

UNIVERSITE BLIDA 1

SAAD DAHLAB

Institut des Sciences Vétérinaires

THESE DE DOCTORAT ES-SCIENCES

en Sciences Vétérinaires

Spécialité : Sciences Vétérinaires

**CARACTERISTIQUES ZOOTECHNIQUES ET DE REPRODUCTION
CHEZ LE LAPIN DE SOUCHE SYNTHETIQUE**

Par

Rym Ezzeroug

Devant le jury composé de :

Z. BOUMAHDI Merad	Professeur, U. Blida 1	Présidente
D. SAIDJ	Maitre de conférences A, U. Blida 1	Examinatrice
H. AINBAZIZ	Professeur, ENSV	Examinatrice
A. BENATALLAH	Maître de conférences A, ENSV	Examinatrice
R. BELABBAS	Maître de conférences A, U. Blida 1	Promoteur
M.J. ARGENTE	Professeur, U. Miguel Hernandez, Espagne	Co-Promotrice
A.BERBAR	Professeur, U. Blida 1	Invité d'honneur
M.L.GARCIA	Professeur, U. Miguel Hernandez, Espagne	Invitée d'honneur

Blida, 2021

RESUME

Ce travail de thèse a pour objectif d'estimer, dans un premier temps, les performances zootechniques de la souche ITELV2006 à G9 ainsi que les paramètres génétiques en relation avec la taille de la portée et de la croissance de 10 générations (G0 à G9). Dans un second temps, d'étudier le poids à la naissance, la croissance sous la mère et leurs facteurs de variation, ainsi que les facteurs affectant la survie des lapereaux en péri-sevrage. Enfin, l'étude des paramètres génétiques du poids individuel des lapereaux est réalisée. **Dans la 1^{ère} partie**, les données issues de 81 femelles appartenant à G9 (266 données) et de 805 femelles de G0 à G9 (3242 parités et 18472 individus en croissance) sont analysées pour l'étude des performances zootechniques et des paramètres génétiques respectivement. La prolificité est en moyenne 8,37 lapereaux à la naissance et 5,82 lapereaux au sevrage. Elle varie significativement en fonction de la parité et de la saison ($p < 0,05$). L'héritabilité varie de 0,025 à 0,126 pour les paramètres de reproduction et de 0,033 à 0,059 pour ceux de la croissance. La répétabilité de la taille de la portée est modérée à la naissance mais faible au sevrage (0,178 vs 0,087). Elle est de 0,146 et 0,259, respectivement pour le poids moyen au sevrage et à l'abattage. Les estimations de l'effet maternel environnemental sont plus grandes que celles de l'héritabilité, 0,072 pour le poids individuel au sevrage et 0,081 pour le poids individuel à 75 jours d'âge. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre les critères de reproduction et ceux de la croissance sont élevées et négatives, en particulier avec le poids au sevrage (-0,848, -0,922 et -0,854 pour la taille de la portée à la naissance, le nombre de nés vivants et la taille de la portée au sevrage, respectivement). **Dans la 2^{ème} partie**, 82 femelles nullipares sont utilisées. Les performances de la femelle et de sa portée sont étudiées durant les 3 premières parités. La croissance individuelle et la survie des lapereaux, de la naissance au sevrage et en fonction de plusieurs facteurs liés à la femelle et à l'environnement sont mesurées. Aussi, les paramètres génétiques en relation avec le poids individuel sont étudiés sur 1815 individus. Le poids de la femelle à la saillie et à la mise bas est de 3432g et 3362g respectivement. Les nullipares présentent un poids significativement plus élevé comparé à celui des multipares ($p < 0,05$). Le nombre de nés vivants est de +19% chez les multipares comparées aux nullipares et primipares. Le taux de survie

des lapereaux varie entre 74 et 88%. Par ailleurs, à 5 et 7 jours d'âge, les lapereaux nés en automne présentent un poids vif significativement plus élevé comparé à celui des lapereaux nés en été (+10% et 7% respectivement). La lactation affecte significativement le poids individuel et le gain du poids des lapereaux, entre J5 et J35, en faveur des lapereaux issus des femelles non allaitantes (+4% et +18% respectivement). Le poids individuel du lapereau affecte significativement sa probabilité de survie durant toute la période péri-sevrage ($p < 0,001$). Le cannibalisme diminue la probabilité de survie de 25 à 10% pour les lapereaux dont le poids à la naissance est compris entre 15 et 75 g respectivement. D'autre part, pour un poids de 45 g à la naissance, un écart de survie de +30% entre les lapereaux nés à l'intérieur ou hors du nid est noté. A J5, pour un poids à la naissance de 25g, le taux de survie diminue de 71% à 35% pour un nid d'une excellente et moyenne qualité respectivement. L'estimation la plus faible d'héritabilité (h^2) est notée à la naissance (0,11). Les corrélations génétiques sont fortes à J5 et J7 (+0,79), mais modérées pour le reste des dates de mesure. A l'exception au sevrage, les corrélations phénotypiques sont fortes et positives entre les différentes dates de mesures (+0,59 à +0,83). Des valeurs élevées et croissantes de l'effet commun de la portée sont enregistrées entre J0 et J35. Cependant, des valeurs positives et différentes de zéro (0,04 à 0,11) de l'effet permanent (p^2) sont notées. En conclusion, le progrès génétique obtenu pour l'ensemble des paramètres est positif mais faible, et les petites valeurs de l'effet permanent signifient une faible pression de sélection ou la dérive des gènes ou encore l'augmentation de la consanguinité. L'étude des paramètres génétiques du poids montre qu'une sélection à la naissance ou au sevrage est désavantageuse, or une sélection à J5 ou J7 serait souhaitable. Aussi, les caractères reproductifs et de croissance devraient être sélectionnés dans des lignées indépendantes.

Mots clés : croisement, génétique, lapin, péri-sevrage, poids individuel, survie, taille de portée.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to estimate, firstly, the zootechnical performances of the ITELV2006 strain to G9 as well as the genetic parameters in relation with the litter size and the growth of 10 generations (G0 to G9). Secondly, study the weight at birth, the growth under the mother and their factors of variation, as well as the factors affecting the survival of kits in from birth to weaning. Finally, the study of the genetic parameters of individual weight of the kits is carried out. *In the 1st part*, the data from 81 females belonging to G9 (266 data) and 805 females from G0 to G9 (3242 parities and 18472 growing individuals) are analysed for the study of zootechnical performances and genetic parameters respectively. Litter size was 8.37 kits at birth and 5.82 kits at weaning. It varies significantly according to the parity order and the season ($p < 0.05$). Heritability ranges from 0.025 to 0.126 for reproduction parameters and from 0.033 to 0.059 for growth parameters. The repeatability of litter size is moderate at birth but low at weaning (0.178 vs. 0.087). It is 0.146 and 0.259, respectively for the weight at weaning and slaughtering. The estimates of maternal environmental effect are higher than those for heritability, 0.072 for individual weight at weaning and 0.081 for individual weight at 75 days of age. The genetic and phenotypic correlations between the reproductive and growth parameters are higher and negative, in particular with the weight at weaning (-0.848, -0.922 and -0.854 for the litter size at birth, the number of born alive and litter size at weaning, respectively). *In 2nd part*, 82 nulliparous females are used. The performances of the females and their litter are studied during the first 3 parities. The individual growth and survival of the kits, from birth to weaning and in relation with several factors related to the female and to the environment are measured. Also, the genetic parameters in relation with the individual weight are studied on 1815 kits. The weight of the female at the mating and at kindling is 3432g and 3362g respectively. Nulliparous have a significantly higher weight compared to multiparas ($p < 0.05$). The number of born alive is + 19% in multiparas compared to nulliparous and primiparous. The survival rate of kits varies between 74 and 88%. In addition, at 5 and 7 days of age, kits born in autumn have a significantly higher live weight compared to that of kits born in summer (+ 10% and 7% respectively). Lactation significantly affects the individual weight and the weight gain of the kits, between d5 and d35, in favour of kits

from non-lactating females (+ 4% and + 18% respectively). The individual weight of kits significantly affects its probability of survival throughout the peri weaning period ($p < 0.001$). Cannibalism decreases the probability of survival by 25 to 10% for young rabbits with a birth weight between 15 and 75 g respectively. On the other hand, for a birth weight of 45 g, a difference of survival of + 30% between the kits born inside or outside the nest is noted. On d5, for a birth weight of 25g, the survival rate decreases from 71% to 35% for a nest of excellent and average quality respectively. The lowest estimate of heritability (h^2) is noted at birth (0.11). The genetic correlations are higher on d5 and d7 (+0.79), but moderate for the rest of the measurement dates. Except at weaning, the phenotypic correlations are higher and positive between the different measurement dates (+0.59 to +0.83). Higher and increasing values of the common effect (c^2) are recorded between d0 and d35. However, positive and different from zero values (0.04 to 0.11) of the permanent effect (p^2) are noted. In conclusion, the genetic progress obtained for all parameters is positive but weak, and the small values of the permanent effect indicated a lower selection pressure or gene drift or even an increase in inbreeding. The study of the genetic parameters of the weight has shown that a selection at birth or at weaning is disadvantageous, but a selection on d5 or d7 would be desirable. Also, reproductive and growth traits must be selected from independent lines.

Key words: crossbreeding, genetics, rabbit, peri weaning, individual weight, survival, litter size.

ملخص

الهدف من هذه الأطروحة هو التقدير أولاً، الأداء في تربية الحيوانات لسلالة ITELV2006 في ج9 وكذلك المعلومات الوراثية المتعلقة بعدد صغار الارانب ونمو 10 أجيال (ج0 إلى ج9). ثانياً ، دراسة الوزن عند الولادة ، والنمو تحت الأم وعوامل اختلافها ، وكذلك العوامل التي تؤثر على بقاء الأرناب الصغيرة في فترة الفطام. أخيراً ، تم إجراء دراسة المعلمات الجينية للوزن الفردي للأرناب الصغيرة. **في التجربة 1** ، تم تحليل بيانات (266 معلومة) من 81 أنثى ينتمين الى ج9 ، و 805 أنثى تنتمين من ج0 الى ج9 (3242 ولادة و 18472 فرد تحت الفطام) لدراسة أداء تربية الحيوانات والمعايير الجينية على التوالي. بلغ معدل التكاثر 8.37 أرناب عند الولادة و 5.82 أرناب عند الفطام. يختلف اختلافاً كبيراً اعتماداً على مراحل الحمل والموسم ($P < 0.05$). يتراوح التوريث من 0.025 إلى 0.126 لمعايير التكاثر ومن 0.033 إلى 0.059 لمعايير النمو. تعد قابلية تكرار حجم المواليد معتدلة عند الولادة ولكنها منخفضة عند الفطام (0.178 مقابل 0.087). تبلغ 0.146 و 0.259 على التوالي لمتوسط وزن الفطام والذبح. تقديرات التأثير البيئي للأم أكبر من تلك الخاصة بالوراثة ، 0.072 لوزن الفطام الفردي و 0.081 للوزن الفردي عند 75 يوماً. إن الارتباطات الوراثية والنمطية بين معايير التكاثر ومعايير النمو مرتفعة وسلبية ، لا سيما مع الوزن عند الفطام (-0.848 ، -0.922 و -0.854 - للعدد الكلي للأرناب ، و الاحياء وعند الفطام على التوالي). **في التجربة 2** ، تم استخدام 82 أنثى عديمة الولادة. تمت دراسة أداء الأنثى و صغارها خلال أول 3 ولادات. يتم قياس النمو الفردي للأرناب الصغيرة وبقائها على قيد الحياة ، منذ الولادة وحتى الفطام حسب عدة عوامل مرتبطة بالأنثى والبيئة. كما تمت دراسة العوامل الجينية المتعلقة بالوزن الفردي على 1815 فرداً. وزن الأنثى عند التزاوج وعند الولادة 3432 غ و 3362 غ على التوالي. Nullipare لها وزن أعلى بكثير مقارنة مع Multipare ($p < 0.05$). قدر عدد الارانب الأحياء بأكثر من 19 ٪ مقارنة مع Nullipara . و Primipare يتراوح معدل البقاء على قيد الحياة بين 74 و 88 ٪. بالإضافة إلى ذلك ، في عمر 5 و 7 أيام ، يكون للأرناب الصغيرة المولودة في الخريف وزن حي أعلى بكثير مقارنةً بالأرناب الصغيرة المولودة في الصيف (+ 10 ٪ و 7 ٪ على التوالي). تؤثر الرضاعة بشكل كبير على الوزن الفردي وزيادة الوزن للأرناب الصغيرة ، بين يوم 5 و اليوم 35، لصالح الأرناب الصغيرة من الإناث غير المرضعات (+ 4 ٪ و + 18 ٪ على التوالي). يؤثر الوزن الفردي للأرناب الصغير بشكل كبير على احتمالية بقائه على قيد الحياة طوال فترة الفطام ($P < 0.001$). تقلل ظاهرة "اكل ارناب لحم جنسه" من احتمال البقاء على قيد الحياة بنسبة 25 إلى 10 ٪ للأرناب الصغيرة التي يتراوح وزنها عند الولادة بين 15 و 75 غ على التوالي. من ناحية أخرى ، بالنسبة لوزن ارناب عند الولادة البالغ 45 غراماً ، لوحظ وجود فجوة بقاء بنسبة + 30 ٪ بين الأرناب الصغيرة المولودة داخل العش أو خارجه. في اليوم 5 ، بالنسبة لوزن عند الولادة يبلغ 25 غ، ينخفض معدل البقاء على قيد الحياة من 71 ٪ إلى 35 ٪ لعش ذو جودة ممتازة ومتوسطة على التوالي. لوحظ أقل تقدير للوراثة (h^2) عند الولادة (0.11). تكون الارتباطات الجينية قوية في اليوم 5 و 7 (+0.79)، لكنها معتدلة بالنسبة لبقية تواريخ القياس. باستثناء الفطام ، تكون الارتباطات المظهرية قوية وإيجابية بين تواريخ القياس المختلفة (+0.59 إلى +0.83). يتم تسجيل القيم العالية والمتزايدة للتأثير المشترك للنطاق (c^2) بين اليوم لأول و اليوم 35. ومن جهة أخرى ، سجلت قيم الإيجابية وغير الصفيرية (0.04) إلى (0.11) للتأثير الدائم (P_2). استنتاجاً ومما سبق فإن التقدم الجيني الذي تم الحصول عليه لجميع العوامل إيجابي ولكنه ضعيف ، والقيم الصغيرة للتأثير الدائم تشير إلى ضغط اختيار ضعيف أو انجراف جيني أو حتى زيادة في زواج الأقارب. تظهر دراسة

