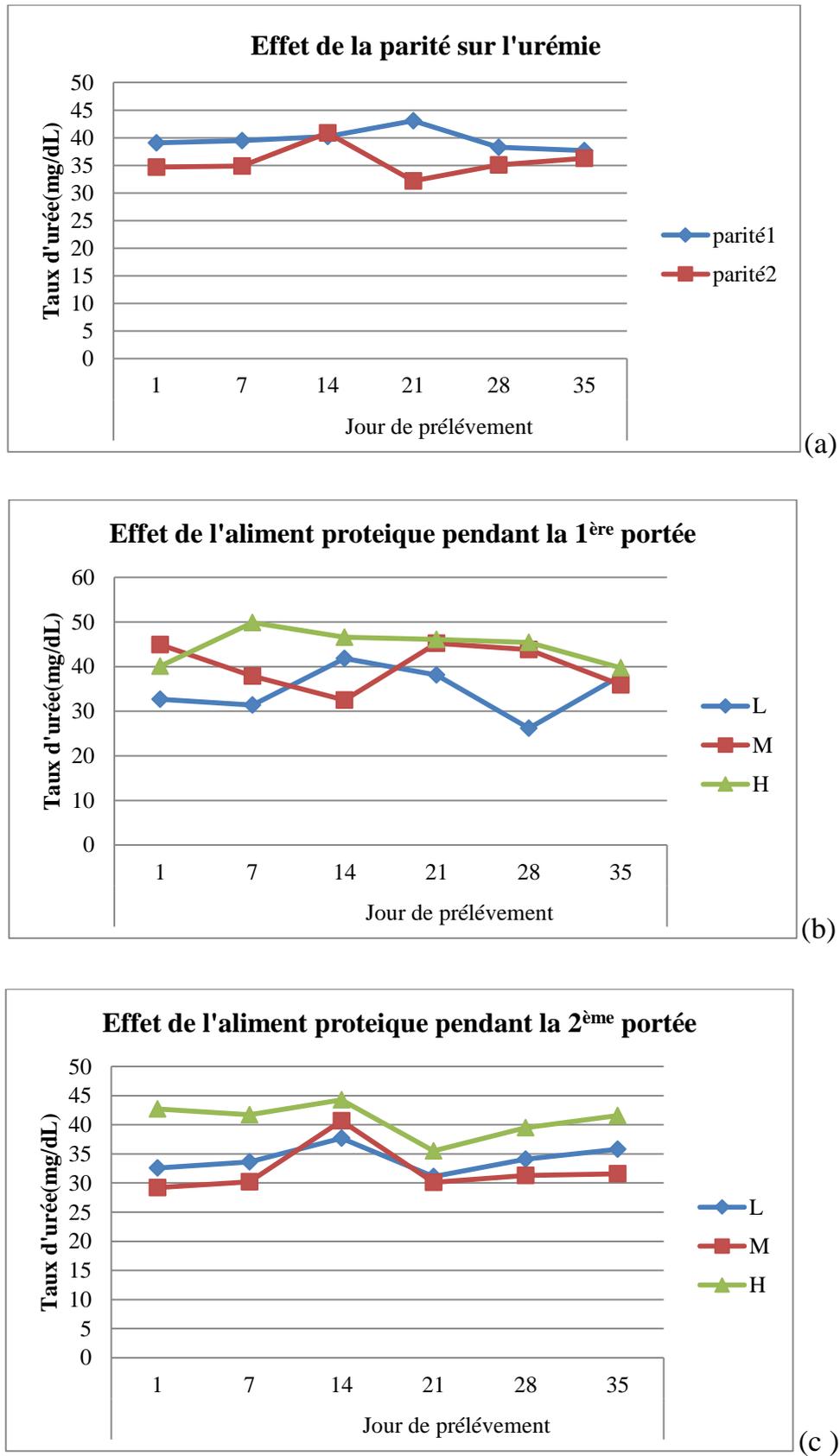
**Tableau 45:** Effet du taux protéique de l'aliment, de la parité, du jour de prélèvement et de leur interaction sur l'urémie (mg/dL) des lapines

		Jour de prélèvement (PP)						P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
P	Alt	01	07	14	21	28	35	Alt	J	P	Alt*J* P	
1	L	32,71±3,74	31,39±4,58	41,80±4,58	38,15±4,58	26,23±4,58	38,02±4,24	0, 0 0 0 5	0, 5 4 9	0, 0 2 2	0, 0 3 7	2 3, 9
	M	44,94±3,97	37,94±5,02	32,54±5,61	45,18±5,02	43,77±5,02	35,93±5,02					
	H	40,08±3,97	49,88±4,24	46,57±3,74	46,13±4,24	45,41±3,97	39,68±4,58					
Moyenne		<b>39,07±3,90</b>	<b>39,51±4,59</b>	<b>40,23±4,51</b>	<b>43,07±4,59</b>	<b>38,28±4,48</b>	<b>37,69±4,59</b>					
2	L	32,58±4,24	33,61±4,58	37,67±4,24	31,15±4,58	34,09±5,02	35,77±3,38					
	M	29,17±3,97	30,25±5,61	40,75±5,61	30,08±6,48	31,34±6,48	31,59±3,00					
	H	42,69±4,24	41,67±3,97	44,29±4,24	35,54±3,97	39,95±3,97	41,58±3,38					
Moyenne		<b>34,68±4,08</b>	<b>34,89±4,61</b>	<b>40,88±4,53</b>	<b>32,18±4,96</b>	<b>35,09±5,07</b>	<b>36,28±3,20</b>					

De même chez l'espèce porcine, en période de gestation, les truies ayant reçu l'aliment le plus protéique, présentent une urémie plus élevée (Jang et *al.*, 2014). Par ailleurs, à 21 jours de la lactation, l'urémie ne diffère pas entre les truies quelque soit la teneur protéique de l'aliment. L'absence de différence pendant la lactation pourrait s'expliquer par un ingrédient alimentaire similaire dans les différents lots, ce qui a induit une production laitière et composition du lait similaires (Jang et *al.*, 2014). Selon Wu et Morris (1998), une faible concentration d'urée dans le sang peut être dérivée d'une disponibilité réduite de l'ammoniac due à la synthèse accrue des protéines et l'oxydation réduite des acides aminés.

Chez les génisses de race Holstein, Hall et *al.* (1995) et Gabler et Heinrichs (2003) rapportent que le taux plasmatique d'urée est fortement corrélé à la quantité de protéines brutes ingérée. Ishii et *al.* (2011) confirment ce résultat en utilisant trois taux de protéines brutes dans l'alimentation distribuée. Le taux plasmatique de l'urée augmente d'une façon linéaire avec l'augmentation des protéines dans l'aliment sans aucune différence significative ni sur le poids des femelles en *post partum* ni sur le gain de poids corporel ni sur les métabolites sanguins.

Chez les vaches hautement productrices de lait, Hagemeister et *al.* (1981) montrent que la concentration de l'urée dans le sang est liée à la consommation d'énergie et au rapport entre les protéines et l'énergie dans le régime alimentaire. Une quantité importante d'acides aminés exogènes est catabolisée dans la paroi du tractus gastro-intestinal et (ou) excrétée dans l'urine sous forme d'urée, ce qui confirme l'augmentation de l'urémie avec un régime riche en protéines. Chez les bovins en croissance, Park (1985) souligne que l'augmentation des protéines alimentaires de 12 à 25% aboutit à une élévation de la concentration d'urée sanguine d'environ 240% (8,0 vs. 19,4 mg / dL).



**Figure 36:** Effet de la parité (a), du taux protéique de l'aliment lors de la 1<sup>ère</sup> portée (b) et de la 2<sup>ème</sup> portée (c) sur l'urémie (mg/dL) des lapines.

A l'issue de cette deuxième partie de l'expérience 2 (tableau 44), il en résulte que :

- Aucun effet de la teneur protéique de l'aliment sur les métabolites analysés des lapines expérimentales sauf pour l'urée qui est plus élevée chez les femelles ayant reçu l'aliment de plus protéique.
- L'effet du jour de prélèvement est très apparent pour la cholestérolémie, la triglycéridémie et la protéinémie.
- L'effet de la parité est significatif pour tous les métabolites analysés : les taux de glucose, de triglycérides, de cholestérol et des protéines totales augmentent et le taux d'urée diminue avec la parité.

**Tableau 46:** tableau récapitulatif des différents effets du taux protéique de l'aliment, du jour et de la parité sur les métabolites sanguins analysés des lapines

Paramètre	P-valeur				R <sup>2</sup> (%)
	Aliment (Alt)	Jour (J)	Parité (P)	Alt*J*P	
Glucose	NS	NS	<b>0,0001</b>	<b>0,062</b>	19,5
Cholestérol	NS	<b>0,0003</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	41,9
Triglycérides	NS	<b>0,008</b>	<b>0,017</b>	<b>&lt;0,0001</b>	35,5
Urée	<b>0,0005</b>	NS	<b>0,022</b>	<b>0,0037</b>	23,9
Protéines totales	NS	<b>0,007</b>	<b>0,0007</b>	<b>0,004</b>	24,0

**Conclusion expérimentation 2**

L'effet de la teneur protéique de l'aliment, de la parité et de leur interaction sur les paramètres zootechniques et métaboliques des lapines locales et de leurs portées, pendant les deux premiers cycles de reproduction ont révélé ce qui suit :

**Effet aliment**

La teneur protéique de l'aliment n'a aucun effet sur poids vif, ni le gain de poids entre la parturition et le sevrage, ni la production laitière, ni l'ingéré alimentaire des lapines locales pendant les deux première lactations. De même, la taille et le poids des portées vivantes et le taux de mortalité sous la mère ne sont pas affectés par la qualité de l'aliment sur toute la période du pré sevrage. Aussi, il n'y a aucun effet de l'aliment sur les métabolites sanguins des lapines, à l'exception de l'urémie qui est plus élevée chez les femelles ayant reçu l'aliment de plus protéique.

**Effet parité**

A l'exception de l'ingéré alimentaire, la parité a un effet significatif sur le gain de poids de la lapine (parturition – sevrage) et sur la prolificité. En revanche, les métabolites sanguins varient différemment en fonction de la parité. Ainsi, les taux de glucose, de triglycérides, de cholestérol et des protéines totales augmentent et le taux d'urée diminue avec la parité. L'effet du jour de prélèvement est très apparent pour la cholestérolémie, la triglycéridémie et la protéinémie.

**Effet interaction (Aliment X Parité)**

Aucun effet significatif de l'interaction (Aliment X Parité) n'a été remarqué sur les différents paramètres étudiés.

## Discussion Générale

L'alimentation est l'un des facteurs les plus importants pour réussir la reproduction de la lapine (Castellini et *al.*, 2010). Il est, cependant nécessaire, de bien maîtriser l'alimentation des femelles en mettant à leur disposition un aliment qui apporterait les nutriments nécessaires pour assurer leurs besoins d'entretien, de croissance, de gestation et/ou de lactation.

Le choix de notre thème a été motivé par une disponibilité d'un aliment unique dans notre pays, qui est distribué à tous les lapins de différents sexe et/ou de stade physiologique. Hors, la bibliographie montre une variation considérable des besoins nutritionnels entre lapines selon leur cycles (Parigi-Bini et Xiccato, 1993 ; Pascual et *al.*, 2003, Maertens et Coudert, 2006).

### *Aspects méthodologiques*

La lapine de population locale a été choisie vue sa large utilisation dans les élevages cynicoles (Berchiche et Kadi, 2002). Les lapines sont choisies au stade nullipare, car la littérature souligne le déficit énergétique engendré surtout pendant la première lactation, sachant que ces lapines sont soumises à un rythme de reproduction semi intensif (saillie à 10 jours *post partum*). A partir du jour de la saillie, elles deviennent simultanément gestantes et allaitantes; un phénomène spécifique à cette espèce qui rend sa fonction reproductive particulièrement sensible au statut nutritionnel en accentuant ses besoins (sans pour autant négliger ses besoins de croissance pendant le début de la reproduction), engendrant des bilans énergétique et protéique négatifs (Xiccato, 1996, Fortun-Lamothe, 2006).

Le rythme semi intensif est largement utilisé dans les élevages. Ce rythme constitue un compromis entre la nécessité de la lapine à récupérer de l'énergie entre deux cycles de reproduction successifs et la meilleure productivité avec une augmentation du nombre de lapereaux sevrés par femelle et par an (Parigi-Bini et *al.*, 1989 ; Cervera et *al.*, 1993 ; Xiccato et *al.*, 2004 ; Rebollar et *al.*, 2009).

Le sevrage a été effectué à 28j *post partum* lors de la première expérimentation et à 35j *post partum* lors de la deuxième expérimentation. Notre protocole de départ s'est fixé un sevrage à 35j d'âge afin de suivre la croissance des lapereaux sous la mère, elle-même soumise aux différents aliments utilisés, et ainsi, accentuer le métabolisme énergétique et protéique à travers une prolongation de la production laitière de 07 jours. Selon Xiccato et *al.* (2004), la réduction de l'âge au sevrage de 32 jours à 21 jours améliore la balance énergétique de la femelle de -19% à -8% de la composition énergétique corporelle initiale. Nous avons été contraints de modifier cet âge lors de la première expérimentation car il fallait superposer notre protocole à celui utilisé à l'ITelv.