لعوامل الجينية للوزن أن الاختيار عند الولادة أو عند الفطام غير ملائم ، ولكن الاختيار على اليوم 5 أو اليوم 7 سيكون مرغوبًا فيه. أيضًا ، يجب اختيار سمات الإنجاب والنمو من السلالات المستقلة.

الكلمات المفتاحية: التهجين ، الجينات ، الأرانب ، فترة الفطام ، الوزن الفردي ، البقاء على قيد الحياة ، عدد الصغار

REMERCIEMENTS

Louanges à **Dieu** qui m'a donné l'esprit, la volonté, le courage et le savoir pour réaliser cette thèse.

Le travail présenté dans cette thèse a fait l'objet d'une convention entre le Laboratoire Des Biotechnologies Liées à la Reproduction des Animaux (**LBRA**) de l'Université de Blida1 et l'Institut Techniques des Elevages (**ITELV**) de Baba Ali d'Alger.

Sa réalisation fut une occasion merveilleuse de rencontre et d'échange avec de nombreuses personnes. Toutes ont contribué à des degrés divers de la conception à la finalisation de cette recherche.

Je tiens dans un premier temps à remercier vivement les personnes qui ont accepté de participer à mon jury de thèse :

Pr Bouamhdi-Mérad Zoubeida, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida 1 de m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de cette thèse. Hommages respectueux.

Dr Saidj Dihya, Maître de Conférences A à l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida 1 pour avoir accepté d'examiner ce travail. Sincères remerciements.

Pr Ain Baziz Hacina, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger pour avoir accepté d'examiner ce travail. Sincères remerciements.

Dr Benatallah Amel, Maître de Conférences A à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger pour avoir accepté d'examiner ce travail. Sincères remerciements.

J'exprime ma sincère gratitude à **Dr BELABBAS Rafik**, Maître de Conférences A et directeur de cette thèse, pour le choix du sujet et la confiance qu'il m'a accordé en acceptant d'encadrer ce travail doctoral. Je tiens à le remercier de m'avoir toujours motivé à faire mieux, pour ses précieux conseils, son avis expérimenté et son soutien pendant le travail expérimental, qui ont permis de mener cette thèse à terme. J'aimerais également lui dire à quel point j'ai apprécié sa patience à m'apprendre le maximum sur la physiologie de la reproduction chez la lapine et son respect sans faille des délais serrés de correction et de relecture des documents que je lui ai adressé. Ce présent

travail m'a donné la chance de le connaître de près, et de gagner son amitié qui est un honneur pour moi, Merci.

Remerciements et reconnaissance à ma co-promotrice **Pr Maria José Argenté**, Professeur à l'Université Miguel Hernandez. Je la remercie pour l'intérêt dont il a fait preuve envers mes recherches, sa disponibilité pendant les séjours de stage, sa collaboration même de loin et pour tous les conseils constructifs qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je tiens également à remercier **Berbar Ali** professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida 1 d'avoir honoré le jury de la présente thèse. Je le remercie également pour son soutien et ses conseils pendant mon parcours. Profond respect.

Au Pr **Mari Luz Garcia**, Professeur à l'Université Miguel Hernandez, Espagne. Je suis reconnaissante pour son accompagnement, sa collaboration et son sérieux lors des traitements statistiques et l'interprétation des données. Merci de m'avoir accueillie chaleureusement et avec sympathie, de m'avoir écoutée, de répondre sans hésitations à mes mille questions répétées.

Je remercie Professeur **Lafri Mohamed**, directeur du laboratoire LBRA pour son aide et son soutien pour le financement de mon travail expérimental. Un hommage respectueux.

Sans oublier, un sincère remerciement pour l'équipe cunicole de l'ITELV. Une reconnaissance à **Mme Zitouni Ghania**, Chef de département des monogastriques à l'Institut Technique des élevages, Baba Ali, Alger, pour son aide dans la réalisation de cette thèse. Je tiens à remercier également toute l'équipe qui m'a soutenue et m'a facilité l'expérimental dans le bâtiment de la souche synthétique : Je spécifie en premier **Talaaziza Djamel qui** a beaucoup sacrifié de son temps pour m'aider, sincères reconnaissances. Un grand merci aussi à **Dis Samir, Boudjella Zoulikha** et **Boudahdir Nassima**.

A **Raquel** ingénieur de laboratoire à l'Université Miguel Hernandez Espagne. Je la remercie pour les démonstrations et les explications du protocole d'analyse d'aliment, pour sa sympathie et son humour.

La réalisation de la partie expérimentale a fait preuve de l'implication efficace de mes étudiants de 5^{ème} année : **Hadri Adlen**, **Ouargli Rafik** , **Melahi Youcef**, **Khelifa Amina** et **Kermia Amira**. A vous tous grand merci et souhaits de réussite au futur.

Mes sincères remerciements vont également à mes très chères amies et sœurs ; **Feknous Naouel** et **Meskouri Ibtissem**. Leurs présence dans ma vie depuis de longues années est une richesse pour moi et une énergie d'âme. Merci pour votre aide et votre soutien. Je vous adore.

Je m'adresse aussi à mes collègues **Khaled Hamza** et **Dahmani Asma**, remerciements pour leur soutien et encouragement.

Enfin, je voudrai remercier toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

A ma très **CHÈRE MÈRE** qui est mon pilier dans la vie et qui m'a toujours soutenue, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect et mon amour éternel pour les sacrifices qu'elle a consentit à faire et qu'y en fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A mon **CHER PÈRE** qui est pour moi un modèle d'amour, de tendresse et de générosité, qui m'a toujours soutenue sans relâche et qui m'a poussé à donner le meilleur de moi-même.

A mon **CHER ÉPOUX** qui m'a toujours soutenu et encourager. Sa confiance en moi m'a toujours poussée à faire mieux.

A mon fils **MAHDI**, mon bonheur, mon sourire et la joie de ma vie.

A mes très **CHÈRES SŒURS** qui ont été toujours à mes côtés, avec un grand merci à la généreuse **MOHSINA** et l'adorable petite sœur **CHAIMAA**.

A mon frère doux **OUSSAMA** et ma jolie **BELLE-SŒUR**.

A ma **BELLE-FAMILLE** qui m'accueille toujours chaleureusement.

A mes **BEAUX-FRÈRES**, qui sont pour moi de vrais frères, qui ont été toujours présents pour m'épauler.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	: La taille de la portée à la naissance chez les lapins de population locale, de souche synthétique (ITELV2006) et de population blanche (Synthèse bibliographique).....	29
Tableau 1.2	: Le nombre des lapereaux nés totaux et nés vivants chez les différentes souches synthétiques (Synthèse bibliographique).....	30
Tableau 2.1	: Les caractères de sélection en lignée maternelle et en lignée paternelle [165].....	44
Tableau 2.2	: Héritabilités des traits liés à la taille de la portée (synthèse bibliographique).....	46
Tableau 2.3	: Héritabilités des caractères liés au poids de la portée.....	47
Tableau 2.4	: Réponses à la sélection directe sur la taille de la portée au sevrage (NS), le nombre des nés vivants (NV) ou le poids de la portée au sevrage (PPS) (synthèse bibliographique).....	50
Tableau 2.5	: Exemples de sélection des souches synthétiques [159].....	57
Tableau 5.1	: Paramètres zootechniques calculés et mesurés chez la souche ITELV2006.....	82
Tableau 5.2	: Les paramètres génétiques mesurés chez la souche ITELV2006.....	83
Tableau 5.3	: Analyses descriptives des performances de reproduction...	88
Tableau 5.4	: Les effets significatifs des variables fixes sur les paramètres mesurés chez les femelles de la souche ITELV2006 à G9.....	89
Tableau 5.5	: La variation des paramètres de reproduction en fonction de la parité, saison et la lactation (LSM \pm DS).....	93
Tableau 5.6	: La variation des paramètres de croissance en fonction de la parité, la saison et la lactation (LSM \pm DS).....	94

Tableau 5.7	: Statistiques descriptives des paramètres analysés chez la souche synthétique.....	95
Tableau 5.8	: Les estimations de h^2 , p^2 , r , m^2 et c^2 avec leurs erreurs standards chez les lapins de la souche ITELV2006.....	99
Tableau 5.9	: Les corrélations génétiques (au dessus de la diagonale) et phénotypiques (au dessous de la diagonale) pour les paramètres de reproduction et de croissance.....	100
Tableau 6.1	: La composition centésimale de masse de l'aliment utilisé en expérimentation.....	123
Tableau 6.2	: Etude descriptive du poids de la femelle de la souche ITELV2006.....	126
Tableau 6.3	: Etude descriptive des performances de la portée de la souche synthétique ITELV2006 à G10.....	130
Tableau 6.4	: Variation des paramètres de la portée en fonction de la saison, la lactation et la parité de la femelle (LSM±DS).....	133
Tableau 6.5	: Les analyses descriptives de l'étude de la croissance des lapereaux de la naissance au sevrage.....	136
Tableau 6.6	: L'évolution du poids individuel et du gain de poids, chez les lapereaux de la souche ITELV2006, de la naissance au sevrage et en fonction de la saison (LSM± DS).....	139
Tableau 6.7	: L'évolution du poids individuel et du gain de poids mesurés entre la naissance et le sevrage chez les lapereaux issus des femelles allaitantes et non allaitantes (LSM± DS).....	140
Tableau 6.8	: L'évolution du poids et du gain de poids chez les lapereaux, mesurée entre la naissance et le sevrage et selon la parité de la femelle (LSM± DS).....	142
Tableau 6.9	: Le poids individuel et le gain de poids mesurés chez les lapereaux de la naissance au sevrage et en fonction de la qualité du nid (LSM± DS).....	145
Tableau 6.10	: Le poids individuel et le gain de poids mesurés chez les	

	lapereaux de la naissance au sevrage et en fonction de leur lieu de mise bas (dans le nid ou hors nid) (LSM± DS).....	148
Tableau 6.11	: L'évolution du poids et du gain de poids de la naissance au sevrage et en fonction de l'absence ou la présence du cannibalisme dans la portée (LSM± DS).....	151
Tableau 6.12	: L'évolution du poids et du gain de poids de la naissance au sevrage et en fonction du sexe du lapereau (LSM± DS).....	152
Tableau 6.13	: La signification des facteurs fixes liés à la probabilité de survie des lapereaux de la naissance au sevrage.....	153
Tableau 6.14	: Les moyennes d'héritabilités (diagonale), corrélations génétiques (au-dessus de la diagonale) et corrélations phénotypiques (en dessous de la diagonale) pour le poids individuel de la naissance au sevrage (Standard déviation entre parenthèses).....	161
Tableau 6.15	: Les estimations de l'effet commun de la portée (c^2) (diagonal) et ses corrélations (au-dessus de la diagonale) pour le poids individuel en fonction des dates de mesure (Standard déviation entre parenthèses).....	162
Tableau 6.16	: Les estimations de l'effet permanent (p^2) (diagonal) et ses corrélations (au-dessus de la diagonale) pour le poids individuel en fonction des dates de mesure (Standard déviation entre parenthèses).....	163