### ***Effet de la composition de l'aliment sur les paramètres de reproduction des lapines et des indicateurs sanguins du métabolisme***

Nos résultats montrent que ni la teneur énergétique, ni la teneur protéique de l'aliment n'a influencé de manière significative le poids vif des lapines utilisées, à la saillie, à la première et deuxième parturitions et tout au long des deux lactations consécutives jusqu'au sevrage. L'utilisation d'aliments riches en énergie ou en protéines n'a pas amélioré la production laitière des lapines. Cependant, l'ingéré alimentaire des lapines ayant reçu l'aliment le plus énergétique diminue considérablement ( $p < 0.001$ ). Ces résultats sont en concordance avec ceux retrouvés par d'autres auteurs (Maertens *et al.*, 1988 ; Lebas et Fortun-Lamothe, 1996 ; Pascual *et al.*, 1999 ; 2000). Par contre, la teneur protéique de l'aliment n'a eu aucun effet significatif sur l'ingéré des lapines concernées, ce qui est en accord avec les résultats retrouvés par Quiniou *et al.* (1994). Concernant les performances des portées (taille totale, poids total et les mortalités au nid), aucune différence significative n'est apparue lors des deux expérimentations, et ce entre la parturition et le sevrage, qu'il soit effectué à J28 ou J35 *post partum*. Ces résultats concordent avec ceux retrouvés par Montessuy *et al.* (2005) et Fortun et Lebas (1994) concernant l'alimentation énergétique et par Brun et Lebas (1994) concernant l'alimentation protéique. Cependant, certains auteurs rapportent que l'augmentation du taux énergétique (Maertens et Goote, 1988) et protéique (Ren *et al.*, 2004) de l'aliment, améliorerait la prolificité des femelles. Par contre, lors de la

parturition, Parigi-Bini et Xiccato (1993) constatent une diminution de la prolificité vivante des lapines avec l'augmentation de l'énergie digestible de l'aliment.

Jarrin *et al.* (1994) ont varié les différents taux énergétiques et protéiques de l'aliment distribué à des lapines reproductrices et ayant reçu le même aliment avec leurs portées jusqu'au sevrage. Les résultats prouvent l'effet du rapport ED/PB sur les critères de reproduction des lapines dont leurs portées sont sevrées à 35 jours. Un aliment lactation, composé de 18% de protéines brutes et de 2650 kcal d'énergie digestible/kg, a permis d'augmenter le poids des lapines à la palpation d'environ 100g, ainsi que le poids moyen de leur portée au sevrage. Par contre l'aliment mixte, composé de 17% de protéines brutes et de 2480 kcal d'énergie digestible/kg), a entraîné une régression de la fertilité des femelles et une augmentation de la mortalité au nid, suivi d'un poids des lapereaux plus élevé au sevrage, mais des performances zootechniques et sanitaires significativement inférieures en engraissement.

Selon la bibliographie, la majorité des auteurs se basent sur le ratio ED/PD puisque l'ingéré alimentaire dépend des différentes concentrations énergétiques et/ou protéiques de l'aliment distribué. Cependant, ces ratios ne sont optimisés que dans leurs conditions expérimentales.

Nos travaux sont les premiers de ce genre sur la lapine de population locale élevée dans les conditions d'élevage rationnel algériennes. L'étude de l'effet de l'énergie séparée de l'étude de l'effet des protéines nous a été indispensable. Cette approche nous oriente vers le choix d'une ration ED/PD idéale au déroulement de la reproduction des lapines locales pendant leur phase de production. Selon Gidenne *et al.* (2010a), La régulation de l'ingestion chez le lapin se fait principalement en fonction de la concentration énergétique de son alimentation et de l'apport azoté exprimé par le ratio protéines digestibles / énergie digestible. Lebas (2004) recommande un rapport ED/PB avoisinant 150 en moyenne chez les lapines reproductrices pour donner un potentiel de production maximal.

Dans les deux essais, l'aliment A à teneurs énergétique et protéique les plus basses (2300kcal/ 15%PB) montre un surcroît le plus économique.

### *Effet de la parité et de son interaction avec l'aliment sur les paramètres de reproduction des lapines et des indicateurs sanguins du métabolisme*

Dans la littérature, il est souvent rapporté que le bilan énergétique et protéique de la lapine est négatif lors de la première parité et tend à s'équilibrer à partir de la deuxième parité. Notre choix a porté sur l'étude de l'effet de la variation nutritionnelle de l'aliment pendant les deux premières parités afin de confirmer la capacité de la lapine locale à gérer l'équilibre entre les apports et les besoins.

Dans nos conditions expérimentations, la parité montre souvent l'effet positif, que ça soit pour les paramètres zootechniques ou les paramètres métaboliques. Au cours de la première lactation, l'apparition du déficit énergétique chez la lapine a été largement prouvée (Parigi-Bini et *al.*, 1989). Les lapines multipares sont généralement considérées capables d'ingérer des quantités d'aliment plus élevées et de parvenir de ce fait, à un équilibre des besoins énergétiques et protéiques. Cependant, une mobilisation considérable du gras corporel est observée chez les lapines allaitantes multipares (Partridge et *al.*, 1986, Castellini et *al.*, 2006, Xiccato et *al.*, 2004, 2005a). Plusieurs auteurs décrivent une augmentation significative (5 à 15%) de la consommation alimentaire respectivement de la première à la seconde et de la deuxième à la troisième parité, suivie par la baisse non significative, lors des parités qui suivent (Parigi-Bini et *al.*, 1989, Battaglini et Grandi, 1991, Xiccato et *al.*, 2004). Selon Xiccato et *al.* (2004), l'énergie digestible ingérée augmente de 9% entre la première et la deuxième lactation, mais seulement de 3% de la deuxième à la troisième lactation, alors que la production de lait augmente de 10% et 8% respectivement. Quevedo et *al.* (2004) soulignent que le déficit énergétique corporel ne figure plus chez les femelles à partir de leur troisième saillie.

Sur des lapines primipares ayant reçu différents aliments énergétiques et protéiques avec un même rapport ED/PD, Pascual et *al.* (1999) remarquent que l'augmentation de l'énergie et des protéines de l'aliment diminue la production laitière en diminuant l'ingéré alimentaire, sans modifier pour autant l'ingéré protéique. Par contre, chez les multipares, cette variation n'affecte en aucun cas la production laitière.

Chez les lapines Rex multipares, l'expérimentation conduite par Ma et *al.* (2012) a fait varier en parallèle les concentrations protéiques et énergétiques des aliments utilisés.

Ils constatent que la variation du taux de l'énergie digestible (de 9,5 à 10,5 MJ/kg) et des protéines brutes (de 16% à 18%) n'a pas affecté les performances de reproduction et les hormones sériques de reproduction chez les lapines gestantes et les lapines allaitantes, mais influe sur quelques paramètres biochimiques sanguins tel que le glucose, l'urée, les protéines totales et le cholestérol chez les lapines seulement allaitantes. Sur la même race Rex, Ren *et al.* (2004) ont proposé l'utilisation d'un aliment de 10,47MJ/Kg d'énergie digestible et 17,48% de protéines brutes pour les lapines gestantes et un aliment comprenant 10,71MJ/Kg d'énergie digestible et 19,54% de protéines brutes chez les lapines allaitantes.

Sachant que l'alimentation est l'un des plus importants paramètres qui influe et modifie le métabolisme, cette étude montre qu'une alimentation riche en énergie n'influence pas le statut métabolique de la lapine locale, avec tout de même quelques variations induites par le jour de lactation et la parité. Cependant, l'alimentation protéique a modifié significativement le taux d'urée des lapines pendant toute la période expérimentale ( $p < 0,001$ ), avec un effet significatif de la parité ( $p < 0,05$ ) sur tous les métabolites analysés. Ces résultats montrent que l'état nutritionnel de la lapine varie selon l'aliment ingéré, ce qui est retrouvé chez l'espèce porcine.

Globalement, les résultats zootechniques des lapines locales et de leurs descendance ne sont pas influencées par le taux énergétique de l'aliment, ni le taux protéique, du moins pendant les deux premières parités qui sont les seules concernées par nos travaux. Cependant, l'ingéré alimentaire varie selon l'énergie disponible dans l'aliment distribué. Des variations existent dans nos résultats, mais non significatives, cela pourrait être dû à la grande variabilité des données mais aussi, au faible nombre d'animaux par lot.

### **Conclusion Générale et Recommandations**

La cuniculture présente des avantages évidents comparée à la plupart des autres types d'élevage, en particulier pour son cycle de production court et par son niveau d'investissement relativement faible notamment, si le paramètre aliment est maîtrisé.

La maîtrise de la reproduction de la lapine passe inévitablement par la connaissance de ses besoins et ce, en fonction de son stade physiologique. A ce jour, les besoins de la lapine locale n'ont pas été encore déterminés. Cette dernière exprime-t-elle son potentiel de production avec l'aliment unique utilisé actuellement dans les élevages ?

Il est clair que l'augmentation de la teneur en énergie digestible de l'aliment distribué aux lapines locales reproductrices, élevées dans nos conditions expérimentales, n'a eu aucun effet sur les caractéristiques pondérales, la prolificité, la production laitière et les paramètres métaboliques sanguins des lapines. Aussi, le poids des portées de la naissance au sevrage n'a pas été affecté. En revanche, l'ingéré alimentaire diminue avec l'augmentation de la teneur énergétique de l'aliment, induisant une importante diminution de l'ingéré protéique qui limite la production laitière. Par ailleurs, la variation de la teneur protéique de l'aliment n'influence pas le poids vif entre la parturition et le sevrage, ni la production laitière, ni l'ingéré alimentaire des lapines locales pendant les deux première lactations. De même, la taille et le poids des portées vivantes sous la mère ne sont pas affectés. L'analyse des métabolites sanguins des lapines montrent que seul le métabolisme protéique est modifié (protéïnémie et urémie élevées) en raison de l'ingéré protéique plus important. Ces résultats indiqueraient une meilleure gestion de la lapine de ses apports protéiques comparativement aux apports énergétiques.

Les résultats montrent que la parité affecte différemment les paramètres étudiés selon la qualité nutritionnelle de l'aliment. Lorsque l'aliment varie en énergie, la parité n'affecte pas l'évolution de poids vif, la production laitière et l'ingéré alimentaire des lapines, ainsi que le poids des portées de la naissance au sevrage. Par ailleurs, l'analyse des métabolites sanguins des lapines montre un changement du métabolisme,

particulièrement protéique (augmentation de la protéinémie et de l'urémie). Toutefois, lorsque la variation de la qualité nutritionnelle de l'aliment porte sur le taux de protéines, l'effet de la parité est significatif sur la prolificité et le gain de poids de la lapine (parturition – sevrage). Aussi, une modification plus accrue de métabolisme énergétique est relevée en deuxième parité.

En conclusion, nos seuls travaux ne peuvent pas, dans les limites des deux expérimentations effectuées, nous orienter et opter pour un choix d'un aliment à conseiller pour son utilisation sur le terrain. Notre étude mériterait d'être approfondie et complétée par l'utilisation d'aliments renfermant d'autres teneurs énergétiques et/ou protéiques et d'autres ratios ED/PD, ainsi que des teneurs en acides aminés différentes afin de déterminer les besoins optimums de la lapine locale.

Un nombre plus important de parités devrait être considéré afin de déterminer les limites de gestion de l'équilibre des bilans énergétique et protéique de la lapine locale. Il conviendrait également d'étudier l'effet de la qualité nutritionnelle de l'aliment sur la composition du lait de la lapine locale afin de confirmer les données rapportées par la bibliographie obtenues chez d'autres races.

Il serait essentiel d'estimer les réserves corporelles des lapines locales, soumises à des régimes alimentaires de composition variable, pendant plusieurs cycles de reproduction et à différents stades physiologiques, pour mieux comprendre les mécanismes impliqués dans l'équilibre des bilans métaboliques. Aussi, le profil hormonal de ces lapines aiderait à une meilleure compréhension de l'interaction aliment-reproduction.

Enfin, le suivi des portées en post sevrage issues des lapines ayant reçu des aliments de différentes valeurs nutritionnelles, renseigne sur l'effet de la nutrition des mères sur la croissance des lapereaux en engraissement.

## Références Bibliographiques

- Arias-Alvarez M., Garcia-Garcia R.M., Rebollar P.G., Revuelta L., Millan P., Lorenzo P.L., 2009.** Influence of metabolic status on oocyte quality and follicular characteristics at different post partum periods in primiparous rabbit does. *Theriogenol.*, 72, 612-623.
- Arias-Alvarez, M., Garcia-Garcia, R.M., Rebollar, PG., Nicodemus, N., Revuelta, L., Millan, P. and Lorenzo, PL. 2009a.** Effects of lignin-rich fibre diet on productive, reproductive and endocrine parameters in nulliparous rabbit does. *Livestock Sci.*, 123: 107-115.
- Arias-Alvarez M., Garcia-Garcia R.M., Rebollar P.G., Nicodemus N., Millan P., Revuelta L., Lorenzo P.L., 2010.** Follicular, oocyte and embryo features related to metabolic status in primiparous lactating does fed with high fibre rearing diets. *Reprod.Domest.Anim.*,45: 91-100.
- Attia Y.A., Bovera F., El-Tahawy W.S., El-Hanoun A.M., Al-Harathi M.A., Habiba H.I., 2015.** Productive and reproductive performance of rabbits does as affected by beepollen and/or propolis, inulin and/or mannan-oligosaccharides. *World Rabbit Sci.*, 2015, 23,1-10.
- Azard A., 2006.** La production cunicole française : caractérisation des systèmes de production et perspectives d'évolution, <http://itavi.asso.fr/> [archive], ITAVI, juin 2006.
- Barreto G., De Blas J.C., 1993.** Effect of dietary fibre and fat content on the reproductive performance of rabbit does breed at two remating times during two seasons. *World Rabbit Sci.* 1993;1:77-81.
- Beaufrére, 2011.** Le metabolisme protéique, cours. UMFV- Université Médicale Virtuelle Francophone.[http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition\\_8/site/html/7.html](http://campus.cerimes.fr/nutrition/enseignement/nutrition_8/site/html/7.html)
- Berchiche M. et Lebas F., 1990.** Essai chez le lapin de complémentation d'un aliment pauvre en cellulose par un fourrage distribué en quantité limitée: digestibilité et croissance. *5èmes Journées de la Recherche Cunicole en France INRA-ITAVI, ITAVI éd. Paris*, communication 61.
- Berchiche M. et Lebas F., 1994.** Rabbit rearing in Algeria: family farms in the Tizi-Ouzou area. *First International Conference on Rabbit production in hot climates*, Le Caire Egypte, 6-8 sept. 1994, 5pp (*Cahiers Options Méditerranéennes* Volume 8, Rabbit Production in Hot Climate, 409-414).
- Berchiche M., Zerrouki N., Lebas F., 2000.** Reproduction, performances of local Algerian does raised in rational condition. *7<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, 4-7 July, Valencia, Spain, vol B, 43-49.

- Berchiche M., Kadi S.A., 2002.** The kabyle rabbits (Algeria), in Rabbit genetic resources in Mediterranean countries. *CIHEAM, Options Méditerranéennes*, série B: Etudes et recherches, N° 38. 11-20.
- Berchiche M., Cherfaoui D., Lounaouci G., Kadi S.A., 2012.** Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie. *3<sup>ème</sup> Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*, 6 -10 novembre 2012 Marrakech, Maroc.
- Bocquier F. et Caja G., 2001.** Production et composition du lait de brebis : effets de l'alimentation. *INRA Prod.Anim.* 2001, 14(2), 129-140.
- Bolet, G., Fortun-Lamothe, L., 2002.** Relationship between body condition and reproductive performances in rabbit does. *Proceedings of 3<sup>rd</sup> Meeting of Workgroups 3 and 4*. COST Action 848, Ispra, Italy, 24–25 October, Comm. no. 23.
- Bolet, G., Saleil G., L., 2002.** Strain INRA 9077 (France). In Rabbit genetic resources in Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes, Série B, CIHEAM*, Saragoza, N 38, 125-131.
- Bonnano A., Mazza F., Di Grigoli A., Alicata M.L., 2005.** Assessment of a method for evaluating the body condition of lactating rabbit does: preliminary results. *Ital. J. Anim. Sci.*, 4, 560.
- Boucher S., Martin K., Le Bourhis C., Simonneau V., Ripoll P.J., 2007.** Evolution de la composition chimique du lait d'une souche de lapines de laboratoire au cours d'une lactation. *12<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cunicole*, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France. 19-22.
- Boumahdi-Merad Z., Zerrouki-Daoudi N., Berbar A., Lafri M., Kaidi R., 2015.** Breeding local rabbit in northern and southern Algeria: Situation of production and consumption of rabbit's meat. *Journal of International Scientific Publications, Agriculture & Food*, Volume 3, 2015. 340-348.
- Brecchia G., Bonanno A., Galeati G., Federici C., Maranesi M., Gobetti A., Gerani M., Boiti C., 2006.** Hormonal and metabolic adaptation to fasting: effects on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and reproductive performance of rabbit does. *Domest. Anim. Endocrinol.* 31, 105-122.
- Brun J.M., Lebas F., 1994.** Etude préliminaire des interactions entre l'origine paternelle et le régime alimentaire des lapines sur leurs performances de reproduction. *5<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, La Rochelle, 6-7 décembre, 1994, 195-202.

- Casado C., Piquer O., Cervera C., Pascual J.J., 2006.** Modelling the lactation curve of rabbit does: Towards a model including fit suitability and biological interpretation. *Livest. Prod. Sci.*, 99, 39-49.
- Cardinalli R., Dal Bosco A., Bonanno A., Di Grigoli A., Rebollar P.G., Lorenzo P.L., Castellini C., 2008.** Connexion between body condition score, chemical characteristics of body and reproductive traits of rabbit does. *Livest. Sci.*, 116: 209-215.
- Castellini C., Dal Bosco A., Mugnai C., 2003.** Comparison of different reproduction protocols for rabbit does: effect of litter size and mating interval. *Livest. Prod. Sci.*, 83 : 131-139.
- Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R., 2006.** Long term effect of post weaning rhythm on the body fat and performance of rabbit doe. *Reprod. Nutri. Dev.*, 46 : 195-204.
- Castellini C., Dal-Bosco A., Arias-Alvarez M., Lorenzo PL., Cardinalli R., Garcia-Rebollar P., 2010.** The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does (A Review). *Anim. Repr. Sci.*, 122: 174-182.
- Castillo, C., Hernandez, J., Bravo, A., Lopez-Alonso, M., Pereira, V., Benedito, J.L., 2005.** Oxidative status during late pregnancy and early lactation in dairy cows. *Veterinary Journal*. 169, 286–292.
- Cervera C., Fernandez-Carmona J., Viudes P., Blas E., 1993.** Effect of remating interval and diet on the performance of female rabbits and their litters. *Anim. Prod.*, 56, 399–405.
- Charfaoui-Yami D., 2015.** Evaluation des performances de production de lapin d'élevage rationnel en Algérie. *Thèse de Doctorat d'état* en Sciences biologiques. Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou. 113 p.
- Chavatte-Palmer P., Laigre P., Simooff E., Challah M., Chesne P., Renard J.P., 2005.** Caractérisation de la croissance fœtale in utero par échographie chez la lapine. *11<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cunicole*, 29-30 novembre 2005, Paris. 83-86.
- Chibah-Ait Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., 2015.** Effets de la taille de portée à la naissance et du nombre de lapereaux allaités sur les aptitudes laitières des lapines de deux génotypes et sur la croissance des lapereaux avant sevrage. *Livest. Res. Rur. Dev.* 27(11) 2015.
- Chiericcato G.M., Rizzi C., Brecchia G., 2004.** The effect of the dietary electrolyte balance on the plasma energy, protein, mineral variables and endocrine profile of pluriparous rabbit does. *8<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, Septembre 7- 10, 2004 - Puebla, Mexico. 251-257.
- Chilliard Y., Bocquier F., Doreau M., 1998.** Digestive and metabolic adaptations of ruminants to undernutrition and consequences on reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 38, 131-152.

- Cia M.C., Edwards S.A., Glasgow V.L., Shanks M., Fraser H., 1998.** Modification of body composition by altering the dietary lysine to energy ratio during rearing and the effect on reproductive performance of gilts. *Anim. Sci.*, 66, 457-463.
- Coutelet G., 2012.** Structure des ateliers cunicoles, performances technico-économiques et coût de revient en élevage de lapin. [http://www.itavi.asso.fr/ \[archive\]](http://www.itavi.asso.fr/), ITAVI, juillet 2012.
- Cubberley, A. 1982.** Importance of ultrasound determination of pregnancy in the rabbit. *Am J. Vet. Res.* 43, 1802-1803.
- Dal Bosco A, Castellini C., Mungnai C., 2003.** Evaluation of body condition in pregnant rabbit does by ultrasound scanner. *Ital. J. Anim. Sci.*, 2. 480-482.
- De Blas J.C., Taboada E., Mateos G.G., Nicodemus N., Méndez J., 1995.** Effect of substitution of starch for fiber and fat in isoenergetic diets on nutrient digestibility and reproductive performance of rabbits. *J. Anim. Sci.*, 73, 1131-1137.
- De Blas J.C., Taboada E., Nicodemus N., Campos R., Piquer J., Mendez J., 1998.** Performance response of lactating and growing rabbits to dietary threonine content. *Animal Feed Sci. Tech.*, 70, 151-160.
- Deichmiller M.P., Dixon F.J., 1960.** The metabolism of serum proteins in neonatal rabbits. *J. Gen. Physiol.*, 43, 1047-1059.
- Djellal F., Mouhous A., Kadi S.A., 2006.** Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.* 18 (7) 2006.
- Farmer C., Palin M.F., 2005.** Exogenous prolactin stimulates mammary development and alters expression of prolactin-related genes in prepubertal gilts. *J. Anim. Sci.*, 2005, 83, 825-32..
- FAO, 2013.** Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation 31 March–2 April, 2011, *Auckland, New Zealand.*
- FAO, 2014.** Consommation de viande.  
<http://www.fao.org/ag/againfo/themes/fr/meat/background.html>
- Fellous N., Bereksi Reguig K., Ain Baziz H., 2012.** Evaluation des performances zootechniques de reproduction des lapines de population locale Algérienne élevées en station expérimentale. *Livestock Research for Rural Development*, 24 (3) 2012.
- Fernandez-Carmona J., Cervera C., Sabater C., Blas E., 1995.** Effect of diet composition on the production of rabbit breeding does housed in a traditional building and at 30 °C. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1995; 52:289–297.
- Fernandez C., Fraga M., 1996.** Effect of fat inclusion in diets for rabbits on the efficiency of digestible energy and protein utilization. *World Rabbit Sci.*, 4, 19-23.

- Fernández-Carmona J., Blas E., Cervera C., Pascual J.J., 2006.** The measure of milk rabbit. *World Rabbit Sci.*, 14(sp), 58.
- Ferreira C.L.P., Maceˆdo G.M., Latorraca1 M.Q., Arantes V.C., Veloso R.V., Carneiro E.M., Boschero A.C., Nascimento C.M.O., Gai´va M.H., 2007.** Serum leptin and insulin levels in lactating protein-restricted rats: implications for energy balance. *Brit. Journ. of Nutrition* (2007), 97, 27–34.
- Finzi A., 2006.** Integrated backyard systems. In <http://www.fao.org/ag/AGInfo/subjects/documents/ibys/default.htm>
- Fleming T.P., Kwong W. Y., Porter R., Urselle E., Fesenko I., Wilkins A., Miller D. J., Watkins A. J., Eckert J. J., 2004.** The embryo and its future. *Biol. Reprod.*, 71, 1046-54.
- Fortun L., 1994.** Influence of progesterone supplementation on foetal survival in concurrently pregnant and lactating rabbit does. *Reprod. Nutr. Dev.* 1994; 34:125–131.
- Fortun-Lamothe L., 2003.** Bilan énergétique et gestion des réserves corporelles de la lapine : mécanisme d’action et stratégies pour améliorer la fertilité et la longévité en élevage cunicole. *10<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, 19-20 nov.2003, Paris, France.
- Fortun-Lamothe L., 2006.** Energy balance and reproductive performance in rabbit does. (A Review). *Anim. Repr. Sci.*, 93: 1-15.
- Fortun-Lamothe L., Lebas F. 1994.** Effet de l’origine et de la teneur en énergie de l’aliment sur les performances de reproduction des lapines primipares saillies post partum : premiers résultats. *6<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, 2:285-289.
- Fortun L., Lebas F., 1994.** Estimation of the energy balance in concurrently pregnant and lactating rabbit does during their second pregnancy. *Proc. Symposium on Animal and Human Nutrition. Comparative physiology of digestion and metabolism*, 34, 632.
- Fortun-Lamothe L., Lebas F., 1996.** Effects of dietary energy level and source on foetal development and energy balance in concurrently pregnant and lactating primiparous rabbit does. *Anim. Sci.*, 62: 615-620.
- Fortun-Lamothe L. 1998.** Effect of pre-mating energy intake on reproductive performance of rabbit does. *Anim. Sci.*, 66: 263-269.
- Fortun-Lamothe L., Prunier A., 1999.** Effects of lactation, energetic deficit and remating interval on reproductive performance of primiparous rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.*, 55 :289-298.
- Fortun-Lamothe L., Gidenne T., 2000.** The effects of size of suckled litter on intake behaviour, performance and health status of young and reproducing rabbits. *Ann. Zootech.*, 49, 517-529.