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Schéma de la diffusion du progrès génétique.....	41
Figure 2.2	Schéma représentant le plan du croisement des lignées synthétiques.....	55
Figure 4.1	Institut Technique des Elevages.	73
Figure 4.2	Clapier expérimental.....	73
Figure 4.3	Plan du clapier de l'Institut Technique d'Elevages.....	74
Figure 4.4	Salle de maternité.....	75
Figure 4.5	Boite à nid plastique.....	75
Figure 4.6	Salle d'engraissement.....	76
Figure 4.7	Lapins de souche synthétique.....	77
Figure 4.8	Pesée des femelles avant la saillie.....	77
Figure 4.9	Contrôle des cages et des boites à nids le jour de la mise bas....	78
Figure 4.10	Portée sevrée et placée dans sa cage d'engraissement.....	79
Figure 5.1	Valeur additive moyenne estimée pour le nombre des nés totaux par génération.....	96
Figure 5.2	Valeur additive moyenne estimée pour le nombre des nés vivants par génération.....	97
Figure 5.3	Valeur additive moyenne estimée pour la taille de la portée à l'abattage (75 jours) par génération.....	97
Figure 5.4	Valeur additive moyenne estimée pour le poids à l'abattage (75 jours) par génération.....	98

Figure 6.1	Protocole expérimental.....	117
Figure 6.2	Evaluation de la qualité du nid. 1 : un nid d'une excellente qualité ;2 : un nid d'une qualité moyenne ; 3 : un nid d'une mauvaise qualité.....	118
Figure 6.3	Lieu de la mise bas. A:mise bas dans la boîte à nid ; B : mise bas hors nid.....	118
Figure 6.4	Portée perdue suite à un cannibalisme.....	119
Figure 6.5	Matériel et identification des lapereaux à la naissance par amputation des doigts. A : identification des doigts ; B : amputation d'un doigt.....	119
Figure 6.6	Identification des lapereaux à la naissance par amputation des doigts. A : identification du 1 ^{er} lapereau de la portée; B : identification du 6 ^{ème} lapereau de la portée ; D : côté droit ; G : côté gauche.....	120
Figure 6.7	Identification du 11 ^{ème} lapereau de la portée par amputation du premier doigt de la patte postérieure droite.D : côté droit ; G : côté gauche.....	120
Figure 6.8	Cicatrisation d'un doigts amputé.....	120
Figure 6.9	Identification du sexe par autopsie. A : lapereau de sexe femelle; B : lapereau de sexemâle	121
Figure 6.10	Identification du sexe des lapins sevrés. A : lapereau de sexe femelle ; B : lapereau de sexe mâle.....	121
Figure 6.11	Pesée des lapereaux. A : pesée d'un lapereau à la naissance ; B : pesée d'un lapereau au sevrage.....	122
Figure 6.12	Effet de a saison sur le poids de la femelle. S : saillie ; P :	

	palpation. Eté (n=76) ; Automne (n=69).....	127
Figure 6.13	Effet de la lactation sur le poids de la femelle. S : saillie ; P : palpation. Non allaitantes (n=75) ; Allaitantes (n=69).ns : non significatif ; * : p<0,05.....	128
Figure 6.14	Effet de la parité sur le poids de la femelle. S : saillie ; P : palpation. Nullipares (n=69) ; primipares (n=66) ; multipares (n=44). ns : non significatif ; a,b,c... : les barres affectées d'une lettre différente, diffèrent significativement entre elles au seuil de p<0,05.	129
Figure 6.15	Evolution du poids individuel moyen et du nombre de lapereaux vivants de la mise bas au sevrage. nb : nombre.....	131
Figure 6.16	Evolution du poids des lapereaux survivants et morts de la naissance au sevrage.....	135
Figure 6.17	Relation entre le poids à la naissance et la probabilité de survie selon l'absence (non) ou la présence (oui) de cannibalisme dans la portée.....	154
Figure 6.18	Relation entre le poids à la naissance et la probabilité de survie selon le lieu de mise-bas (dans le nid ou hors nid).....	155
Figure 6.19	Relation entre le poids du lapereau à la naissance et sa probabilité de survie.....	155
Figure 6.20	Relation entre le poids et la probabilité de survie à 5 jours d'âge en fonction de la qualité du nid (1 : excellente ; 2 : moyenne ; 0 : mauvaise).....	156
Figure 6.21	Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à 14 jours d'âge en fonction du sexe. 1 : mâle ; 2 : femelle.....	157
Figure 6.22	Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à 14 jours d'âge en fonction de la qualité du nid (0 : mauvaise; 1 : excellente; : moyenne).....	157
Figure 6.23	Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à l'âge de 21 jours en fonction du lieu de la mise bas.....	158

Figure 6.24	Relation entre le poids du lapereau à la naissance et la probabilité de survie à l'âge de 28 jours en fonction du lieu de la mise bas.....	159
Figure 6.25	Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à l'âge de 35 jours en fonction du lieu de la mise bas.....	159

TABLE DES MATIERES

RESUME	2
ABSTRACT	4
ملخص.....	6
REMERCIEMENTS	8
DEDICACES	11
LISTE DES TABLEAUX	12
LISTE DES FIGURES	15
TABLE DES MATIERES	19
INTRODUCTION.....	24
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.....	
1.LA TAILLE DE LA PORTEE ET SES PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION	28
1.1 La taille de la portée :.....	28
1.2 Les facteurs de variation de la taille de la portée :.....	31
1.2.1. L'effet des composantes de l'état physiologique de la femelle :.....	31
1.2.1.1. La parité :	31
1.2.1.2. L'allaitement :	32
1.2.1.3. La réceptivité :.....	32
1.2.2 L'effet du rythme de reproduction :	33
1.2.3 L'effet de l'environnement :.....	33
1.2.3.1 La saison :.....	33
1.2.3.2 La photopériode :	34
1.2.3.3 L'alimentation :	34
1.2.4 L'interaction génotype-milieu :	35
2.PARAMETRES ET PROGRES GENETIQUES CHEZ LE LAPIN	36
2.1. Paramètres Génétiques :	36
2.1.1. Héritabilité :.....	36
2.1.2. Répétabilité :.....	38
2.1.3. Corrélations :	38
2.2. Amélioration et progrès génétique du lapin :	38
2.2.1. La sélection génétique :.....	42
2.2.1.1. Paramètres de sélection	48

2.2.1.2. Réponse à la sélection en reproduction :	49
2.2.2. Le croisement :	53
2.2.2.1. Le croisement et les paramètres de la portée :	54
2.2.2.2. La création des souches synthétiques :	55
2.2.2.2.1. La création des souches synthétiques en France :	59
2.2.2.2.2. La création des souches synthétiques en Arabie Saoudite :	59
2.2.2.2.3. La création des souches synthétiques en Egypte :	59
2.2.2.2.4. La création des souches synthétiques en Algérie :	60
3.FACTEURS DE VARIATION DU POIDS A LA NAISSANCE	62
3.1. Les facteurs de variation du poids à la naissance :	62
3.1.1. Les facteurs liés à la femelle :	62
3.1.1.1. L'effet du poids de la femelle :	62
3.1.1.2. L'effet de la parité :	63
3.1.1.3. L'effet de la taille de la portée	63
3.1.1.4. L'effet de l'allaitement :	63
3.1.1.5. L'effet de la race (génotype) :	64
3.1.1.6. L'effet de la position et du nombre de fœtus par corne :	65
3.1.1.7. L'effet de l'espace utérin disponible par fœtus :	65
3.1.1.8. L'effet de l'apport sanguin et du nombre de vaisseaux sanguins par fœtus :	65
3.1.2. Les facteurs liés à l'environnement :	66
3.1.2.1. L'effet de l'alimentation :	66
3.1.2.2. L'effet de la saison de naissance :	67
3.2. L'effet du poids de la portée à la naissance sur d'autres caractères :	68
3.2.1. Le comportement des lapereaux dans le nid :	68
3.2.2. Allaitement et prise de lait :	69
3.2.3. Mortalité des lapereaux :	69
3.2.4. Performances des lapins en croissance :	70
3.2.5. Caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande :	70
3.2.6. Les performances de reproduction des femelles :	70
3.3. Sélection pour l'homogénéité intra-portée du poids à la naissance :	71
Conclusion bibliographique	72
PARTIE EXPERIMENTALE	
4.CONDITIONS EXPERIMENTALES COMMUNES AUX ESSAIS	73
4.1. Le bâtiment et le matériel d'élevage :	73

4.2. Les animaux	76
4.3. La conduite en reproduction	77
4.3.1. La saillie :	77
4.3.2. Préparation de la boîte à nids et la mise-bas :	78
4.3.3. Suivi des portées :	78
4.4. L'alimentation	79
5.ETUDE 1	80
5.1. Les objectifs :	80
5.2. Matériel et méthodes :	80
5.2.1. Etude des performances à G9 :	80
5.2.2. Etude des paramètres génétiques :	81
5.2.3. Les paramètres étudiés :	81
5.2.3.1. Les paramètres zootechniques :	81
5.2.3.2. Les paramètres génétiques :	83
5.2.4. L'analyse statistique :	84
5.3. Résultats :	87
5.3.1. Performances de reproduction et de croissance :	87
5.3.1.1. Les analyses descriptives :	87
5.3.1.2. Les facteurs de variation :	87
5.3.1.2.1 L'effet de la parité :	89
5.3.1.2.1.1. L'effet sur les paramètres de reproduction :	89
5.3.1.2.1.2. L'effet sur les paramètres de croissance :	90
5.3.1.2.2. L'effet de la lactation :	91
5.3.1.2.2.1. L'effet sur les paramètres de reproduction :	91
5.3.1.2.2.2. L'effet sur les paramètres de croissance :	91
5.3.1.2.3. L'effet de la saison :	91
5.3.1.2.3.1. L'effet sur les paramètres de reproduction :	91
5.3.1.2.3.2. L'effet sur les paramètres de croissance :	92
5.3.2. Etude génétique des paramètres de reproduction et de croissance :	95
5.3.2.1. Analyses descriptives :	95
5.3.2.2. Tendances génétiques :	96
5.3.2.3. Paramètres génétiques :	98
5.3.2.4. Etude des corrélations	99
5.4. Discussion	101
5.5. Conclusion	114

6.ETUDE 2	116
6.1. Les objectifs :	116
6.2. Matériel et Méthodes :	116
6.2.1. Protocole expérimental :	116
6.2.1.1. Les femelles expérimentales :	116
6.2.1.2. Identification de la qualité du nid :	116
6.2.1.3. Lieu de mise bas :	118
6.2.1.4. Enregistrement des cas de cannibalisme :	118
6.2.1.5. Identification des lapereaux à la naissance :	119
6.2.1.6. Sexage :	121
6.2.1.6.1. Sexage à la naissance :	121
6.2.1.7. Pesée des lapereaux :	122
6.2.2. Alimentation :	122
6.2.3. Analyses statistiques :	123
6.2.3.1. Analyses des performances :	123
6.2.3.2. Analyses des paramètres génétiques :	124
6.3. Résultats :	126
6.3.1. Etude phénotypique :	126
6.3.1.1. Analyses descriptives du poids de la femelle :	126
6.3.1.2. Etude des facteurs de variation du poids de la femelle :	127
6.3.1.2.1. Effet de la saison :	127
6.3.1.2.2. Effet de la lactation :	127
6.3.1.2.3. Effet de la parité :	128
6.3.1.3. Analyses descriptives des performances de la portée :	129
6.3.1.4. Etude des facteurs de variation des performances de la portée :	131
6.3.1.4.1. Effet de la saison :	131
6.3.1.4.2. Effet de la lactation :	131
6.3.1.4.3. Effet de la parité :	132
6.3.1.5. Etude de la croissance des lapereaux :	135
6.3.1.5.1. Analyses descriptives :	135
6.3.1.5.2. Etude des facteurs de variation de la croissance :	137
6.3.1.5.2.1. L'effet de la saison :	137
6.3.1.5.2.2. L'effet de la lactation :	138
6.3.1.5.2.3. L'effet de la parité :	141
6.3.1.5.2.4. L'effet de la qualité du nid :	144

6.3.1.5.2.5. L'effet du lieu de la mise bas :	147
6.3.1.5.2.6. L'effet du cannibalisme :	149
6.3.1.5.2.7. L'effet du sexe :	150
6.3.1.6. Etude de la probabilité de survie des lapereaux :	153
6.3.1.6.1. Analyses descriptives :	153
6.3.1.6.2. Facteurs affectant la probabilité de survie :	154
6.3.1.6.2.1. A la mise bas (J0) :	154
6.3.1.6.2.2. A 5 jours d'âge :	156
6.3.1.6.2.3. A 14 jours d'âge :	156
6.3.1.6.2.4. A 21 jours d'âge :	158
6.3.1.6.2.5. A 28 jours d'âge :	158
6.3.1.6.2.6. A 35 jours d'âge :	159
6.3.2. Etude génétique :	160
6.3.2.1. Les estimations de l'héritabilité et des corrélations :	160
6.3.2.2. Les estimations de l'effet commun de la portée (c^2):	160
6.3.2.3. Les estimations de l'effet permanent (p^2):	163
6.4. Discussion :	164
6.5. Conclusion :	187
7.DISCUSSION GENERALE	190
8.CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES	196
REFERENCES	198

INTRODUCTION

Dans les pays du sud de la méditerranée, le modèle de consommation de viande adopté est basé sur la viande de mouton et de volaille [1]. En Algérie, le régime alimentaire se compose essentiellement de volaille, d'œufs, de moutons et de bœuf, tandis que la consommation de chèvre et de viande de chameau est beaucoup plus faible [2]. La consommation moyenne de viande rouge est estimée à 10,5 kg / habitant par an, tandis que celle de la viande blanche est plus élevée, 15 kg / habitant par an.

Il est à signaler que ces consommations restent faibles en comparaison à celles des autres pays du Maghreb (15,9 et 18,6 kg / an par habitant respectivement au Maroc et en Tunisie), en raison de la faible production [3,4]. De ce fait, il y a un besoin pressant d'augmenter la production animale et de diversifier l'approvisionnement en protéines animales pour répondre à la demande toujours croissante de la population [5,6].

Le lapin peut constituer une importante source de viande et à moindre coût en raison de ses nombreux atouts. En effet, la prolificité de cette espèce est un atout (51,8 lapereaux produits par femelle et par an), ainsi la production annuelle de viande fournie par lapine représente 25 à 35 fois son poids, ce qui correspond à 130kg de carcasse par an, avec un rendement en viande, largement supérieur à celui de tous les autres animaux herbivores [7,8]. En plus, sa viande est d'une excellente qualité nutritionnelle (faibles teneurs en matières grasses et en cholestérol, riche en protéines, en vitamines, en oméga 3 et en sélénium, et relativement pauvre en graisses et en cholestérol (58mg/100g) [9].

En Algérie, la cuniculture a toujours existé, mais selon un mode traditionnel, de faible effectif, de type familial, destinée à l'autoconsommation et pratiquée le plus souvent de façon précaire. Selon les dernières statistiques de la FAO [1], l'Algérie est classée au dixième rang mondial avec une production de viande de lapin estimée à 8468 t en 2018, ce qui représente 0,6% de la production mondiale. Cette faible production est liée principalement à l'absence d'un aliment industriel d'une bonne qualité et d'un prix raisonnable, car la majorité des composants (céréales, tourteaux de soja et luzerne déshydratée) sont issus de l'importation, coûteux et subissent souvent des fluctuations du marché provoquant la variation du prix de l'aliment granulé. De plus, les fortes températures enregistrées notamment en été, empêchent le développement de la filière

cunicole notamment dans les wilayas du sud. En effet, le lapin est une espèce très sensible au stress thermique provoquant des changements drastiques sur ses fonctions biologiques et une détérioration des performances de production et de reproduction [10, 11,12].

Par ailleurs, l'élevage est basé essentiellement sur l'utilisation du lapin de population locale algérienne, caractérisé par son adaptation aux conditions climatiques et alimentaires. En revanche, il présente une prolificité et un poids à la naissance, au sevrage et à l'âge adulte faibles [13, 14,15].

Une nouvelle stratégie d'amélioration génétique a été adoptée dans les pays à climat chaud [16]. Elle repose sur la création de souches synthétiques par croisement entre les lapins de population locale et ceux des races ou souches étrangères [17]. Plusieurs souches synthétiques de lapins sont alors créées en Arabie Saoudite [18], en Egypte [19] et en Algérie [20]. Ces souches ont montré une production améliorée et une bonne adaptation au stress thermique [21]. De plus, elles permettent d'exploiter la complémentarité entre les populations d'origine, tout en conservant la moitié de l'hétérosis [22].

En Algérie, une souche synthétique (ITELV2006) a été créée depuis 2003 par croisement entre les lapines de population locale avec la souche INRA 2666 (France), au niveau de l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali [20]. La nouvelle souche a été sélectionnée, après 4 générations d'homogénéisation, sur la taille de la portée à la naissance et le poids vif à l'âge de 75 jours [23]. Cette sélection est réalisée durant 4 générations uniquement, par la suite, les lapins sont gardés sans sélection et selon un plan de croisement évitant la consanguinité.

La souche synthétique ITELV2006 a montré une taille de la portée à la naissance de plus 28% par rapport à la population locale [24]. L'amélioration de la taille de la portée notée serait liée selon Belabbas *et al.* [25] à un taux d'ovulation et un nombre d'embryons élevés chez cette souche comparée à la population locale. En revanche, elle a montré des pourcentages de mortinatalité et mortalité naissance sevrage élevés (en moyenne 16% et 26% respectivement) et un poids faible des lapereaux au sevrage [24, 26,27], malgré son aptitude laitière plus importante et un lait plus riche en matière énergisante [28]. Il convient donc de proposer un plan de sélection génétique permettant d'améliorer ces faibles performances tout en gardant ses performances de

prolificité. Ceci ne peut être effectué qu'après avoir étudié les paramètres génétiques de cette souche. Il est à signaler qu'il n'y a aucune étude traitant les paramètres génétiques des caractères de reproduction et de croissance de cette souche durant toutes ses générations. De plus, les études sur les corrélations entre les paramètres de reproduction et ceux de croissance sont rares dans la littérature et souvent contradictoires [29,30].

Par ailleurs, la rentabilité des élevages cunicoles est directement liée à la vente des lapins qui atteignent un poids idéal à l'abattage. Pour cette raison, la prolificité de la femelle a fait l'objet de sélection dans les programmes d'amélioration génétique des lignées maternelles [31, 32,33]. Il convient de noter que cette sélection a conduit à une augmentation du nombre de lapereaux nés vivants par portée [34]. Cependant, cette augmentation a diminué le poids individuel des lapereaux à la naissance, car la corrélation entre les deux caractères est négative [35,36].

Plusieurs études ont rapporté que le poids corporel des lapereaux à la naissance est lié à leur survie et leur taux de croissance et, par conséquent, est un caractère économiquement important dans la production cunicole [34]. Szendrő *et al.* [37] ont rapporté qu'un faible poids corporel impliquerait une mortalité élevée dans les premiers jours de la vie du lapereau et une vitesse de croissance moindre. De ce fait, les lapereaux ayant un faible poids corporel nécessiteraient plus de jours et d'alimentation pour atteindre le poids nécessaire à la commercialisation.

Le poids du lapereau est déterminé à la fois par son génotype et par une série d'effets maternels (l'environnement utérin, parité, la production du lait et la qualité maternelle), et environnementaux (la température, l'humidité de l'environnement et la qualité du nid) [36]. Il est à noter que l'effet de la portée est important et est souvent ignoré dans l'évaluation génétique des paramètres de croissance, donc un biais sera créé et entraînera une surestimation des valeurs génétiques des animaux [38]. L'évaluation génétique, la sélection et la conception ultérieure des programmes de sélection efficaces sont impératives pour l'amélioration génétique de tout caractère d'intérêt économique. Des prédictions génétiques fiables sur une population nécessitent une mesure précise de l'héritabilité du paramètre étudié et de sa corrélation génétique avec les autres paramètres [34].

Chez le lapin, les recherches étudiant l'héritabilité du poids du lapereau au sevrage et à l'abattage sont nombreuses [39,40]. En général, l'héritabilité du poids du lapereau présente des valeurs faibles, inférieures à 0,15, et similaires à l'effet permanent de la femelle, défini comme le rapport de la variance de la femelle sur la variance totale. Alors que l'effet de la portée, défini comme le rapport de la variance de la portée sur la variance totale, présente une valeur supérieure à l'héritabilité (0,30) ; expliquant une grande partie de la proportion de la variance totale du caractère [34]. Cependant, peu d'études ont analysé l'héritabilité du poids du lapereau à des intervalles hebdomadaires et de la naissance au sevrage. Dans cette optique, s'inscrit notre travail de thèse et qui a pour objectifs d'étudier, chez les lapins de souche synthétique ITELV2006, les performances de reproduction des femelles à la 9^{ème} génération d'une part et d'estimer, d'autre part, les paramètres génétiques en relation avec la taille de la portée et de la croissance de la génération zéro (G0) à la 9^{ème} génération de (G9). En second lieu, d'étudier la croissance des lapereaux sous la mère et les facteurs affectant leur survie. Enfin, d'évaluer les paramètres génétiques du poids des lapereaux en pré-sevrage, ainsi que les corrélations génétiques et celles des effets environnementaux entre les différents caractères.

Dans ce manuscrit, nous présenterons, dans un premier temps, des éléments bibliographiques qui permettent de faire le point sur la taille de la portée et ses facteurs de variation, les paramètres et le progrès génétique chez le lapin et les facteurs de variation du poids des lapereaux à la naissance. Dans un second temps, nous décrirons le matériel et les méthodes mis en œuvre pour la réalisation de cette thèse, ainsi que les résultats obtenus et leurs discussions. Enfin, nous terminerons par une discussion générale ainsi qu'une conclusion qui inclura les perspectives à développer.

CHAPITRE 1

LA TAILLE DE LA PORTEE ET SES PRINCIPAUX FACTEURS DE VARIATION

Compte tenu de la faisabilité économique de la production des lapins, le nombre de lapereaux nés (taille de la portée ou prolificité) est le caractère économique le plus important [41, 42,43].

1.1 La taille de la portée :

La taille de la portée résulte d'une succession de faits biologiques qui vont de la maturation des gamètes jusqu'à la naissance d'un lapereau : ovulation, fertilisation, développement embryonnaire et fœtal [22,44]. Chez le lapin, la prolificité se limite essentiellement par le taux d'ovulation (nombre d'ovules pondus) et la viabilité des blastocystes et des embryons jusqu'à la naissance, ce qu'on nomme, la survie prénatale [45,46]. La taille de la portée à la naissance est l'enregistrement qui serait nécessaire pour obtenir la viabilité fœtale. Afin de mesurer ses composantes biologiques (taux d'ovulation et survie prénatale), une observation du tractus reproducteur de la femelle est nécessaire. Le nombre de corps jaunes permet d'évaluer le taux d'ovulation, et le nombre de sites d'implantation contenant des embryons vivants et morts sont ensuite mesurés pour déterminer la viabilité des embryons [47].

Plusieurs auteurs ont défini la prolificité. Selon Armero *et al.* [48] et De Rochambeau [49] la prolificité est la taille de la portée à la naissance et qui désigne donc le nombre total de lapereaux nés par mise bas [48,49]. Cependant, selon Garreau *et al.* [50], la prolificité concerne la taille de la portée aux différents moments (naissance, sevrage et abattage).

La taille de la portée à la naissance peut varier de 3 à 15 avec des extrêmes allant de 1 à 20 lapereaux [51]. La prolificité à la naissance des lapins de population locale algérienne en élevage rationnel est dans les alentours de 7 lapereaux [14,52]. En élevage fermier, la population locale algérienne montre une prolificité de 5 à 8 nés totaux/femelle/mise bas [53]. De même, selon Saidj *et al.* [54], 63% des élevages enquêtés dans la région nord de l'Algérie présentent une prolificité de 5 à 7 lapereaux.