- Fortun-Lamothe L., Sabater F., 2003.** Estimation de la production laitière à partir de la croissance des lapereaux. In Proc.: *10<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, Paris, ITAVI Edition, Paris, 69-72.
- Fortun Lamothe L., Gidenne T., 2003.** Besoins nutritionnels du lapereau et stratégies d'alimentation autour du sevrage. *INRA Prod. Anim.*, 16(15), 41-50.
- Fortun-Lamothe L., Lacanal L., Boisot P., Jehl N., Arveux P., Hurtaud J., Perrin G., 2005.** Influence de la stratégie alimentaire autour du sevrage sur les performances de reproduction des lapines et la santé des lapereaux : effets de l'origine et de la teneur en énergie de l'aliment. *11<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cunicole*, 29-30 novembre 2005, Paris, France.
- Gabler M.T., Heinrichs A.J., 2003.** Dietary protein to metabolizable energy ratios on feed efficiency and structural growth of prepubertal Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, 86, 268-274.
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2008.** Strategy for developing rabbit meat production in Algeria: creation and selection of a synthetic strain. In *proceedings of 9<sup>th</sup> World Rabbit Congress*. June 10-13, 2008, Verona, Italy, 85- 89.
- 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<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, 29-30 Novembre, 2005. Paris, France, 15-18.
- Garcia-Garcia R.M., Rebollar P.G., Arias-Alvarez M., Sakr O.G., Bermejo-Alvarez P., Brecchia G., Gutierrez-Adan A., Zerani M., Boiti C., Lorenzo P.L., 2011.** Acute fasting before conception affects metabolic and endocrine status without impacting follicle and oocyte development and embryo gene expression in the rabbit. *Reprod. Fert. Develop.*, 2011, 23, 759-768.
- Garcia-Garcia R.M., Sakr O.G., Arias-Alvarez M., Velasco B., Lorenzo P.L., Rebollar P.G., 2012.** Metabolic and reproductive status are not improved from 11 to 25 day *post partum* in non weaned primiparous rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.*, 131. 100-106.
- Gidenne T., 2000.** Recent advances and perspectives in rabbit nutrition: Emphasis on fibre requirements (A Review). *World Rabbit Sci.*, 8, 23-32.
- Gidenne L., Fortun-Lamothe L. 2001.** Early weaning: effects on performances and health. *Proceedings of the second meeting of work groups 3 and 4. COST Action 848*, 29-30 June 2001, Godollo, Hungary, p. 44.
- Gidenne T., Garcia J., Lebas F., Licois D., 2010.** Nutrition and feeding strategy : interactions with pathology. In *Nutrition of the rabbit*, 2<sup>nd</sup> edition CABInternational Ed., De Blas C. and Wisseman J. 179-199.

- Gidenne T., Lebas F., Fortun-Lamothe L., 2010a.** Feeding behaviour of rabbits. *In Nutrition of the rabbit*, 2<sup>nd</sup> edition CABInternational Ed., De Blas C. and Wisseman J. Chapter 13. 233-252.
- Gidenne T., Aubert C., Drouilhet L., Garreau H., 2013.** L'efficacité alimentaire en cuniculture: impacts technico-économiques et environnementaux (Synthèse). *15<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, Le Mans, France, 19 et 20 novembre 2013.
- Grizard J., Tissier M., Champredon C., Prugnaud J., Pion R., 1979.** Variations des teneurs sanguines en acides aminés libres, urée et glucose chez la brebis en fin de gestation et début de lactation. Influence de l'état nutritionnel en fin de gestation. *Ann. Biol. Anim. Biophys.*, 1979, 19 (1A), 55-71.
- Guada J.A., Robinson J.J., Fraser C., 1976.** The effect of a reduction in food intake during late pregnancy on nitrogen metabolism in ewes. *J. agric. Sci. Camb.*, 86, 111-116
- Hagemeister H., Luppig W., Kaufmann W., 1981.** Microbial protein synthesis and digestion in the high-yielding dairy cow. In: W. Haresign and D.J.A. Cole (Ed.) *Recent Developments in Ruminant Nutrition*. p 31. Butterworths, London.
- Hall J.B., Staigmiller R.B., Bellows R.A., Short R.E., Mosely W.M., Bellows S.E., 1995.** Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. *J. Anim. Sci.*, 73, 3409-3420.
- Henry Y., 1985.** Dietary factors involved in feed intake regulation in growing pigs: A review. *Livest. prod. Sci.*, 12 (4), 339-354.
- Henry Y., Perez J.M., 1986.** Effet de la supplémentation en lysine, associée à une réduction du taux de protéines, dans des régimes à base de maïs ou de blé sur les performances de croissance du porc. *18<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Porc.* Paris - 29, 30 et 31 Janvier 1986, France. Ed. ITP, INRA, 18, 57-66.
- Hurley W.L., 2001.** Mammary gland growth in the lactating sow. *Livest. Prod. Sci.*, 2001, 70, 149-57.
- Ilés I., 2015.** Induction de l'œstrus par les méthodes de biostimulation chez la lapine de population locale : effets comportementaux, hormonaux, métaboliques et impact sur les performances de reproduction. *Thèse de Doctorat*, ENSV, 226p.
- INRA, 1984.** L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volaille page 282.

- Ishii T., Kawashima K., Oribe H., Ueda H., Hasunuma T., Akiyama K., Nakayama H., Kurihara M., Terada F., Kushibik S., 2011.** Effects of growth and dietary crude protein level until first insemination on milk production during first lactation in Holstein heifers. *Anim. Sci. J.*, 82(6), 2011, 741-746.
- Jang Y.D., Jang S.K., Kim D.H., Oh H.K., Kim Y.Y., 2014.** Effects of Dietary Protein Levels for Gestating Gilts on Reproductive Performance, Blood Metabolites and Milk Composition. *Asian Australas.J. Anim.Sci.* 27(1) : 83-92.
- Jansen G.R., 1989.** Effect of dietary protein value on lactation. In : Absorption and utilization of amino acids. Vol II. Ed. M. Friedman. Inc., Boca Raton, Florida, 191-218.
- Jarrin D., Lafargue H., Ricca V., Rouillere H., 1994.** Alimentation des lapines dont les lapereaux sont sevrés à 35 jours : influence des niveaux énergétiques et protéiques de l'aliment. 6<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun., La Rochelle, 6-7 décembre 1994.
- Jian-Min Lv, Min-li Chen, Li-Chun Qian, Hua-Zhong Ying, Jian-Xin Liu, 2009.** Requirement of crude protein for maintenance in a new strain of laboratory rabbit. *Anim. F. Sci. Techn.* 2009, 151(3-4), 261-267.
- Jin S.S., Jung S.W., Jang J.C., Chung W.L., Jeong J.H., Kim Y.Y., 2016.** Effects of Dietary Energy Levels on the Physiological Parameters and Reproductive Performance of Gestating Gilts. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* Vol. 29, No. 7 : 1004-1012 July 2016
- Jones C.S., Parker D.S., 1988.** Mammary blood flow and cardiac output during initiated involution of mammary gland in the rabbit. *Comp. Biochem. Physiol.*, 91, 21-25.
- Kadi S.A., 2012.** Alimentation du lapin de chair: valorisation de sources de fibres disponibles en Algérie. *Thèse de Doctorat* à l'université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie, 143p.
- Kadi S.A., Djellal F., Berchiche M., 2013.** The potential of rabbit meat marketing in Tizi-Ouzou area, Algeria. *Online J. Anim.Feed Res.* 3(2), 96-100.
- Kaneko I.J., 2008.** Carbohydrate metabolism and its diseases (45-80pp). In: Clinical biochemistry in domestic animals. 6th Ed. by Kaneko J.J., Harvey J.W. and Brus M.L., Elsevier Inc., 904p.
- Kenfack A., Narcisse Vemo B., Ngoula F., Fonteh Anyangwe F., Kegne Chombong J., Magnimeza Tsambou A.M., Tchoumboué J., 2015.** Caractéristiques de la production laitière chez la lapine locale camerounaise (*Oryctolagus cuniculus*). *Livest. Res. Rural Develop.* 27 (7) 2015.
- Knight C.H., Peaker M., 1984.** Mammary development and regression during lactation in goats in relation to milk secretion. *Quartely Journal of Experimental Physiology*, 69, 331-338.

- Kuhara T., Ikeda S., Ohneda A., Sasaki Y., 1991.** Effects of intravenous infusion of 17 amino acids on the secretion of GH, glucagon, and insulin in sheep. *Am. J. Physiol.*, 260 (Endocrinol. Metab. 23), E21-E26.
- Kupersmith D., 1998.** A practical overview of small mammal nutrition. *Seminars in avian and exot. Pet. Med.*, 7, 141-147.
- Lakabi D., Zerrouki N., Lebas F., Berchiche M., 2004.** Growth performances and slaughter traits of a local Kabylia population of rabbits reared in Algeria: Effects of sex and rearing season. *Proceedings of 8th World Rabbit Congress*. September 7-10, 2004, Puebla, Mexico. 1396-1402.
- 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 digestibility, growth and slaughter traits of a local Algerian rabbit population. *World Rabbit Sci.* 2008: 16. 99-106.
- Lazzaroni C., Andrione A., Luzi F., Zecchini M., 1999.** Performances de reproduction du lapin gris de Carmagnola : Influence de la saison et de l'âge des lapereaux au sevrage. *8<sup>èmes</sup> Journ.Rech. Cun.*, Paris, France, 1999. 151-154.
- Lebas F., 1968.** Mesure quantitative de la production laitière chez la lapine *Ann. Zootech.*,17,169-182.
- Lebas F., 1972.** Effet de la simultanéité de la lactation et de la gestation sur les performances laitières chez la lapine. *Ann. Zootech.*, 21, 129-131.
- Lebas F., 2003.** La biologie du lapin. Edition Association Française de Cuniculture, 2003.
- Lebas F., 2004.** Reflexions on rabbit nutrition with a special emphasis on feed ingredients utilization. *In proceedings of 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, September 7-10, Puebla, Mexico, 686-736.
- Lebas F., 2008.** Méthodes et techniques d'élevage du lapin : Histoire de la domestication et des méthodes d'élevage. <http://www.cuniculture.info/Docs/Elevage/Histori-01.htm>.
- Lebas F., 2016.** Cuniculture, Biologie du lapin, <http://www.cuniculture.info/Docs/Biologie/biologie-07-3.htm#302> (consulté le 15 mars 2016)
- Lebas F., Scheller MC., Sardi G., 1971.** Composition chimique du lait de lapine, évolution au cours de la traite et en fonction du stade de lactation. *Ann. Zootech.*, INRA/EDP Sciences, 1971, 20 (2), pp.185-191.
- Lebas F., Coudert P., 1986.** Production et morbidité des lapines reproductrices. II. Effet de l'âge à la première fécondation chez des lapines de deux souches. *Ann. Zootech.*1986, 35(4), 351-362.

- Lebas F., Fortun-Lamothe L., 1996.** Effects of dietary energy level and origin (starch vs oil) on performance of rabbits does and their litters: average situation after 4 weanings. *6<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 1:217-222.
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thebault R., 1996.** Le lapin, élevage et pathologie. *Edition FAO*, Rome, p 227.
- Lebas F., Zerrouki N., 2010.** Comparaison des performances de reproduction et de croissance d'une souche synthétique de lapins, avec celles de lapins de 2 populations locales algériennes, dans 2 sites expérimentaux. Atelier de travail sur la création d'une souche synthétique, Baba Ali (Algérie) 14-15 juin 2010.
- Lee E.S., Fukui Y., Lee B.C., Lim M.J., Hwang W.S., 2004.** Promoting effects of amino acids added to a chemically defined medium on blastocysts formation and blastomere proliferation of bovine oocytes cultured in vitro. *Anim. Reprod. Sci.*, 84, 257-267.
- Lopez M., Sierra I., Vicente F., Conesa A., 1994.** The effects of changing the remating interval according to the previous litter size on the reproductive performance of the doe rabbit. *Cahier Option Méditerranéenne, CIHEAM*, N 8, 1994, 337-345.
- Lounaouci G., 2001.** Alimentation du lapin de chair dans les conditions de production algérienne. *Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques*, Université de Blida, 129p.
- Lounaouci G., Hannachi R., Berchiche M., 2012.** Elevage de lapins descendants d'un hybride commercial en Algérie : évaluation des performances de croissance et d'abattage. *3<sup>ème</sup> Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*. 6 -10 novembre 2012 Marrakech, Maroc.
- Ma M., Jing C., Li F., 2012.** Effects of Dietary Nutrient Levels on Reproductive Performance, Serum Biochemical Indices and Reproductive Hormones of Pregnant and Lactating Rex Rabbits. *Chinese J. Anim. Nutr.*, 2012, vol 24, issue 02.
- Madani T., Mouffok C., Yakhlef H., 2007.** Effet de la saison de vêlage et de la parité sur la variabilité de la forme de la courbe de lactation chez la vache laitière en conditions semi aride. *Renc. Rech. Rum.*, 2007, 14, p : 427.
- MADR, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 2014.** Statistiques agricoles, séries A et B. 44p et Annexes
- Maertens L., De-Groote G., 1988.** The influence of dietary energy content on the performance of post partum breeding does. *4<sup>th</sup> World rabbit Congress*, Budapest, 3:42-52.
- Maertens L., De Groote G., 1990.** Comparison of feed intake and milk yield of does under normal and high ambient temperature. *J. Appl. Rabbit Res.*, 13, 159 -162.