La taille de la portée des lapins de population locale en élevage rationnel est nettement supérieure à celle notée chez les lapins de population locale en Egypte et au Maroc avec des valeurs respectives de 5,7 et 6,7 lapereaux nés totaux [55,56, 57]. La prolificité des lapins de population locale algérienne est modeste par rapport à celle des autres races étrangères [58, 59,60]. Par contre, elle est meilleure par rapport à celle de la race Soviet Chinchilla et White Giant [61].

Par ailleurs, les lapines de la souche synthétique algérienne nommée ITEL2006, (issue d'un croisement entre les lapins de population locale algérienne et la souche française INRA2666), montrent une prolificité nettement améliorée par rapport à celle de la population locale (+2 lapereaux) [24, 52,62]. Cette amélioration de la prolificité serait liée principalement à celle du taux d'ovulation [52]. La prolificité des lapins de la souche ITEL2006 est comparable à celle des différentes souches synthétiques égyptienne et saoudienne (issues des croisements entre les différentes populations locales et la souche espagnole V line) [63,64]. Par contre, Abdel-Azeem *et al.* [65] enregistrent une prolificité plus faible chez des lapins de souche synthétique issus d'un croisement entre la population locale égyptienne Baladi Red et 3 races exotiques. La prolificité des différents génotypes de lapins existant en Algérie est présentée dans le **tableau1.1**.

Tableau 1.1 : La taille de la portée à la naissance chez les lapins de population locale, de souche synthétique (ITEL2006) et de population blanche (Synthèse bibliographique).

Auteurs	Souche ITEL2006	Population locale	Population Blanche
Gacem <i>et al.</i> [66]	8,6	-	-
Bolet <i>et al.</i> [23]	9,13	-	-
Berchiche <i>et al.</i> [67]	9,5	7,2	7
Zerrouki <i>et al.</i> [24]	9,55	6,78	7,5
Belabbas <i>et al.</i> [25]	8,29	6,99	-
Sid <i>et al.</i> [62]	8,8	-	7,1
Amroun <i>et al.</i> [28]	9	-	7,3

Le calcul du nombre de lapereaux nés vivants par rapport au nombre de lapereaux nés totaux est un caractère de reproduction important. La population locale algérienne a un nombre moyen de lapereaux nés vivants qui varie selon les expérimentations de 5,6 à 7,6, représentant un taux de 78% à 95% de la totalité de la portée [62, 68, 69,70]. Ces dernières valeurs sont tantôt différentes tantôt similaires par rapports aux données de la littérature sur les différentes races. Le lapin gris de Carmagnola d'Italie, selon Lazzarouni *et al.* [69], présente un nombre moyen de nés vivants par portée de 7 (91% de la portée), alors que l'Argenté de Champagne et le Géant Flemish montrent des valeurs de 7 et 8 nés vivants respectivement [72,73].

La souche ITELV2006 se caractérise par un pourcentage élevé de nés vivants (92%) en comparaison avec la population locale [23] (**Tableau 1.2**). De même, Amroun *et al.* [28] rapportent chez la souche ITELV2006 des pourcentages élevés de nés vivants, en élevage extensif et intensif (98,5% et 96% respectivement) par rapport à la population blanche (95% et 88% respectivement).

Tableau 1.2: Le nombre des lapereaux nés totaux et nés vivants chez les différentes souches synthétiques (Synthèse bibliographique).

Auteurs	Souches synthétiques	Nés totaux	Nés vivants
Brun et Baselga [17]	V line	8,66	7,77
El-Raffa <i>et al.</i> [63]	V* Races locales ¹	8,5	8
Bolet <i>et al.</i> [23]	ITELV2006	9,1	8,4
Abou Khadiga <i>et al.</i> [74]	APRI	8,63	8,37
Zerrouki <i>et al.</i> [24]	ITELV2006	9,55	8,57
Amroun <i>et al.</i> [28]	ITELV2006	9,0	8,86
Brun et Baselga [17]	INRA2066	8,86	7,27

¹ : RedBaladi, SinaiBaladi (Egypt) et SaudiGabali (Arabie Saoudite).

Un autre caractère lié à la prolificité est la mortalité à la naissance. Cette dernière dépend de la qualité maternelle des lapines, de la taille de la portée et du poids des lapereaux à la naissance [75]. La synthèse présentée par Berchiche *et al.* [67], souligne un pourcentage de mortalité à la naissance élevé chez la population locale par rapport à

celui enregistré chez la population blanche (entre 11% et 16% pour la population locale et entre 7% et 13% pour la population blanche).

Les populations locales en Egypte et au Maroc présentent des taux de mortalité plus faibles (5,4% et 11,8% respectivement) [55,76]. En revanche, le pourcentage de mortalité chez la population locale est nettement supérieur à celui enregistré chez les lapines de différentes lignées espagnoles (1%) [77] et françaises (6% à 11,5%) [78]. Il reste également supérieur à celui indiqué par Bolet *et al* [79] pour huit différentes races provenant de France, Suisse et de l'Italie (entre 0,78 % et 1,75%).

Chez la souche ITEL2006, Sid *et al.* [62] ont enregistré un pourcentage de mortalité de 9,8%. Les lignées synthétiques Espagnoles (lignée Prat, Lignée A et V) montrent des taux de mortalité inférieures à celui enregistré pour la souche ITEL2006 [80,81].

1.2 Les facteurs de variation de la taille de la portée :

La taille de la portée se caractérise par une faible héritabilité qui varie entre 0,1 et 0,2 [82, 83,84]. Cela signifie qu'elle est influencée par multiples facteurs autres que génétiques.

1.2.1. L'effet des composantes de l'état physiologique de la femelle :

1.2.1.1. La parité :

Malgré le fait que les nullipares soient très réceptives et que leur fertilité soit meilleure que celle des multipares, leur taille de portée à la première mise bas est faible par rapport à celle des parités suivantes [85,86,87,88].

En général, la prolificité croît entre la 2^{ème} et la 3^{ème} parité, reste stationnaire à la 4^{ème} parité, puis décroît par la suite [89,90]. Theau-Clément *et al.* [91], confirment que le nombre de lapereaux nés par portée augmente en fonction de la parité de la femelle chez les lapines Hyplus. En effet, ces dernières femelles présentent une prolificité de 8,9 au stade nullipare et qui passe à 11,4 au stade primipare puis à 11,9 au stade multipare.

1.2.1.2. L'allaitement :

La lapine a la particularité d'être simultanément allaitante et gestante car elle est réceptive juste après la mise bas. Cependant, d'une manière générale, la lactation a un effet négatif sur le taux d'ovulation (-26%) et la viabilité foétale (-10%) affectant ainsi la prolificité de la femelle [92,40]. La superposition entre la lactation et la gestation engendre l'augmentation de la mortalité prénatale, et par conséquent, une faible taille de portée à la naissance [93,94].

En revanche, une analyse de l'influence de l'état physiologique de la lapine (combine à la fois la parité et l'allaitement) pour cinq différents génotypes montre un résultat positif pour tous les paramètres de reproduction. Cependant, il s'agit plus d'un effet parité que d'un effet allaitement [92]. L'estimation de l'effet d'allaitement est relevée mais les différences sont rarement significatives.

La détérioration des performances chez la lapine concurremment gestante et allaitante semble être liée à l'hyperprolactinémie et la faible progestéronémie, associées à un déficit énergétique engendré par la production laitière [94]. Ce déficit est pénible chez la lapine primipare qui n'arrive pas à assurer simultanément ses besoins en nutriments pour sa production laitière, sa croissance corporelle et sa nouvelle gestation [95,96]. Face au déficit énergétique hautement négatif, la lapine augmente rapidement la consommation d'aliment après la mise bas (60 à 70%), mais celle-ci reste insuffisante chez la femelle simultanément gestante et allaitante. Ceci est lié à la compétition entre l'utérus gravide et la glande mammaire pour l'utilisation des nutriments [40, 97,98].

En Algérie, chez la population locale, la plus faible taille de portée à la naissance est enregistrée chez les primipares allaitantes comparées aux primipares non allaitantes (6,8 vs 9,1 lapereaux) [42]. Cela est expliqué par la forte sécrétion de prolactine au cours de la lactation. En effet, la sécrétion de la prolactine subit des fluctuations selon le stade de lactation [99] et influence directement les follicules de la lapine, module leur croissance et par conséquent, le taux d'ovulation ainsi que la taille de la portée.

1.2.1.3. La réceptivité :

La réceptivité de la femelle est une condition importante pour l'intensité et la fréquence d'ovulation, ainsi que pour la fertilité et le taux de mise bas [100].

Les pics de réceptivité sexuelle sont liés à la présence de follicules pré-ovulatoires à la surface des ovaires [101]. Les lapines réceptives ont un nombre de follicules pré-ovulatoires plus important que celui des lapines non réceptives (14,3 vs 9,4 follicules). Aussi, la réceptivité semble avoir une liaison avec le nombre des nés totaux qui est plus élevé chez les lapines réceptives comparées aux non réceptives [94], cela est lié à un nombre élevé de follicules pré-ovulatoires et par conséquent, une meilleure ovulation [102].

Par ailleurs, les lapines réceptives ont une prolificité plus élevée (+2 lapereaux) que les lapines non réceptives au moment de l'insémination, ceci quel que soit le rythme de reproduction [88,103].

1.2.2 L'effet du rythme de reproduction :

Une diminution du taux de fertilité et de prolificité est signalé chez les femelles ayant mis bas successivement en système intensif [104]. Pour un tel système, l'acceptation de mâle est meilleure, alors que les taux de fertilité et de prolificité sont plus faibles par rapport à ceux enregistrés en système semi-intensif [104]. Le système extensif semble améliorer les performances de reproduction en raison de la régression de la compétition entre la lactation et la gestation [92]. L'amélioration des performances de reproduction en système semi-intensif et extensif s'explique par l'augmentation du taux d'ovulation lorsque l'intervalle entre la saillie et la mise bas s'allonge. En effet, le pourcentage des femelles ovulant ainsi que le nombre de corps jaunes sont plus élevés chez des lapines saillies à 12 jours *post partum* comparés à ceux des lapines saillies en *post partum* [105].

1.2.3 L'effet de l'environnement :

1.2.3.1 La saison :

Généralement, la saison d'automne a un effet défavorable sur le taux d'ovulation et de mise bas [106]. Cette baisse des performances débute, pour certains auteurs, en été et pourrait être liée aux hautes températures ambiantes [107]. Par ailleurs, le comportement d'œstrus ainsi que le taux d'ovulation chez la lapine sont ralentis en automne par rapport au printemps avec un écart de +2,8 ovules. Ceci pourrait être lié à l'acceptation favorable des femelles pour les mâles au printemps car la durée du jour

(photopériode) est plus longue [77]. Kamawanja et Hauser [108] confirment que l'augmentation de la durée de jour s'accompagne d'un accroissement du taux de conception, du nombre de lapereaux produits et de meilleures qualités maternelles avec une réduction de la mortalité.

Chez la lapine de population locale, selon Zerrouki *et al.* [15], la plus faible prolificité à la naissance est notée en été (6,6 nés totaux et 5,4 nés vivants). Par contre, aucun effet de la saison n'a été noté au sevrage. Chez la population locale RedBaladi, Abdel-Azeem *et al.* [109] notent une baisse de la taille de la portée à la naissance et au sevrage en période de Mai-Juin avec une augmentation du pourcentage de mortalité au sevrage qui pourrait être liée à l'effet du stress thermique sur la viabilité des lapereaux, à une réduction de la production laitière ou encore dû à la dépression générale de l'activité métabolique dans telles conditions thermiques. Les chercheurs ajoutent que les mois d'hiver semblent être la période la plus favorable de l'année pour la reproduction des lapins en Egypte.

1.2.3.2 La photopériode :

L'activité sexuelle de la lapine est liée à la durée de la lumière du jour [110], et un éclaircissement de 16heures par jour semble être le meilleur pour sa reproduction (taux d'œstrus, réceptivité et prolificité) par rapport à une durée d'éclaircissement de 8 ou 12 heures [111, 112,113].

En revanche, Schuddemage *et al.* [114] montrent après une expérimentation d'un an, que les lapines placées sous 8 heures d'éclaircissement quotidien artificiel produisent 5% de plus de nés vivants par portée, que celles placées sous 16 heures d'éclaircissement. Szendro *et al.* [115] notent une augmentation du poids de la femelle après un éclaircissement fractionné de 16heures par jour. Par contre, la fertilité, la taille de la portée et la viabilité des lapereaux ne sont pas influencées par le programme lumineux établi.

1.2.3.3 L'alimentation :

Plusieurs études montrent la répercussion du déficit nutritionnel sur le taux l'ovulation [116]. En effet, un déficit énergétique et/ou protéique induit un retard d'œstrus en exerçant un effet dépressif sur la sécrétion de GnRH, ce qui induit la diminution de la décharge en LH et par conséquent, une diminution de la maturation folliculaire entraînant un retard ou même l'arrêt de l'ovulation [117,118].

En revanche, une alimentation *ad libitum* avec un aliment riche en énergie est souvent à l'origine d'un nombre de nés totaux réduit lié à un excès de poids des femelles entraînant des mises bas dystociques [119]. La réduction de la prolificité est liée à une mortalité foetale suivie d'une importante mortinatalité [120]. Cette dernière serait la conséquence d'une compétition entre le tractus digestif et le tractus reproductif pour l'occupation de l'espace dans la cavité abdominale. A partir de la deuxième moitié de gestation, cette compétition atteint son maximum, conséquence d'une augmentation de la croissance foetale. Afin de réduire l'excès de gras chez les jeunes lapines, Nafeaa *et al.* [121] proposent une restriction alimentaire pendant la première moitié de la gestation.

Par ailleurs, Il est bien connu que la croissance foetale dépend de l'approvisionnement adéquat en oxygène et en nutriments traversant le placenta de la mère [122]. Cependant, l'apport en nutriments aux foetus ou aux embryons dépend exclusivement de la mère [123]. Par conséquent, si le poids de la femelle est réduit, le poids de la portée à la mise bas sera également réduit [121,124]. Aussi, une restriction alimentaire a un effet défavorable induit sur les performances de reproduction. Brecchia *et al.* [125], notent, suite à une restriction de 24 heures avant l'insémination, une réduction de la réceptivité, de la fertilité et par conséquent, du nombre de lapereaux nés vivants.

1.2.4 L'interaction génotype-milieu :

La taille de la portée de la lapine dépend de son génotype et de son milieu d'élevage. Chez les lapines de population locale élevées dans des conditions expérimentales, la taille de la portée moyenne est de 7,3 lapereaux [13, 15,126]. Par contre, lorsque cette même population est élevée dans des conditions fermières, une diminution de 30% de la taille de la portée est notée [53].

CHAPITRE 2

PARAMETRES ET PROGRES GENETIQUES CHEZ LE LAPIN

La valeur d'élevage d'un individu concerne le mérite génétique que celui-ci transmet à sa progéniture [127]. La précision de l'estimation de la valeur d'élevage d'un individu devient plus précise en même temps que l'extension de l'information, non seulement par son propre test de performance, mais aussi à la fois par sa progéniture que par ses ancêtres [128]. Tout programme d'amélioration ne peut être établi qu'après la détermination des paramètres génétiques relatifs aux caractères quantitatifs qui sont l'héritabilité, la répétabilité et les corrélations [129,130]. Ces paramètres permettent d'établir des plans de sélection. Par ailleurs, le développement et l'évaluation des programmes de sélection solides dépendent d'une connaissance précise des paramètres génétiques et environnementaux [63].

2.1. Paramètres Génétiques :

2.1.1. Héritabilité :

Certains caractères sont transmis dans des proportions variables. Ce degré de transmission est repris sous le terme d'héritabilité (h^2). Elle est définie comme le quotient entre la variance additive (VA) et la variance phénotypique (VP) et varie entre 0 et 1. Elle reflète la relation entre la valeur d'élevage et le caractère phénotypique. Elle varie en fonction de la nature génétique du caractère polygénique. Pour Lukefahr et Hamilton [131], l'héritabilité fournit des informations sur la nature génétique d'un caractère et elle est nécessaire pour l'évaluation génétique et pour des stratégies de sélection. Selon Wattiaux et Howard [132], l'héritabilité au sens large est le pourcentage de la variation phénotypique sous contrôle génétique, de sorte que :

$$\text{Héritabilité} = (\text{génotype} / \text{phénotype}) \times 100$$

Pour un sélectionneur, il est nécessaire de connaître le degré d'importance des différents composants (additifs, non additifs et environnementaux) dans la variation

phénotypique. Une façon d'exprimer l'importance de la variation due aux effets additifs est de calculer l'héritabilité au sens strict [133].

D'après Minvielle [134], les caractères de reproduction présentent les plus faibles héritabilités ($h^2 < 0,2$) et les performances de production enregistrent des héritabilités moyennes ($0,2 \leq h^2 \leq 0,4$). Par contre, les plus fortes valeurs d'héritabilité sont attribuées aux qualités de production ($h^2 > 0,4$).

La méthode de sélection à utiliser dépend, entre autres, de ce coefficient. Lorsque l'héritabilité est faible, l'environnement devrait avoir un effet significatif sur l'expression des caractères. Il est donc nécessaire d'augmenter la quantité d'informations sur chaque individu et ses proches, ainsi que de corriger les données pour les facteurs environnementaux systématiques aux effets connus. Le potentiel d'amélioration génétique dépend largement de l'héritabilité du caractère mesuré et sa relation avec d'autres traits d'importance économique [135].

Il est à noter plus que l'héritabilité est forte, plus le potentiel pour le progrès génétique ne sera élevé. Ainsi, les caractères d'héritabilité élevée ou modérée sont facilement améliorés par la sélection. En général, les caractères en relation avec la reproduction (taille de la portée, nés vivants, sevrés, etc...) se caractérisent par une faible héritabilité ($h^2 < 0,2$), leurs améliorations proviennent de l'exploitation de l'hétérosis. Aussi l'application de méthodes plus précises pour prédire la valeur génétique additive (valeur de reproduction) des animaux est nécessaire [136].

Par ailleurs, l'hétérosis ou encore la vigueur hybride peut être définie comme l'ensemble des performances d'élevage obtenues d'animaux croisés et sont meilleures que celles obtenues avec la moyenne des deux races parentés pures. Elle peut concerner le jeune lapin (sa viabilité, par exemple), la lapine croisée (fertilité, production laitière) ou le mâle croisé (capacité sexuelle, fertilité).

La méthodologie la plus répandue dans le monde pour prédire les effets génétiques (additifs et non additifs) et estimer les effets environnementaux systématiques qui affectent le caractère a été développée par Henderson en 1975. Elle est connue sous le nom de BLUP (Best Linear Unbiased Prediction = meilleur prédicteur linéaire non biaisé). Il permet d'évaluer génétiquement les animaux en utilisant des modèles de répétabilité pour la taille de la portée et en sélectionnant la descendance parmi les accouplements les mieux évalués [136].

2.1.2. Répétabilité :

Théoriquement, au sens large, la répétabilité (p) est la limite supérieure de l'héritabilité [137]. Elle est utilisée pour caractériser le degré de ressemblance entre les différentes performances obtenues. Elle est égale au coefficient de corrélation entre les performances successives d'un même individu.

En général, la bibliographie souligne une répétabilité faible à modérée pour les caractères de la portée [135, 138,139]. Elle est estimée entre 0,08 et 0,34 pour la taille de la portée (naissance, sevrage et abattage), et entre 0,09 et 0,20 pour le poids de la portée.

2.1.3. Corrélations :

C'est un coefficient permettant de mesurer chez le même individu, la liaison entre deux caractères. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre deux caractères indiquent comment le changement dans un caractère affecte le deuxième [140]. La corrélation (r) varie entre -1 et +1. Ainsi, une valeur nulle indique qu'il y a une indépendance entre les valeurs additives pour les deux caractères.

2.2. Amélioration et progrès génétique du lapin :

Le progrès génétique représente la supériorité de la valeur phénotypique des descendants par rapport à celle des parents. Les avantages de l'application du programme d'amélioration génétique s'observent à long terme assurant des bénéfices durables. L'objectif final d'un programme génétique est la diffusion du matériel génétique sélectionné à travers les fermes d'élevages [141,142].

Le développement récent de nouvelles lignées est important dans l'industrie du lapin. La fondation de nouvelles lignées pourrait être intéressante pour augmenter la productivité des lapins. Un bon nombre des lignées spécialisées récemment développées dans le monde sont des lignées synthétiques qui résultent d'un croisement planifié de lignées pures et/ou croisées et menées de manière à produire une population composite. Ces populations synthétiques sont généralement formées pour combiner les caractéristiques souhaitables [143]. Aussi, les programmes d'amélioration génétique doivent être suivis pour atteindre des niveaux élevés de productivité et faire ressortir le matériel génétique des populations ou des souches ciblées [144].

Par ailleurs, la performance d'un animal est sous l'influence combinée de facteurs environnementaux et des facteurs génétiques (le génotype de l'animal) :

- L'environnement peut agir de manière aléatoire ou systématique : Il existe de nombreux facteurs environnementaux systématiques qui affectent les caractères tels que la saison [12,145] et dont les effets peuvent masquer les différences génétiques entre les animaux s'ils ne sont pas pris en compte correctement. Il est à noter que les facteurs environnementaux qui vont conditionner l'état psychique et nutritionnel des femelles gestantes affectent les cellules somatiques et germinales du fœtus (effet épigénétique) et modulent les caractères, notamment maternels, de leurs descendants voir même sur plusieurs générations [146].
- D'autre part, seule une partie des caractéristiques du génotype des parents est transmissible aux descendants [147], c'est une différence de potentiel entre les animaux qui est due à des différences entre leur séquence d'ADN héritée selon les lois mendéliennes [146]. Le sélectionneur a besoin de connaître une estimation précise de cette partie génétique transmissible non observable afin de choisir les animaux destinés à la reproduction. Cette partie transmissible est appelée valeur génétique additive [148].

Le schéma de diffusion de l'amélioration génétique chez le lapin est de type pyramidal (**Figure 2.1**), similaire à d'autres espèces prolifiques comme le porc ou la volaille. Le sommet de la pyramide est représenté par la sélection des lignées (maternelle, paternelle ou mixte) qui a lieu dans le noyau de sélection. Les noyaux de sélection doivent contenir des animaux en bonnes conditions sanitaires, de haute capacité de production et suivent un programme génétique bien déterminé [149]; bien qu'il soit nécessaire de souligner que ces animaux à haute valeur génétique doivent être élevés dans de bonnes conditions environnementales pour pouvoir exprimer leur plein potentiel [150].

L'amélioration génétique obtenue dans le noyau de sélection est généralement distribuée à la population commerciale à travers un schéma de croisement à trois voies [142, 150, 151,152]. Il comprend :

- Un premier croisement implique deux lignées maternelles pour générer des femelles croisées, utilisées comme femelles pour la production dans les exploitations commerciales. Les femelles croisées devraient présenter une meilleure performance de reproduction que la moyenne des femelles des races pures. Le croisement entre les lignées maternelles permet de profiter d'une hétérosis positive attendue dans les caractères reproductifs, la complémentarité éventuelle entre les lignées, la réduction du coût du matériel génétique et la dissipation de la consanguinité accumulée au sein des lignées sélectionnées [153]. On s'attend à ce que l'hétérosis initiale exprimée dans le croisement se maintienne au fil des générations de sélection et que le progrès génétique obtenu en sélectionnant les lignées maternelles soit capitalisé au-dessus de l'hétérosis et exprimé dans les femelles croisées [153].

- Un deuxième croisement consiste à accoupler ces femelles croisées à des mâles de lignée paternelle afin de produire les lapins destinés à la boucherie. Les lignées paternelles sont sélectionnées pour améliorer le taux de conversion des aliments. Il s'agit du trait le plus important sur le plan économique dans la production de viande de lapin, mais la mesure du taux de conversion des aliments par individu est coûteuse et n'est pas facile à mettre en œuvre dans les élevages de lapins. En effet, le taux de conversion alimentaire montre une corrélation génétique négative avec le gain quotidien moyen qui est facile à enregistrer et qui est utilisé avec un coût minimum [154].