- Maertens L., Coudert P., 2006.** *Recent Advances in Rabbit Sciences*. ILVO edition, Melle (Belgium), 309p.
- Maertens L. Vanacker J., De Coninck J., 2006.** Milk yield and milk composition of two commercial hybrids and a selected strain fed a high energy lactation diet. In *Proceedings of 18<sup>th</sup> Hungarian conference on rabbit production*, Kaposvar, Hungary, 24 may 2006, 35 – 41.
- Maertens L., Lebas F., Szendro Zs., 2006a.** Rabbit milk: a review of quantity and non dietary affecting factors. *World Rabbit Sci.*, 14, 205-230.
- Manchetti L., Breccchia G., Cardinali R., Polisca A., Boiti C., 2015.** Feed restriction during pregnancy: effects on body condition and productive performance of primiparous rabbit does. *World Rabbit Sci.*, 2015, 23. 1-8.
- Manjarin R., Bequette B.J., Wu G., Trotter N.L., 2014.** Linking our understanding of mammary gland metabolism to amino acid nutrition. *Amino Acids*. 2014 ; 46:2447–62.
- Marangiou M.L., Gulinati A., Cannas A., 2009.** Effect of dietary protein concentration on blood urea level and reproduction efficiency on the lactating rabbit doe. P 312. In *Abstracts of the “Giornate Di Coniglicoltura ASIC 2009”*, Forli, Italy, April 2-3, 2009. *World Rabbit Sci.*, 16, 227-233.
- Marshall , Bangert, 2005.** *Clinical chemistry*, 5<sup>th</sup> edition, Elsevier, london, Uk, 392 p.
- Martinez-Gomez M., Juarez M., Distel H., Hudson R., 2004.** Overlapping litters and reproductive performance in the domestic rabbit. *Physiol. Behav.* 82: 629-636.
- McNitt J.L., Lukefahr S.D., 1990.** Effect of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbits. *J. Anim. Sci.* 68, 1505 – 1512.
- Mefti-Korteby H., 2012.** Caractérisation zootechnique et génétique du lapin local (*Oryctolagus cuniculus*). *Thèse de Doctorat en sciences agronomiques*, Université Saad Dahlab, Blida, 209p.
- Mefti-Korteby H., 2016.** Heritability and correlation of the zootechnical performance of the Algerian local rabbit. *Int. J. Adv. Res. Biol. Sci.* 3(5): 36-41.
- Mefti-Korteby H., Kaidi R., Sid S., Daoudi O., 2010.** Growth and Reproduction performance of the Algerian Endemic Rabbit. *European, J. Scientific Res.*, 40(1):132-143.
- Mejia-Guadarrama C.A., Pasquier A., Dourmad J.Y., Prunier A., Quesnel H. 2002.** Protein (lysine) restriction in primiparous lactating sows: Effects on metabolic state, somatotrophic axis, and reproductive performance after weaning. *J. Anim. Sci.*, 2002, 80: 3286–3300.
- Melillo A., 2007.** Rabbit clinical pathology. *J. of Exot. Pet. Med.*, 16, 135-145.

- Mezali L., Saidj D., Mebkhout F., 2014.** Production, marketing and consumption of the rabbit meat in Algeria. What place among the other meat networks? *15<sup>èmes</sup> Journées des Sciences du Muscle et Technologies des Viandes JSMTV*, Clermont Ferrand, France. 04-05 novembre 2014.
- Milistis G., Romvari R., Dalle Zotte A., Szendro Z., 1999.** Non invasive study of changes in body composition in rabbits during pregnancy using X-ray computerized tomography. *Ann. Zootech.* 48, 25-43.
- Monget P., Martin G.B., 1997.** Involvement of insulin-like growth factors in the interactions between nutrition and reproduction in female mammals. *Human Reproduction* (1997) 12 (suppl 1) : 33-52.
- Montessuy S., Mousset J.L., Ferchaud N., 2004.** Effect of specific feeding program based on high energy lactation and pregnancy diets on rabbit does and young rabbit performances. *8<sup>th</sup> World rabbit Congress*, Publa, Mexico, 909-914.
- Moumen S., Ain Baziz H., Temim S., 2009.** Effet du rythme de reproduction sur les performances zootechniques des lapines de population locale Algérienne (*Oryctolagus cuniculus*). *Livest. Res. Rural Develop.*, 21 (8) 2009.
- Nicodemus N., Mateos J., De Blas J.C., Carabano R., Fraga M.J., 1999.** Effect of diet on amino acid composition of soft faeces and the contribution of soft faeces to total amino acid intake, through caecotrophy in lactating does rabbits. *Anim. Sci.*, 69, 167-170.
- Noblet J., Henry Y., Dubois S., 1987.** Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 65, 717-726.
- Odi H.B., 1990.** The effect of dietary protein levels on the reproduction performance of rabbit does-a review. Paper presented at the *Anim. Sci. Department*. A.B.U. Zaria, Nigeria. 1<sup>st</sup> November, 1990.
- Oger M.A., Lebas F., Laplace J.P., 1978.** Le transit digestif chez le lapin : Variations *peripartum* du comportement alimentaire et de l'excrétion fécale chez la lapine multipare. *Ann. Zootech.* 1978, 27 (4). 519-532.
- Ouhayoun J., Cheriet S., 1983.** Valorisation comparée d'aliments à niveaux protéiques différents par des lapins sélectionnés sur la vitesse de croissance et par des lapins provenant d'élevages traditionnels. I/ Etude des performances de croissance et de la composition du gain de poids. *Ann. Zootech.*, 32, 257-276.
- Ouhayoun J., Dalmas 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'élevages traditionnels. II - Etude de la composition azotée et du métabolisme énergétique des muscles L. dorsi et B. femoris . *Ann. Zootech.*, 32 (03), 277-286.

- Parigi-Bini R., 1988.** Recent development and future goals in research on nutrition of intensively reared rabbits. *4<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, Budapest, Hungary, October 10-14, 3, 293-315.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M., 1989.** Influenza dell'intervallo parto-accoppiamento sulle prestazioni riproduttive delle coniglie fattrici. *Rivista di Coniglicoltura* 26 (7), 51-57.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M., 1990.** Repartions of diet energy on non-pregnant rabbits during the first lactation. *In proceedings of 5<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.*, Paris, France :1-8.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M., 1990a.** Energy and protein retention and partition in rabbit does during first pregnancy. *Cuni-sci.* 6, 19-29.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M., Dalle Zotte A., 1991.** Utilizzazione e repartizione dell'energia e della proteina digeribile in coniglie non gravide durante la prima lattazione. *Zootecnica Nutrizione Animale*, 17, 107-120.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., Cinetto M., Dalle-Zotte, A. 1992.** Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating. *Anim. Prod.*, 55:153-162.
- Parigi-Bini R., Xiccato G., 1993.** Recherches sur l'interaction entre alimentation, reproduction et lactation chez la lapine. *World rabbit sci.*, 1(4):155-161.
- 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, UK, pp.103- 131.
- Park C.S., 1985.** Influence of dietary protein on blood cholesterol and related metabolites of growing calves. *J. Anim. Sci.*, Vol. 61, No. 4, 924-930.
- Partridge G.G., Allan S.F., 1982.** The effects of different intakes of crude protein on nitrogen utilization in the pregnant and lactating rabbit. *Anim. Sci.*, 35, 145-155.
- Partridge G.G., Fuller M.F., Puller J.D., 1983.** Energy and nitrogen metabolism of lactating rabbits. *Br.J.Nutr.* 49:507-516.
- 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. *J. Agr. Sci.*, 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 fibre. *J. Agr. Sci.*, Cambridge 112, 171-178.0
- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona J., 1996.** Milk yield and composition in rabbit does using high fat diets. *Proc. 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress*. Toulouse, France, Vol 1, 259-262.

- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernandez-Carmona J., 1998.** Effect of high fat diets on the performance and food intake of primiparous and multiparous rabbit does. *Anim. Sci.*, 1998; 66: 491–499.
- Pascual J.J., Cervera C., Fernandez-Carmona J., 1998a.** The effect of dietary fat on the performance and body composition of rabbits in their second lactation. *Anim. F. Sci.Tech.*, 86 : 191-203.
- Pascual J.J., Tolosa C., Cervera C., Blas E., Fernandez-Carmona J., 1999.** Effect of diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Anim. F. Sci.Tech.*, 81 : 105-117.
- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernandez-Carmona J., 1999a.** Effect of high fat diets on the performance, milk yield and milk composition of multiparous rabbit does. *Anim. Sci.* 68, 191-203.
- Pascual J.J., Cervera C., Fernandez-Carmona J., 2000.** The effect of dietary fat on the performance and body composition of rabbits in their second lactation. *Anim. F. Sci.Tech.*, 86; 191-203.
- Pascual J.J., Castella F., Cervera C., Blas E., Fernandez-Carmona J., 2000a.** The use of ultrasound measurement of perirenal fat thickness to estimate changes in body condition of young female rabbits. *Anim. Sci.*, 70, 435-442.
- Pascual J.J., Motta W., Cervera C., Quevedo F., Blas E., Fernandez-Carmona J., 2002.** Effect of dietary energy source on the performance and perirenal fat thickness evolution of primiparous rabbit does. *Anim. Sci.*, 75:267-279.
- Pascual J.J., Cervera C., Fernandez-Carmona J., 2002a.** Feeding program for young rabbit does based on all Lucerne diets. *World Rabbit Sci.* 10, 7-13.
- Pascual J.J., Cervera C., Blas E., Fernández-Carmona, J., 2003.** High energy diets for reproductive rabbit does: effect of energy source. *Nutr. Abstr. Reviews*, 73: 27R-39R.
- Pascual J.J., Blanco J., Piquer O., Quevedo F., Cervera C., 2004.** Ultra sound measurements of perirenal fat thickness to estimate the body condition of reproducing rabbit does in different physiological status. *World Rabbit Sci.* 12, 7-21.
- Pascual J.J., Xiccato G., Fortun-Lamothe L., 2006.** Strategies for doe's corporal condition improvement-relationship with litter viability and career length. *In Recent Advances in Rabbit Sci.*, 247-258.
- Perrot B., 1991.** L'élevage des lapins. Collection verte Armand Colin, Paris 1991, p: 127.
- Pettigrow J.E., Yang H., 1997.** Protein nutrition of gestating sows. *J.Anim.Sci.* 75(10), 2723-2730.

- Phocas F., Agabriel J., Dupont-Nivet M., Geurden I., Medale F., Mignon-Grasteau S., Gilbert H., Dourmad J.Y., 2014.** Le phénotypage de l'efficacité alimentaire et de ses composantes, une nécessité pour accroître l'efficacité des productions animales. *INRA Prod. Anim.*, 2014, 27 (3), 235-248.
- Piao L.G., Ju W.S., Long H.F., Kim Y.Y., 2010.** Effects of various feeding methods for gestating gilts on reproductive performance and growth of their progeny. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 23:1354-1363.
- Pomytko V.N., Morozova K.N., Razzorenova E.A., 1978.** Acides aminés de synthèse dans l'alimentation des lapins. *Nauch. Trud. Nauch. Inst. Push. Zverov. Krolik.*, 17, 13-18.
- Prud'hon, 1973**, cité par Lebas F. , 2016.
- Quevedo F., 2005.** Adecuacion de la nutricion a la mejora genetica de la coneja reproductora. *Tesis Doctoral*. Universidad Politecnica de Valencia. Spain. 218p.
- Quevedo F., Pascual J.J., Cervera C., Moya V.J., 2004.** Efecto del numero de parto sobre la condicion corporal y la productividad de las conejas lactantes. In: *Proceedings XXIX Symposium de Cunicultura, Lugo, Spain*, pp. 137–141.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Costa C., Pascual J.J., 2005.** Effect of selection for litter size and feeding program on the development of rearing rabbit does. *Anim. Sci.*, 80, 161-168.
- Quevedo F., Cervera C., Blas E., Baselga M., Pascual J.J., 2006.** Long term effect of selection for litter size and feeding programme on the performance of reproductive rabbit does. 2. Lactation and growing period. *Anim. Sci.*, 82: 751-762.
- Quiniou N., Dourmad J.Y., Henry Y., Bourdon D., Guillou D., 1994.** Influence du potentiel de croissance et du taux protéique du régime sur les performances et les rejets azotés des porcs en croissance-finition, alimentés à volonté. *26<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Porc. France*, 26, 91-96.
- Rebollar P.G., Perez-Cabal M.A., Pereda N., Lorenzo P.L., Arias-Alvarez M., Garcia-Rebollar P., 2009.** Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livest. Sci.*, 121 : 227-233.
- Rebollar P.G., Pereda N., Schwarz B., Millan P., Lorenzo P.L., Nicodemus N., 2011.** Effect of feed restriction or feeding high fibre diet during the rearing period on body composition, serum parameters and productive performance of rabbit does. *Anim. F. Sci.Tech.*, 163: 67-76.
- Ren K.L., Li Y.P., Ren J.L., He D.C., Liang Q.Z., 2004.** Study of the dietary energy and protein levels for reproducing Rex rabbits. In *Proceedings of the 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress*, September 7-10, 2004, Puebla, Mexico. 964-967.