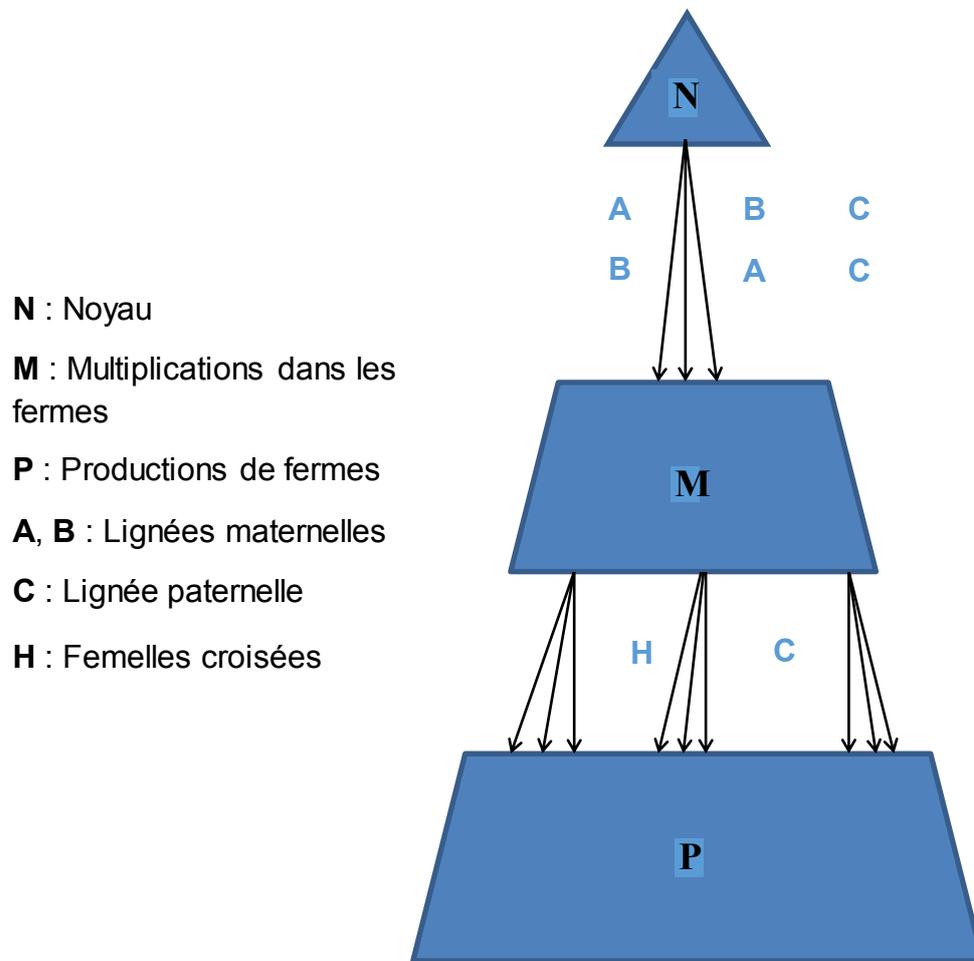


Figure 2.1 : Schéma de la diffusion du progrès génétique[144].

La procédure expérimentale pour l'évaluation des ressources génétiques raciales a été définie par Dickerson [155]. L'objectif des expériences de croisement entre races ou souches est la recherche de la complémentarité et de l'hétérosis. Ainsi, le progrès génétique dépend de la sélection et de la diffusion de reproducteurs et il est calculé selon la formule suivante [156] :

$$\Delta A = PG/gn = P (Gn+1) - P(Gn) = A (Gn+1) - A(Gn)$$

ΔA : Progrès génétique

PG/gn : Progrès génétique par génération

P : Performance moyenne

A : Valeur génétique additive moyenne

($Gn+1$) : Génération des descendants

Gn : Génération parentale

La création de populations adaptées aux besoins exigés nécessite l'exploitation de la variabilité génétique qui existe au sein des espèces d'élevage. Cela implique la combinaison des deux grandes méthodes complémentaires et non concurrentes d'amélioration génétique ; Le croisement et la sélection [141] :

- La sélection est le progrès génétique réalisé à l'intérieur d'une population et qui a pour objectif d'améliorer la valeur génétique additive moyenne de la population tout en conservant sa variabilité.
- Le croisement est l'amélioration qui résulte des différences entre les races (entre les populations). Son objectif est d'utiliser le profit des effets de l'hétérosis et de la complémentarité entre les lignées, de briser la consanguinité accumulée au sein des lignées et de répartir le coût de leur développement sur plus d'animaux. Dans ce cas, le croisement est associé à la sélection [144,156].

2.2.1. La sélection génétique :

La sélection a pour effet positif à court terme d'augmenter la valeur moyenne des populations pour les caractères sélectionnés [157]. L'objectif vise à sélectionner un lapin répondant aux besoins de l'éleveur et adapté aux conditions du milieu d'élevage [132]. Il s'agit de la force qui provoque la contribution différente et non aléatoire de chaque génotype à la génération qui suit [134].

Le processus de sélection implique la définition de l'objectif de sélection, la compréhension du déterminisme génétique des caractères sélectionnés et le choix approprié des sélectionneurs [158]. Selon Waltiaux et Howard [132], la sélection est la clef du progrès génétique. Chez le lapin, la sélection pour améliorer la productivité s'effectue dans trois directions : (1) améliorer la prolificité et la lactation (lignées maternelles), (2) améliorer le taux de croissance et les caractéristiques de qualité de la carcasse et de la viande (lignées paternelles) et (3) améliorer l'ensemble des traits de la portée et de la croissance (lignées mixtes). Le point de départ est donc de définir clairement la spécialisation de la lignée souhaitée. La décision de choisir un caractère défini comme objectif de sélection dépend de son poids économique, de son héritabilité, de sa variabilité et de ses relations avec les autres caractères [144,159]. Dans le

premier cas, la sélection est pratiquée principalement sur la taille de la portée à la naissance ou au sevrage, tandis que dans le deuxième cas, le gain de poids et/ou les caractéristiques de la carcasse sont considérés comme les critères de sélection les plus importants, et le troisième cas (mixte) concerne la sélection sur la taille de la portée, le poids de la portée, la production et les caractéristiques de la croissance après le sevrage.

Par ailleurs, la sélection des lignées maternelles est plus vaste, contrairement aux lignées paternelles ; elle peut concerner des caractères qualitatifs, quantitatifs ou comportementaux (**Tableau 2.1**). Cela permet de déduire que les objectifs de la sélection des lignées maternelles sont conduits vers la réduction des mortalités, l'augmentation de la productivité de la femelle et le maintien de la viabilité des lignées sélectionnées. Ainsi, la taille de la portée et les caractères de production de lait sont considérés comme des objectifs de sélection pour développer les lignées maternelles de lapins [16, 41,74]. Alors que la sélection des lignées paternelles vise l'augmentation de la fertilité, avec une aptitude de saillie, l'amélioration du gain moyen quotidien en pré et post sevrage, du poids et du rendement à l'abattage ainsi que la conformation de l'animal [160, 161,162].

L'amélioration obtenue grâce à la sélection est un processus cumulatif et stable, il est transféré à tous les maillons de la chaîne de production, générant de multiples avantages pour les établissements produisant des lapins de viande. L'industrie de la viande aura un meilleur approvisionnement et un produit avec une plus grande uniformité [158]. Selon Bonnes et *al.* [163], l'efficacité du choix peut être mesurée en comparant le progrès réalisé au progrès escompté à priori.

Le programme le plus ancien du développement de lignées spécialisées, actuellement actif, est le programme français mené par l'INRA (Institut Nationale de la Recherche Agronomique) qui a commencé en 1969 [164]. Il a été suivi par le programme espagnol mené conjointement par l'Université Polytechnique de Valence et le programme de l'IRTA (Institut de la Recherche Agroalimentaire et de la Technologie) qui a débuté en 1976 [142].

Tableau 2.1 : Les caractères de sélection en lignée maternelle et en lignée paternelle [165].

Caractères de sélection en lignée maternelle	Caractères de sélection en lignée paternelle
Conformation féminine	Testicules développés
Fertilité élevée	Fertilité élevée avec instinct de saillie
Taille de portée (naissance/sevrage)	Gain moyen quotidien en pré et post sevrage
Poids de la femelle à la 9 ^{ème} semaine	Poids et rendement à l'abattage
Production laitière : aptitude de la femelle à l'allaitement	Conformation
Capacité utérine et survie prénatale	
Poids de la portée ou poids individuel au sevrage	
Laparoscopie-ovariectomie et cryoconservation des embryons.	
TOBEC (total body electrical conductivity)	

Suite à la sélection, certaines lignées maternelles synthétiques sont développées en France (INRA2066, INRA2666 et INRA1777), en Espagne (lignes A, V, PRAT, H et LP), en Arabie Saoudite (ligne Saudi-2), en Egypte (ligne APRI) et en Uruguay (ligne NZW et V). Tandis que les lignées paternelles synthétiques développées sont : la ligne R en Espagne, Altex aux États-Unis, White Pannon en Hongrie, Alexandrie en Égypte et Saudi-3 en Arabie saoudite. Les lignes synthétiques mixtes développées sont INRA1077 en France, Caldes en Espagne, Botucatu au Brésil et Moshtohor en Egypte [159].

Les méthodes de sélection dans les lignées maternelles sont plus compliquées que dans les lignées paternelles. Cette difficulté est due au fait que les caractères de la taille de la portée ne sont pas exprimés dans les deux sexes ainsi que les faibles valeurs d'héritabilité des caractères de reproduction [142]. De plus, il est nécessaire de tenir compte du plus grand nombre d'enregistrements des données des parents et des descendants lors de l'évaluation génétique des femelles et des mâles. Cependant, ce nombre important d'enregistrements a pour conséquence d'augmenter l'intervalle de génération et pourrait diminuer l'intensité de la sélection car certaines femelles et

certain mâles peuvent être morts au moment de la sélection [144]. Pour cela, pour obtenir des prévisions impartiales des valeurs de reproduction, certains effets environnementaux et physiologiques doivent être inclus dans les modèles d'évaluation [48,166].

Les objectifs de sélection, ou caractères pour lesquels on recherche l'amélioration de la valeur génétique additive sont obligatoirement des critères ou de combinaisons de critères zootechniques ayant pour but de compléter la carrière reproductive d'une femelle. Ils ne sont pas nécessairement mesurables, mais doivent répondre à l'objectif global groupant les atouts d'une filière donnée [156]. Parmi les objectifs simples recherchés, on distingue ceux qui concernent la fertilité, la prolificité et la carrière de la femelle (longévité-précocité).

En effet, la prolificité (naissance ou sevrage) apparaît indiscutablement comme le critère le plus important et occupe la première place dans les objectifs globaux de la sélection en sein des races et lignées maternelles [48, 159,167]. Il y a certains avantages à considérer la taille de la portée au sevrage par rapport à l'utilisation du nombre total des nés vivants ; dans le premier cas, une prise en compte indirecte de la production laitière et de la capacité maternelle des femelles est également prise en compte. De plus, la taille de la portée au sevrage présente une corrélation génétique positive et élevée avec la taille de la portée à la commercialisation [166]. L'inconvénient d'utiliser la taille de la portée au sevrage comme critère de sélection est sa plus faible héritabilité par rapport au total des nés vivants [144]. Argenté *et al.* [98] ajoutent qu'une réduction de la variance environnementale de la taille de la portée pourrait augmenter l'héritabilité et par conséquent sa réponse à la sélection.

Par contre, si la majeure partie de la variation phénotypique est attribuable à des effets additifs (transmissibles), la sélection d'individus pour leur propre phénotype permettra d'obtenir une réponse adéquate [158].

Aussi, les corrélations génétiques avec les caractères de croissance ont une faible ampleur, ce qui signifie qu'aucun changement significatif des caractères de croissance n'est attendu en raison de la sélection sur taille de portée [168]. Par ailleurs, la taille de la portée à 63 jours présente un intérêt économique pour l'agriculteur bien qu'elle présente certains inconvénients : elle augmente l'intervalle de génération et est

également affectée par la mortalité post-sevrage qui est plus influencée par l'environnement que par les gènes de la mère [153]. C'est ainsi, qu'il a été préférable de sélectionner sur la taille de la portée à la naissance ou au sevrage. Nous résumons dans les tableaux ci-dessous les estimations bibliographiques de l'héritabilité des paramètres de la taille et du poids de la portée (**Tableau 2.2** et **Tableau 2.3**).

Tableau 2.2 : Héritabilités des traits liés à la taille de la portée (synthèse bibliographique)

Taille de la portée				Auteurs
NT	NV	NS	NC	
0,02-0,07		0,02-0,52		Ferraz <i>et al.</i> [169]
0,13		0,008		Lukhfer et Hamilton [131]
0,09	0,12	0,09	0,07	Rastogi <i>et al.</i> [170]
0,10	0,07	0,047	0,047	Garcia et Baselga [30]
0,04		0,08		Al-Saef <i>et al.</i> [171]
0,15	0,13	0,11	0,12	Garcia et Baselga [172]
0,14	0,10	0,08	0,08	Ragab et Baselga [173]
0,09	0,12	0,10		Aboukhadiga <i>et al.</i> [74]
0,109	0,102	0,086		Bolet <i>et al.</i> [23]
	0,093			Robert et Garreau [174]
	0,068			
0,10				Blasco <i>et al.</i> [175]
0,08		0,09		El-Daghadi [176]

NT : nombre des nés totaux ; NV : nombre nés vivants ; NS : nombre des sevrés ; NC : nombre des commercialisés

Tableau 2.3 : Héritabilités des caractères liés au poids de la portée.