- Renouf B., Mascot N., Picot A., 2009.** Réduction des apports de phosphore et de protéines dans l'alimentation des lapins en engraissement : Intérêt zootechnique et environnemental. *Cun. Mag.*, 2009, vol 36, 9-11.
- Revell D.K., Williams I.H., Mullan B.P., Ranford J.L., Smits R.J. 1998.** Body composition at farrowing and nutrition during lactation affect the performance of primiparous sows: II. Milk composition, milk yield, and pig growth. *J. Anim. Sci.*, 76, 1738-1743.
- Rezaei R., Wu Zh., Hou Y., Bazer F.W., Wu G., 2016.** Amino acids and mammary gland development: nutritional implications for milk production and neonatal growth. *J. Anim. Sci. Biotech.*, 2016. 7: 20.
- Rommers J.M., Boiti C., Brecchia G., Meijerhof R., Noordhuizen J.P., Decuypere E., Kemp B., 2004.** Metabolic adaptation and hormonal regulation in young rabbit does during long term caloric restriction and subsequent compensatory growth. *Anim. Sci.* 79, 255-264.
- Rommers J.M., Meijerhof R., Noordhuizen J.P., Kemp B., 2004a.** The effect of level of feeding in early gestation on reproductive success in young rabbit does. *Anim. Reprod. Sci.* 81, 151-158.
- Ruiz M.E., Ewan R.C., Speer V.C., 1971.** Serum metabolites of pregnant and hysterectomized gilts fed two levels of energy. *J. Anim. Sci.* 32:1153-1159.
- Rulquin H., 1992.** Intérêts et limites d'un apport de méthionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. *INRA Prod. Anim.* 1992, 5(1), 29-36.
- Saidj D., Aliouat S., Arabi F., Kirouani S., Merzem K., Merzoud S., Merzoud I., Ain Baziz H., 2013.** La cuniculture fermière en Algérie: une source de viande non négligeable pour les familles rurales. *Livest. Res. Rural Develop.* 25 (8) 2013.
- Sakr O., 2012.** Biostimulation methods associated with early weaning and reproductive rhythms in primiparous rabbit does. *Thèse de Doctorat* à l'université polytechnique de Madrid, Espagne, 153p.
- Sakr O., Garcia-Garcia R.M., Arias-Alvarez M., Millan P., Lorenzo P.L., Rebollar P.G., 2010.** Body reserves and ovarian performance in primiparous lactating rabbit does submitted to early weaning as a strategy to decrease energy deficit. *Anim. Reprod. Sci.*, 121 : 294-300.
- Sanchez W.K., Cheeke P.R., Patton .N.M., 1985.** Effect of dietary crude protein level on the reproductive performance and growth of New Zealand White rabbits. *Nutr. Abstr.Rev. Series B.* 55(11), 675.
- SAS, Statistical Analysis System Institute (2001).** SAS/STAT User's Guide. Version 8. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

- Sid S., 2005.** Etude des paramètres génétiques et zootechniques sur les critères de reproduction chez le lapin local *Oryctolagus cuniculus*. *Mémoire de fin d'études*, département des sciences agronomiques, université Saad Dahleb, Blida. 70 p.
- Silva W.R., Scapinello C., Vanini De-Moraes G., Martins E.N., Garcia-De-Faria, H., Ferreira, W.M. 2009.** Reproductive performance of rabbits does submitted to different levels of digestible energy on diet and litter weaning ages. *Acta Scientiarum. Anim. Sci.*, Maringa, 31(2):213-219.
- Smith G., Weidel S., Fleck A., 1994.** Albumin catabolic rate and protein-energy depletion. *Nutrition*, 10, 335-341.
- Sosa C., Abecia J.A., Forcada F., Vinales C., Tasende C., Valares J.A., Palacin I., Martin G.B., Meikle A., 2006.** Effect of undernutrition on uterine progesterone and oestrogen receptors and on endocrine profiles during the ovine oestrous cycle. *Reprod. Fertil. Dev.* 18, 447-458.
- Szendrö Zs., Papp Z., Kustos K., 1999.** Effect of environmental temperature and restricted feeding on production of rabbit does. In Proc.: *2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Rabbit Production in Hot Climates*. In: Cahiers Options Méditerranéennes, 41, 11-17.
- Szendro Zs., Szendro K., Dalle Zotte A., 2012.** Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms : A review. *Asian Australian J. Anim. Sci.*, May 25 (5) 738-748.
- Taboada E. Mendez J., Mateos G.G., De Blas J.C., 1994.** The response of highly productive rabbits to dietary lysine content. *Livest. Prod. Sci.*, 40, 329-337.
- Taboada E., Mendez J., De Blas J.C., 1996.** The response of highly productive rabbits to dietary sulphur amino acid content for reproduction and growth. *Reprod. Nutr. Develop.* 36, 191-203.
- Taghouti M., Macchiavelli R., Garcia J., Demey J., Nicodemus N., 2011.** Relacion entre la composicion quimica corporal, la fertilidad y la prolificidad en conejas primiparas. In *XXXVI symposium de Cunicultura*, Reproduccion y Composicion corporal, Peniscola, 12-13 mayo 2011.
- Theau-Clément M., Fortun-Lamothe L., 2005.** Evolution de l'état nutritionnel des lapines allaitantes après la mise bas et relation avec leur fécondité. *11èmes Journ. Rech. Cun.* Paris, France, 29-30 novembre 2005. 111-114.
- Theilgaard P., Sanchez J.P., Pascual J.J., Friggens N.C., Baselga M., 2006.** Effect of body fatness and selection for prolificacy on survival of rabbit does assessed using a cryopreserved control palpation. *Livest. Sci.*, 103 : 65-73.

- Theilgaard P., Baselga M., Blas E., Friggens N.C., Cervera C., Pascual J.J., 2009.** Differences in productive robustness in rabbits selected for reproductive longevity or litter size. *Animal*, 3: 637-646.
- Trocino A., Xiccato G., Sartori A., Queaque P.I., 2000.** Feeding plan at different protein levels: effects on growth performance, meat quality and nitrogen excretion in rabbits. *World Rabbit Sci.*, 8, 467-474.
- Van Soest P.J., Robertson J.B., Lewis B.A., 1991.** Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991, 74: 3583–3597.
- Vermorel M., 1978.** Utilisation énergétique des produits terminaux de la digestion, 47-88. In *Alimentation des ruminants*. Ed. INRA Publications (Route de Saint-Cyr), 78000 Versailles.
- Viard-Drouet F., Provot F., Coudert P., 1984.** Evolution des paramètres plasmatiques chez les lapines reproductrices en fonction de l'état physiologique et du rationnement alimentaire. *Ann. Rech. Vet.*, 15, 417-424.
- Villamide M.J., Nicodemus N., Fraga M.J., Carabano R., 2010.** Protein digestion. In *Nutrition of the rabbit*, 2<sup>nd</sup> edition CABI, De Blas C. and Wisseman J. 39-55.
- Viudes De Castro P., Santacreu M.A., Vicente J.S., 1991.** Effet de la concentration énergétique sur les pertes embryonnaires et fœtales chez la lapine. *Reprod. Nutr. Dev.* (1991) 31, 529-534.
- West H.J., 1996.** Maternal undernutrition during late pregnancy in sheep. Its relationship to maternal condition, gestation length, hepatic physiology and glucose metabolism. *Brit. J. Nutr.*, 75: 593-605.
- Wu G., Morris S.M. Jr., 1998.** Arginine metabolism: Nitric oxide and beyond. *Biochem. J.* 336:1-17.
- Xiccato G., 1996.** Nutrition of lactating does. In *Proceedings of the 6<sup>th</sup> world Rabbit Congress*, July 9-12, Toulouse, France. 96-103.
- 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. *Anim. Sci.*, 61(2):387-398.
- Xiccato G., Bernadini M., Castellini C., Dalle-Zotte A., 1999.** Effect of postweaning on the performance and energy balance of female rabbits at different physiological states. *J. Anim. Sci.*, 77: 416-426.
- Xiccato G., Trocino A., Sartori A., Queaque P.I., 2004.** Effect of doe parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livest. Prod. Sci.*, 85, 239-251.

- Xiccato G., Trocino A., Boiti C., Brecchia G., 2005.** Reproductive rhythm and litter weaning age as they affect rabbit doe performance and body energy balance. *Anim. Sci.*, 81: 289-296.
- Xiccato G., Schiavon S., Gallo L., Bailoni L., Bittante G., 2005a.** Nitrogen excretion in dairy cow, beef and veal cattle, pig, and rabbit farms in Northern Italy. *Ital. J. Anim. Sci.* 4 (Suppl. 3), 103–111.
- Xiccato G., Trocino A., 2010.** Energy and protein metabolism and requirements. In *Nutrition of the rabbit*, 2<sup>nd</sup> edition CABI, De Blas C. and Wisseman J. 83-118.
- Xue J.L., Koketsu Y., Dial G.D., Pettigrew J.E., Sower A., 1997.** Glucose tolerance, luteinizing hormone release, and reproductive performance of first-litter sows fed two levels of energy during gestation. *J. Anim. Sci.* 75:1845-1852.
- Yassein A., Niveen D.M., Ezzo O.H., 2011.** Some productive, reproductive and physiological effects of using different dietary protein levels in rabbit does. *Iran. J.f Appl. Anim. Sci.* (2011), 1 (3), 183-192.
- Zerrouki N., Berchiche M., Bolet G., Lebas F., 2001.** Caractérisation d'une population locale de lapins en Algérie : performances de reproduction des femelles. *9<sup>èmes</sup> Journ.Rech.Cun.*, France, Paris, 2001. 163-166.
- Zerrouki N., Kadi S. A., Berchiche M., Bolet G., 2003.** Etude de la mortalité des lapereaux sous la mère dans une population locale algérienne. *10<sup>èmes</sup> Journ. Rech. Cun.* 19-20 novembre 2003. Paris, France, 115-118.
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F., 2004.** Breeding performance of local kabyle rabbits does in Algeria. In *Proceedings 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress*. September 7-10, 2004. Puebla, Mexico. 371-377.
- Zerrouki, N., Lebas, F., Berchiche, M., Bolet, G. 2005.** Evaluation of milk production of an Algerian local rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia). *World Rabbit Sci.*, 13: 39-47.
- Zerrouki N., Kadi S. A., Lebas F., Bolet G., 2007.** Characterisation of Kabyle population of rabbits in Algeria: Birth to weaning growth performance. *World Rabbit Sci.* 15:111-11
- Zhang, R.F., Hu Q., Li P.F., Xue L.F., Piao X.S., Li D.F., 2011.** Effects of lysine intake during middle to late gestation (day 30 to 110) on reproductive performance, colostrum composition, blood metabolites and hormones of multiparous sows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24:1142-1147.
- Zhao N., Han K., Jiang X., Chen Y., 2012.** Study on Appropriate Digestible Energy Level of Adult Female Rex Rabbits. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2012, issue 02.



## Effect of Dietary Energy on Productive and Reproductive Performance of Algerian Local Rabbit Does and Their Litters

D. Saidj\*, H. Ainbaziz<sup>1</sup>, O. Salhi<sup>1</sup>, J.L. Hornick<sup>2</sup> and N. Moula<sup>2</sup>

Veterinary Sciences Institute, Saad Dahlab University, Blida, Algeria

(Received July 8, 2015)

---

### ABSTRACT

Saidj, D., Ainbaziz, H., Salhi, O., Hornick, J.L. and Moula, N. 2016. Effect of dietary energy on productive and reproductive performance of Algerian local rabbit does and their litters. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 16: 107-117.

Local rabbit reared in Algeria is well adapted to the climate of the country while being characterized by a variable phenotype and prolificacy. The present work was carried out to study the effects of dietary energy content on productive and reproductive performance of local does and their litters during their first two lactations. A total of 75 nulliparous rabbit does were separated in three equal groups and received isoproteinous diets (15% CP) differing in their digestible energy (DE) contents viz. 2300, 2450 and 2600 kcal DE/kg for dietary groups LE, ME and HE, respectively. Diets were supplied *ad libitum* between parturition and weaning which was performed at age 28 d. Dietary energy didn't show any effects on does live weight, weight gain and milk yield, but decreased significantly ( $P < 0.001$ ) feed intake during all weeks post partum. Total feed intake during 28 d post partum were than significantly higher (7635 g for LE vs. 6860 g for ME vs. 5872 g for HE) ( $P < 0.001$ ). We observed no significant difference between diets and parities for litter size and litter weight from birth to weaning. Milk production was on average 7.37% higher at the second parity ( $P < 0.019$ ). Litter weight was higher the two first weeks of live at the second parity ( $P < 0.05$ ). Does and their litters were more responsive to diet energy at the second parity. In the limit of this experiment, dietary energy has an influence on feed intake of local does but not on female weight and litter performance during the first two cycles of reproduction.

**Key words:** Energy content, Lactation, Litter, Performance, Rabbit does.

---

### INTRODUCTION

Feed has been reported as one of the mains factors affecting reproductive and productive performance of rabbit does (Castellini *et al.*, 2010). Several workers have investigated the influence of an increase in dietary energy content on reproductive

---

\*Corresponding author: dyhiasdj1@yahoo.fr

<sup>1</sup>Research Laboratory of Animal Health and Production, High National Veterinary School, El-Harrach PB 161, 16200, Algiers, Algeria

<sup>2</sup>Sustainable Animal Production Unit, FARAH Research Center and Faculty of Veterinary Medicine, University of Liège, Boulevard de Colonster 20, B43, 4000 Liège, Belgium

Saidj *et al.*

performance in rabbit does (Pascual *et al.*, 2003; Maertens and Coudert, 2006). Indeed, digestible energy (DE) requirements of rabbit does are high during reproduction (Parigi-Bini and Xiccato, 1993), as rabbit does are frequently lactating and gestating simultaneously. These two functions are very costly in terms of energy requirements and compete each other when feed intake becomes a limiting factor (Xiccato, 1996; Xiccato *et al.* 2004), owing to the strong metabolic concurrence existing between lactation and pregnancy (Partridge *et al.*, 1986; Parigi-Bini and Xiccato, 1998; Pascual *et al.*, 2000). Primiparous does are especially exposed to strong energy deficit during first lactation when they are pregnant (Parigi-Bini *et al.*, 1990). Arias-Alvarez *et al.* (2009) showed that feed intake of females increases very quickly after kindling (by 60-75%), but this increase doesn't allow to cover nutritional requirements for maintenance, gestation and milk production. Fortun-Lamothe (2006) indicated that this situation strengthened in primiparous rabbit does since their feed intake capacity is not maximal and their uncompleted growth requires additional needs. This situation is especially observed during the second half of lactation (Xiccato *et al.*, 2004) and the energy deficit decreases with parity number (Partridge *et al.*, 1986).

According to Xiccato *et al.* (1999), mobilization of body reserves during lactation has negative impact on reproductive performance. Indeed, milk yield requires great amounts of energy (Pascual *et al.*, 2003). Therefore, energetic balance of lactating does is usually negative, especially during the peak lactation, and require a mobilization of 25 to 30% of body reserves (Xiccato *et al.*, 1995).

Several experiments were carried out in Algeria to better evaluate and understand the potential of the local rabbit breeding for opening new opportunities for its development (Berchiche *et al.*, 2012).

In this country, nutrition of rabbit does is considered as one of the main constraints to rabbit reproduction and production under commercial condition, but there is only one available commercial diet distributed to rabbits at any physiological state. Knowledge of the nutritional requirements of the local rabbit does at reproduction, raised in Algeria, is needed to optimize the feeding condition.

Therefore, the aim of the present work was to study the effect of different dietary energy content for local rabbit does on reproductive behavior and litter performance during the first two reproductive cycles.

## **MATERIALS AND METHODS**

### *Animals and housing*

Experimentation was carried out in the rabbitry of the Institute of Animal Husbandry located in Baba Ali (Algiers, Algeria). Animal husbandry conditions were measured at 9:00 am (temperature ranges: 19-26°C and relative moisture: 63-86%) and controlled using artificial ventilation with electrical extractors and Pad Colling system. Light schedule of 16 hr Light/8 hh Dark was used.

A total of 75 nulliparous local rabbit does were individually weighed and subsequently kept in individual galvanized cages (62x48x32cm) disposed according to a flat deck system. Each cage was fit out with a nest box and a gate to isolate the females from their litters. For reproduction, nine bucks were chosen and allocated homogeneously to females (three bucks for each group).

#### *Experimental design*

The rabbits were assigned to one of the three experimental groups viz. low energy (LE), medium energy (ME) and high energy (HE) according to the DE content of the diet. The distribution of the controlled diet started 7 days before the first mating to allow an adaptation period.

At the age of five months, females were randomly submitted to mating using three males per experimental group. They were mated for a second parturition at 10d post partum. Females that refused mating were presented again at buck as much as 4 times and, in case of non-receptivity, they were reformed. Ten days after mating, the rabbits were tested for pregnancy by abdominal palpation. Twelve (12) non-receptive does (5 for LE, 4 for ME and 3 for HE groups) and 2 infertile does (1 each for ME and HE groups) were excluded from the experiment.

Eight females (2 for LE, 3 for ME and 3 for HE groups) died at *peri partum*. Sixty two rabbit does (20 for LE, 21 for ME and 21 for HE groups) dropped litter at first parturition and 55 (19 for LE, 18 for ME and 18 for HE groups) at second parturition. Litter weaning was performed at 28d *post partum*. Live weight the does and litters as well as litter size and mortality were obtained at parturition and weekly thereafter until weaning. Feed intake was recorded per cage.

Milk production was controlled from parturition to 21d post partum. Milk yield was measured every two days (on alternate days) between 8:00 and 9:00 a.m., by differential weighing of does immediately before and after suckling (Parigi-Bini *et al.*, 1992). After 21d, females had free access to nursing until weaning and litters to cage and thus maternal diet. Nest box were controlled and cleaned every morning.

#### *Experimental diets*

Three experimental pelleted diets with increased DE content were used in this trial. Ingredients and chemical composition of the diets are summarized in Table 1. Diets were formulated to obtain 2300, 2450 and 2600 kcal DE/kg DM, respectively for LE, ME and HE diets and with the same CP level (15%). All groups received diets and water on an *ad libitum* basis from first mating until weaning of the second litter.

#### *Statistical analysis*

The different results are expressed as last square mean  $\pm$  SEM. The data were subjected to variance analysis, using the general linear model (GLM) procedure of SAS software (Statistical Analysis Systems Software, 2001), to determine the effect

Table 1. Ingredients and chemical composition of experimental diets

Ingredients (%)	Diet		
	LE	ME	HE
Maize	-	12.4	32.0
Alfalfa meal	35.4	39.7	43.2
Barley	20.6	18.6	7.0
Soybean meal	8.0	11.0	13.0
Wheat bran	32.5	15.0	2.0
Limestone	0.1	0.5	0.2
Dicalcium phosphate	1.5	1.8	1.6
Premix	1.0	1.0	1.0
<i>Calculated chemical composition (%)</i>			
Crude fiber	14.00	14.00	13.90
Crude fiber indigestible	11.70	11.80	11.90
Crude protein	15.10	15.20	15.00
Methionine-cystine	0.51	0.50	0.49
Lysine	0.71	0.73	0.73
Calcium	1.48	1.42	1.32
Total phosphorus	0.80	0.75	0.61
Digestible energy (kcal/kg)	2300	2450	2600
<i>Chemical composition (%)</i>			
Dry matter	87.9	87.9	88.0
Ether extract	2.0	2.3	2.6
Crude protein	14.3	14.2	14.2
Ash	9.8	10.9	11.9
Crude fibre	10.5	10.8	10.6
ADF	16.8	18.0	20.5
NDF	52.2	38.7	40.9
Gross energy (kcal/kg)	4034	4147	4214

of energy content, parity and their interactions, on the different parameters, except for the number of pups, which was analyzed using a non-parametric procedure (Kruskal-Wallis tests) and expressed as means. For live weight, milk yield, feed intake and mortality rates, the litter size was used as covariate. Treatment means indicating significant differences ( $P < 0.05$ ) were tested using Duncan's multiple range test.

## RESULTS AND DISCUSSION

### *Rabbit does' performances*

Table 2 shows the effect of diet, parity and their interaction on does' weight and their feed intake.

Table 2. Effect of increasing DE in diet on local rabbit does' weight and their feed intake over the two firsts reproductive cycles (LSM±SEM)

Parameters	Diet			Parity		P value			
	LE	ME	HE	P1	P2	Diet	Parity	DxP	Cov.
Observations (n)	39	39	39	62	55	-	-	-	-
LW at 1st mating (g)	2723±82	2751±83	2730±83	-	-	0.91	-	-	-
LW at parturition (g) <sup>A</sup>	2850±50	2788±50	2866±50	2822±39	2848±42	0.51	0.66	0.73	0.91
<i>Live weight during lactation (g)</i>									
1st week <sup>B</sup>	2855±77	2886±75	2947±75	2849±58	2943±64	0.69	0.28	0.67	0.02
2nd week <sup>C</sup>	2896±74	2949±70	3001±70	2946±56	3951±61	0.60	0.95	0.02	0.03
3rd week <sup>D</sup>	3011±57	2965±54	3021±54	2963±43	3035±47	0.75	0.26	0.22	0.07
4th week (weaning) <sup>E</sup>	3062±63	3065±60	3123±60	3104.7±47	3061±52	0.73	0.54	0.16	0.31
LW gain at lactation <sup>D</sup>	125±34	105±32	159±32	111±25	154±28	0.51	0.32	0.19	0.30
LW gain parturition-weaning <sup>E</sup>	174±43	202±41	262±41	251±33	185±35	0.33	0.1	0.15	0.08
<i>Feed intake (g)</i>									
1st week <sup>B</sup>	1495 <sup>a</sup> ±45	1321 <sup>b=c</sup> ±43	1169 <sup>a=43</sup>	1368±34	1289±36	<0.001	0.12	0.70	<0.001
2nd week <sup>C</sup>	1858 <sup>a=42</sup>	1646 <sup>b</sup> ±39	1432 <sup>b=39</sup>	1662±31	1629±34	<0.001	0.49	0.75	<0.001
3rd week <sup>D</sup>	2070 <sup>a=41</sup>	1821 <sup>b=c</sup> ±39	1553 <sup>b=39</sup>	1810±31	1819±34	<0.001	0.84	0.66	<0.001
Total feed intake 21 d <i>PP</i> <sup>D</sup>	5388 <sup>a</sup> ±115	4828 <sup>b</sup> ±109	4139 <sup>a</sup> ±109	4837±86	4733±94	<0.001	0.42	0.76	<0.001
4th week (weaning) <sup>E</sup>	2232 <sup>b</sup> ±45	2028 <sup>b</sup> ±43	1748 <sup>c</sup> ±43	1953±34	2053±37	<0.001	0.05	0.18	<0.001
Total feed intake 28 d <i>PP</i> <sup>E</sup>	7635 <sup>a</sup> ±150	6860 <sup>b</sup> ±143	5872 <sup>c</sup> ±143	6787±112	6791±123	<0.001	0.98	0.57	<0.001
Daily feed intake <sup>E</sup>	273 <sup>a</sup> ±5	245 <sup>b</sup> ±5	210 <sup>c</sup> ±5	242±4	243±4	<0.001	0.98	0.57	<0.001

D: diet, Cov.: covariate. SEM: standard error mean. *PP*: *post partum*. LW: Live weight

<sup>a,b,c</sup>Means with different letters on the same row between diets (LE, ME and HE) and parities (*P1* and *P2*) differ significantly ( $P<0.05$ ).

<sup>A</sup>Covariate: Total litter size at parturition; <sup>B</sup>Covariate: Total litter size at 7 d; <sup>C</sup>Covariate: Total litter size at 14 d; <sup>D</sup>Covariate: Total litter size at 21 d; <sup>E</sup>Covariate: Total litter size at 28 d.

There was no significant differences ( $P > 0.05$ ) among the three diets for live weight of the does. However, females that received HE diet showed significantly ( $P < 0.001$ ) lower feed intake at both the lactation, giving higher total feed intake for the LE diet. In a similar experiment, Saidj *et al.* (2012) observed that there was no significant difference on live weight of does at parturition and at 2 weeks post partum. On the other hand, HE diet induced from the third week of lactation a significantly higher live weight (9.8%), associated to a reduction of feed intake (12.4%).

The present results are in agreement with that of Maertens *et al.* (1988), Fortun-Lamothe and Lebas (1994) and Pascual *et al.* (2000) who showed the negative relationship between feed energy and intake. Lebas and Fortun-Lamothe (1996) reported the effect of energy content (2400 and 2900 kcal/kg) and source (starch and oil) in diet on productive and reproductive parameters over four successive cycles; when energy content was moderate, feed intake increases by about 20%.

Nevertheless, no significant difference was observed on live weight of does during the two reproductive cycles, but a trend ( $P < 0.1$ ) was noticed on effect of parity on the female weight gain at weaning (Table 3) owing to the fact that females keep on growing after puberty, reaching 75% of their adult weight at the first reproductive cycle. These results are similar to those found by Silva *et al.* (2009) on the weight of rabbits at weaning for 3 reproductive cycles.

There was no significant interaction between diet and parity on does live weight-but at the 2nd week ( $P < 0.05$ )-, and on feed intake. Pascual *et al.* (1999) found a significant interaction between diet energy and parity on live weight and live weight gain of does during lactation ( $P < 0.05$ ), with higher figures for HE diet in the first lactation and similar figures for all diets during the following lactations.

Table 3. Effect of increasing DE in diet on milk production (g) of local rabbit does over first two reproductive cycles

Parameters	Diet			Parity		P value			
	LE	ME	HE	P1	P2	Diet	Parity	DxP	Cov.
Observations (n)	39	39	39	62	55	-	-	-	-
1st week <sup>B</sup>	619±20	605±19	624±20	566±14	667±17	0.78	<0.001	0.73	<0.001
2nd week <sup>C</sup>	979±30	996±28	979±29	946±21	1023±25	0.89	0.03	0.47	<0.001
3rd week <sup>D</sup>	1093±33	1132±32	1106±33	1100±24	1121±29	0.70	0.59	0.22	<0.001
Lactation <sup>D</sup>	2677±76	2766±72	2711±75	2614±54	2822±67	0.70	0.02	0.38	<0.001

D: diet, Cov.: covariate. SEM: standard error mean. PP: *post partum*. LW: Live weight

<sup>a,b,c</sup>Means with different letters on the same row between diets (LE, ME and HE) and parities (P1 and P2) differ significantly ( $P < 0.05$ ).

<sup>A</sup>Covariate: Total litter size at partum; <sup>B</sup>Covariate: Total litter size at 7 d; <sup>C</sup>Covariate: Total litter size at 14 d;

<sup>P</sup>Covariate: Total litter size at 21 d; <sup>E</sup>Covariate: Total litter size at 28 d.

In the present trial, weight gain at lactation was not influenced by the factors studied. However, weight gain of the does from parturition to weaning was numerically higher in females that received diet with high energy content. These results were not significant ( $P > 0.05$ ) owing to a large variability associated to a data, suggesting a large natural dispersion of animal performances in local population, even after adjustment of litter size by covariance. This adjustment was however required.

Fortun-Lamothe (2006) showed that lactation is considered as a physiological priority physiological function which can lead to the mobilization of half of the body reserves with special deterioration of body condition in primiparous does. This energy deficit increases when females are concurrently pregnant and lactating with competition between mammary glands and gravid uterus to the detriment of foetal growth (Parigi-Bini *et al.*, 1992). In this situation, Parigi-Bini *et al.* (1990) showed that about 80% of the energy expressed for gestation and lactation stems from diet and 20% from mobilization of body reserves.

Results of Saidj *et al.* (2012) indicated that at the second parturition, females that received the diet LE gained less weight than that receiving the ME or HE diet ( $P < 0.05$ ), but in this experiment, litter size was not used as covariate in spite of the high heterogeneity of this parameter in this native population confirmed by Mefti-Korteby *et al.* (2010).

Females increased their feed intake during lactation but this is generally not enough to fill all nutritional requirements for milk production and their own life preservation. So, rabbit does resort to their body reserves. At the first and second lactations, milk yield was similar in the three experimental groups all the lactation along (Table 3). Our results don't match those found by Xiccato *et al.* (1995), reporting that female receiving feed with higher energy content enhanced milk production. Silva *et al.* (2009) suggested that the diet higher in energy allows a better milk yield and possibly heavier litters at 21d post partum, which could also provide heavier litters at weaning. The lack of effect in the present experiment is probably due to the decrease in feed intake in animals that received diets higher in energy.

Despite the different energy contents of the diets, milk yield was similar in the three experimental groups, but probably the chemical composition of the milk could be different but was not tested.

In our experimentation, an effect of parity was observed on milk yield at 1st week ( $P < 0.001$ ) and 2nd week ( $P < 0.05$ ) allowing an overall effect throughout the three weeks of lactation ( $P < 0.05$ ). The effect of litter size on milk yield was clear during the two lactations studied ( $P$ -covariate  $< 0.001$ ). Indeed, according to Zerrouki *et al.* (2005), the milk production of the local rabbit population increases with the number of pups until seven, where a plateau is reached. Also, higher milk production with number of lactation is known in mammals due to various factors such as weight maturity and efficiency of udder physiology.

Table 4. Effect of increasing DE in diet on local rabbit does' litters performances over the first two cycles

Parameters	Diet			Parity			P value		
	LE	ME	HE	P1	P2	Diet	Parity	DxP	Cov.
Observations (n)	39	39	39	62	55	-	-	-	-
<i>Total litter size</i>									
Birth	6.97	7.33	6.72	6.97	7.06	0.51	0.84	0.77	-
Live at birth	5.28	5.72	5.54	5.49	5.54	0.77	0.93	0.94	-
1st week	3.74	4.49	4.46	4.35	4.09	0.41	0.62	0.45	-
2nd week	3.59	3.95	4.13	4.03	3.72	0.67	0.54	0.27	-
3rd week	3.56	3.74	4.13	3.94	3.67	0.64	0.59	0.29	-
4th week (weaning)	3.46	3.67	4.10	3.87	3.59	0.55	0.57	0.21	-
<i>Mortality (%)</i>									
Birth <sup>A</sup>	24.7±4.74	20.6±4.76	17.8±4.77	20.0±3.71	22.1±4.00	0.59	0.71	0.22	0.80
Birth to weaning <sup>E</sup>	38.7±3.58	38.0±3.55	32.3±3.57	32.3±2.99	38.2±3.33	0.38	0.49	0.06	<0.001
<i>Total litter weight (g)</i>									
Birth <sup>A</sup>	354±9.8	357±9.8	362±9.8	360±7.69	355±8.31	0.85	0.64	0.004	<0.001
Live at birth <sup>A</sup>	294±17.1	301±17.0	315.63±17	301±13.2	306±14.6	0.66	0.81	0.09	<0.001
1st week <sup>B</sup>	569±21.1	533±19.7	573±20.4	515±16.0	602±17.2	0.31	<0.001	0.005	<0.001
2nd week <sup>C</sup>	989±31.8	907±29.8	975±29.8	915±23.9	1000±25.9	0.13	0.02	0.008	<0.001
3rd week <sup>D</sup>	1419±41.3	1338±39.4	1416±39.3	1379±31.1	1403±34.1	0.27	0.60	<0.001	<0.001
4th week (weaning) <sup>E</sup>	2123±59.1	2018±56.2	2143±56.3	2153±44.4	2036±48.7	0.25	0.08	0.03	<0.001

D: diet, Cov.: covariate. SEM: standard error mean. PP: *post partum*. LW: Live weight

<sup>a,b,c</sup>Means with different letters on the same row between diets (LE, ME and HE) and parities (P1 and P2) differ significantly (P<0.05).

<sup>A</sup>Covariate: Total litter size at partum; <sup>B</sup>Covariate: Total litter size at 7 d; <sup>C</sup>Covariate: Total litter size at 14 d; <sup>D</sup>Covariate: Total litter size at 21 d; <sup>E</sup>Covariate: Total litter size at 28 d.

Fortun-Lamothe (1998) and Pascual *et al.* (1998) observed a lower milk production, as well as size and weight of litter in primiparous females compared with multiparous ones. Pascual *et al.* (1999) found that when primiparous and multiparous rabbit does received diet with higher energy content, milk production was higher. This is in agreement with the lack of interaction effect on milk production observed in our experiment.

#### *Litters performances*

No significant effect of the factors was observed on litter size from birth to weaning and on mortality rates except for a trend ( $P=0.06$ ) in the interaction between diet and parity on mortality from birth to weaning, whose levels increases in LE but not in ME and HE groups (Table 4). However, even if the diet had no effect on litter weight, pups were heavier in first and second weeks *post partum* of the second parity when compared to the first one. This effect disappeared in 3rd week and even tended to reverse at weaning. However, interaction between diet and parity was very significant ( $P<0.05$ ) on total litter weight from birth to weaning, i.e., a negative impact of parity in LE group ( $P<0.05$ ) by contrast to the other group.

Pascual *et al.* (1999) and Silva *et al.* (2009) found that DE and parity had no effect on litter size and weight. Montessuy *et al.* (2004) found that the incidence of mortality at birth and birth-weaning mortality was weak in animals receiving high energy. However, according to Parigi-Bini and Xiccato (1993), the reproductive performances of lactating pregnant does are negatively affected by the energy deficit with a decrease of the viability of young rabbits at birth. Fortun-Lamothe and Lebas (1996) indicated that increased energy content in the diet doesn't improve foetal survival or growth in concurrently pregnant and lactating primiparous does on day 28 of gestation-lactation.

## **CONCLUSION**

This experiment showed that the response to an increase in dietary energy content of local rabbit does reared in Algeria's conditions is a decrease in feed intake without any effect on both live weight and milk yield. Further work should be performed on several reproductive cycles to increase understanding of the dietary energy response of the local rabbit does at different physiological states. Also, it would be worth testing diets with higher amplitudes of differences in energy content than those used in this experimentation allowing to assess the best energy content in diet matching nutritional needs of local rabbit does in Algeria.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

This work was supported by the National Research Program, Ministry of Agriculture and Rural Development, Algeria. The authors thank zootechnical laboratory of high national veterinary school of Algiers, nutrition laboratory of Liège University and Animal Production laboratory Agro-Bio Tech of Gembloux for diets analysis.

## REFERENCES

- Arias-Alvarez, M., Garcia-Garcia, R.M., Rebollar, P.G., Nicodemus, N., Revuelta, L., Millan, P. and Lorenzo, P.L. 2009. Effects of lignin-rich fibre diet on productive, reproductive and endocrine parameters in nulliparous rabbit does. *Livestock Science*, 123: 107-115.
- Berchiche, M., Cherfaoui, D., Lounaouci, G. and Kadi, S.A. 2012. Use of local rabbit population in rational livestock: Overview of reproduction and growth performance in Algeria. *Proceeding of 3rd Franco-Maghrebin Congress of Zoology and Ichthyology*, Marrakech, Maroc, p. 41.
- Castellini, C., Dal-Bosco, A., Arias-Alvarez, M., Lorenzo, P.L., Cardinali, R. and Garcia-Rebollar, P. 2010. The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 122: 174-182.
- Fortun-lamothe, L. 1998. Effect of pre-mating energy intake on reproductive performance of rabbit does. *Animal Science*, 66: 263-269.
- Fortun-Lamothe, L. 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 93: 1-15.
- Fortun-Lamothe, L. and Lebas, F. 1994. Effect of origin and energy content of feed on reproductive performance of primiparous rabbits kindled at *post partum*: firsts results. *Proceedings of 6èmes Journées de la Recherche cunicole*, December 6-7, 1994, La Rochelle, France, 2: 285-289.
- Fortun-Lamothe, L. and Lebas, F. 1996. Effects of dietary energy level and source on foetal development and energy balance in concurrently pregnant and lactating primiparous rabbit does. *Animal Science*, 62: 615-620.
- Lebas, F. and Fortun-Lamothe, L. 1996. Effects of dietary energy level and origin (starch vs oil) on performance of rabbits does and their litters: average situation after 4 weanings. *Proceeding of 6th World Rabbit Congress*, July 9-12, 1996, Toulouse, France, 1: 217-222.
- Maertens, L. and Coudert, P. 2006. *Recent Advances in Rabbit Sciences*. Ilvo, Belgium.
- Maertens, L. and De-Groote, G. 1988. The influence of dietary energy content on the performance of post partum breeding does. *Proceeding of 4th World Rabbit Congress*, October 10-14, 1998, Budapest, Hungary, 3: 42-52.
- Mefti-Korteb, H., Kaidi, R., Sid, S. and Daoudi, O. 2010. Growth and Reproduction performance of the Algerian Endemic Rabbit. *European Journal of Scientific Research*, 40: 132-143.
- Montessuy, S., Mousset, J.L. and Ferchaud, N. 2004. Effect of specific feeding program based on high energy lactation and pregnancy diets on rabbit does and young rabbit performances. *Proceeding of 8th World Rabbit Congress*, September 7-10, 2004, Publa, Mexico, 909-914.
- Parigi-Bini, R. and Xiccato, G. 1993. Recherches sur l'interaction entre alimentation, reproduction et lactation chez la lapine. *World Rabbit Science*, 1: 155-161.
- Parigi-Bini, R. and Xiccato, G. 1998. Energy metabolism and requirements. In: *The Nutrition of the Rabbit*. (Ed. C. De-Blas and J. Wiseman) CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 103-131.
- Parigi-Bini, R., Xiccato, G. and Cinetto, M., 1990. Repartitions of diet energy on non-pregnant rabbits during the first lactation. *Proceedings of 5èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, France, pp. 1-8.
- Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M. and Dalle-Zotte, A. 1992. Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating. *Animal Production*, 55: 153-162.
- Partridge, G.G., Daniels, Y. and 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 of Agricultural Science*, 107: 697-708.

- Pascual, J.J., Cervera, C. and Fernandez-Carmona, J. 2000. The effect of dietary fat on the performance and body composition of rabbits in their second lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 191-203.
- Pascual, J.J., Cervera, C., Blas, E. and Fernandez-Carmona, J. 1998. Effect of high fat diets on the performance and food intake of primiparous and nulliparous rabbit does. *Animal Science*, 66: 491-499.
- Pascual, J.J., Cervera, C., Blas, E. and Fernández-Carmona, J. 2003. High energy diets for reproductive rabbit does: effect of energy source. *Nutrition Abstract and Reviews*, 73: 27R-39R.
- Pascual, J.J., Tolosa, C., Cervera, C., Blas, E. and Fernandez-Carmona, J. 1999. Effect of diets with different digestible energy content on the performance of rabbit does. *Animal Feed Science and Technology*, 81: 105-117.
- Saidj, D., Salhi, O., Ain-Baziz, H. and Temim, S. 2012. Effects of dietary energy content on reproductive performance of local rabbit does. *Proceedings of 10th World Rabbit Congress*, September 3-6, 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt, pp. 537-540.
- SAS, 2001. *Statistical Analysis System Institute. SAS/STAT User's Guide. Version 8.* SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Silva, W.R., Scapinello, C., Vanini De-Moraes, G., Martins, E.N., Garcia-De-Faria, H. and Ferreira, W.M. 2009. Reproductive performance of rabbits does submitted to different levels of digestible energy on diet and litter weaning ages. *Acta Scientiarum. Animal Sciences, Maringa*, 31: 213-219.
- Xiccato, G. 1996. Nutrition of lactating does. *Proceedings of 6th World Rabbit Congress*, July 9-12, 1996, Toulouse, France, 1: 29-47.
- Xiccato, G., Parigi-Bini, R., Dalle-Zotte, A., Carazzolo, A. and 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., Sartori, A. and Queaque, P.I. 2004. Effect of doe parity order and litter weaning age on the performance and body energy deficit of rabbit does. *Livestock Production Science*, 85: 239-251.
- Xiccato, G., Bernadini, M., Castellini, C. and Dalle-Zotte, A. 1999. Effect of post weaning on the performance and energy balance of female rabbits at different physiological states. *Journal of Animal Science*, 77: 416-426.
- Zerrouki, N., Lebas, F., Berchiche, M. and Bolet, G. 2005. Evaluation of milk production of an Algerian local rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia). *World Rabbit Science*, 13: 39-47.