Poids de la portée			Auteurs
NT	NS	NC	
	0,09	0,02	Rastogi <i>et al.</i> [170]
0,15	0,15		Al-Saef <i>et al.</i> [171]
0,11(Apri line)	0,10		Aboukhadiga <i>et al.</i> [19]
0,10(V line)	0,09		
0,11	0,10		AbouKhadiga <i>et al.</i> [74]
0,124	0,10	0,158	Bolet <i>et al.</i> [23]
	0,47	0,30	Hanaa <i>et al.</i> [177]
0,098 (population française)			Robert et Garreau [174]
0,097(population chinoise)			
0,07	0,09		El-Daghadi [176]

NT : nombre des nés totaux ; NS : nombre des lapereaux sevrés ; NC : nombre des lapereaux commercialisés

D'autres critères sont considérés pour la sélection des lignées maternelles dans le but d'améliorer la capacité maternelle, la prolificité ou les deux. Ces critères sont le nombre de tétines [152], le poids du lapereau au sevrage [178], le poids de la portée au sevrage ou la production laitière totale [16, 50, 55,171] et l'hyper prolificité. Cette dernière s'est avérée être un moyen efficace pour améliorer la taille de la portée à la base de la création des lignées [179]. Une sélection intensive des caractères de production et de reproduction sans tenir compte des caractères fonctionnels et extérieurs peut entraîner une diminution de la longévité [180]. C'est la raison pour laquelle par la suite, la longévité fonctionnelle est retenue comme critère de sélection pour plusieurs expériences [145,181] et la lignée INRA 1077 a été le produit d'une telle sélection [161].

D'autres critères de sélection s'imbriquent dans le cadre d'une sélection indirecte. Il s'agit de sélectionner la capacité utérine ou l'un des composantes de la taille de la portée, c'est-à-dire la survie prénatale ou le taux d'ovulation afin d'améliorer indirectement la taille et le poids de la portée à la naissance. Cela est lié à l'héritabilité plus élevé du taux d'ovulation que celle de la taille de la portée [46, 182,183].

Par ailleurs, la résistance aux maladies en cuniculture est une nouvelle stratégie de sélection étudiée mondialement dans un but de protection et d'amélioration de la santé du cheptel cunicole [184,185].

La sélection génétique permet d'améliorer la résistance des animaux aux maladies. Elle se base sur l'identification des animaux présentant une meilleure résistance à la maladie et à leur utilisation comme reproducteurs pour qu'ils transmettent leurs aptitudes à leurs descendants .Le phénotype (caractère à mesurer) dans ce cas de sélection, doit avoir une relation avec la santé animale et peut faire part à de nombreux exemples : mort/vivant, durée de survie, quantité de pathogène, présence de signes cliniques de maladie, taux d'anticorps [184]. Une composante génétique est mise en évidence pour de nombreux caractères de résistance aux maladies, que ce soit des maladies spécifiques (coccidiose, pasteurellose, myxomatose et la maladie virale hémorragique) [185,186] ou non spécifiques tels que les troubles digestifs et respiratoires [184,185].L'apparition des outils génomiques du lapin ouvre des perspectives prometteuses pour l'amélioration de sa résistance aux maladies.

2.2.1.1. Paramètres de sélection :

D'après Beaumont et Chapins [187], l'efficacité de la sélection et l'espérance du progrès génétique par unité de temps dépendent de quatre paramètres :

- L'intensité de sélection : il s'agit du pourcentage d'animaux retenus par rapport aux nombre d'individus mesurés.
- Coefficient de détermination génétique qui correspond à la précision de l'estimation de la valeur des individus choisis à la sélection. Son estimation fait appel en particulier à l'héritabilité du caractère et au nombre des performances utilisées si elles sont répétables.

- La variabilité génétique du caractère sélectionné. Selon Calteau [188], les paramètres de la variabilité doivent être obtenus à partir d'une population non encore soumise à la sélection.

- L'intervalle de génération : pour une accumulation rapide des progrès génétiques à chaque génération sélectionnée, il faut réduire l'intervalle de génération. Il s'agit en effet de mettre à la reproduction des animaux connus uniquement sur les performances de leur ascendance [187,189]. Elsen [189] confirme que le gain génétique est d'autant plus important que la sélection est plus intense, précise, rapide et que le caractère est plus variable génétiquement. Ces atouts sont souvent présents en élevage cynicole.

Par ailleurs, face à l'accroissement de la productivité des animaux de ferme, suite à la sélection, ainsi que le gain génétique obtenu, les inconvénients de la sélection ne sont pas négligeables, à savoir :

- L'augmentation de la consanguinité qui conduit à l'augmentation des tares et des maladies génétiques récessives [176]. Il faut savoir que le coefficient de consanguinité dépend du degré parenté des animaux, et il a un effet significatif sur les performances de l'élevage telles que la réduction de la taille de la portée, le poids et l'arrivée à la puberté [136].
- Réduction de la variabilité génétique à long terme et donc ralentissement du progrès génétique [157,176].
- Les performances de reproduction doivent être améliorées dans un programme de sélection, mais l'inconvénient est la réponse qui est probablement très faible surtout pour le caractère de prolificité [50].

2.2.1.2. Réponse à la sélection en reproduction :

L'évaluation génétique et la sélection continue des caractères économiques sont très utiles pour augmenter les performances de production et de reproduction. Cela aidera les producteurs de lapins à augmenter leur production et leurs bénéfices [176]. La plupart des lignées maternelles sont sélectionnées en fonction de la taille de la portée

au sevrage (**Tableau 2.4**) car ce caractère reflète à la fois la prolificité ainsi que la capacité maternelle et d'allaitement de la femelle [190].

En ce qui concerne la réponse à la sélection dans les lignées maternelles, les réponses estimées varient entre 0,08 à 0,18 lapereau par portée et par génération, pour les nés totaux, vivants ou sevrés [30, 159, 191,192]. Les estimations des réponses des caractères de croissance, lorsque la sélection porte sur la taille de la portée, ont également été étudiées et les résultats n'ont pas montré de réponses significatives pour les poids au sevrage [193,194]. Cependant, De Rochambeau *et al.* [39] ont signalé une diminution du poids individuel au sevrage lors de la sélection sur la taille de la portée.

Tableau 2.4 : Réponses à la sélection directe sur la taille de la portée au sevrage (NS), le nombre des nés vivants (NV) ou le poids de la portée au sevrage (PPS) (synthèse bibliographique)

Lignées	Génération(s) étudiées (nb)	Critère de sélection	Réponse estimée (Lapin/génération)	Auteurs
APRI	6	PPS	34,2g/génération	Aboukhadiga <i>et al.</i> [74]
V	3	NS	0,49	Ibanez <i>et al.</i> [182]
V	15 et 21	NS	0,085	Garcia et Baselga [191]
V	0-21	NS	0,09	
A	17 et 26	NS	0,085	Garcia <i>et al.</i> [195]
A	1-26	NS	0,175	
Prat	3	NS	0,09/an	Gomez <i>et al.</i> [83]
1077	18	NS	0,07	De Rochambeau [196]
1077	18	NS	0,08	
2066	18	NV	0,12	

Pour Baselga *et al.* [145], la sélection directe sur la taille de la portée, en utilisant toutes les informations de la famille et en intégrant les effets systématiques de l'environnement (saison, alimentation ou autres), enregistre des résultats de réponses variables. En général, ils sont inférieurs à ceux estimés ou attendus en raison de la faible héritabilité

des paramètres [197]. Rageb [144] mentionne également comme causes possibles : l'hétérogénéité du déterminisme génétique entre les mises bas, l'augmentation de la consanguinité, la faible pression de sélection et la dérive des gènes.

L'estimation de la réponse à la sélection sur la taille de la portée au sevrage est soulevée dans plusieurs études. García et Baselga [166] l'ont traité pour une lignée maternelle (A), en comparant les animaux de deux générations (17 et 26) aux techniques de cryoconservation d'une part et en estimant, d'autre part, la tendance génétique à l'aide de modèles BLUP sous un modèle additif à répétabilité. La réponse pour le nombre de lapins sevrés obtenue par la première méthode est de 0,085 lapin par génération, tandis qu'avec BLUP le résultat est significativement plus élevé, 0,175 lapin par génération. Cette divergence a conduit les auteurs à soupçonner la validité du modèle additif pour ce caractère. Cependant, des résultats similaires pour la même lignée mais intégrant des effets de dominance dans le modèle, ont été trouvés par Fernández *et al.* [198].

En revanche, Antonini *et al.* [199] ne trouvent pas de réponse à la sélection au nombre de lapins sevrés, spéculant que la variabilité observée pourrait être associée à des composants génétiques non additifs ou environnementaux.

Par ailleurs, en Egypte, la sélection sur le poids de la portée au sevrage pour la souche synthétique APRI montre une conformité avec les lignées maternelles spécialisées avec une tendance génétique positive. En effet, elle enregistre une prolificité à la naissance de 8,63 et 8,37 lapereaux respectivement pour les nés totaux et nés vivants ainsi qu'une prolificité au sevrage de 6,53 lapereaux avec un intervalle de génération de 10 mois. La tendance génétique directe pour le poids au sevrage des portées (critère de sélection) est de 34,2 grammes par génération [74].

Dans le cas d'une sélection qui porte sur la taille de la portée, les réponses corrélées aux caractères de croissance sont également étudiées. Il est en accord qu'une relation négative est mise en évidence entre la taille de la portée à la naissance et le poids moyen des lapereaux au sevrage [39,200], mais le poids total de la portée au sevrage augmente dans deux lignées maternelles différentes [39]. De plus, il existe toujours une relation négative, faible mais significative, entre la taille de la portée dont est issu le lapereau et son poids à 11 semaines [87]. Cela a incité, par la suite, à la modification de l'objectif de sélection dans la lignée maternelle y compris dans l'objectif d'améliorer le

poids à 63 jours [196]. Bolet *et al.* [87] concluent qu'en plus des performances de la taille de portée, il faut essayer d'augmenter, en même temps, la taille de la portée et le poids individuel, ce qui est aussi mentionné par Baselga [142].

De plus, comme l'héritabilité de la taille de la portée est faible, la possibilité de sélectionner sur le taux d'ovulation est proposée comme un moyen de sélection indirecte pour améliorer la taille de la portée. Une augmentation de 0,18 ovocytes/génération dans la lignée V [30] et 0,8 ovocytes dans la 13^{ème} génération de sélection dans la lignée A1077 [201] est observée. Cependant, dans une autre lignée (ligne A), García et Baselga [166] constatent que la survie fœtale est probablement le caractère réellement amélioré qui pouvait expliquer la réponse observée en termes de taille de portée. Laborda [202], montre que ce type de sélection augmente le taux d'ovulation de 1,5 ovocyte après six générations, mais les corrélations sont plus faiblement similaires à celles obtenues par sélection directe. Cela peut être dû à une augmentation de la mortalité prénatale. Cependant, dans une étude où la sélection est pratiquée sur le taux d'ovulation et les nés totaux, une réponse de 0,17 lapins par génération est obtenue. Ce type de sélection peut donc améliorer la réponse, par rapport à la sélection directe de la taille de la portée [203].

De nombreuses expériences de sélection sur l'hyper prolificité sont menées chez le porc obtenant des résultats positifs mais avec une augmentation du taux de mortinatalité et la diminution du poids moyen du porcelet à la naissance [204,205]. Chez le lapin, à notre connaissance, une seule lignée hyper prolifique est fondée à ce jour [179]. Dans cette expérience, une grande intensité de sélection est appliquée. Les femelles hyper prolifiques devaient avoir une parité avec au moins 17 lapereaux nés vivants lorsque toutes les parités sont prises en compte. Les réponses concernant la taille de la portée sont estimées par comparaison avec la lignée V. Il est observé que la lignée hyper prolifique (H) présente une taille de portée plus élevée à la naissance et au sevrage à partir de la troisième parité. Actuellement, la lignée H est sélectionnée sur la taille de la portée au sevrage.

La sélection sur l'homogénéité du poids de lapereaux à la naissance fait également appel à une méthodologie très innovante [206] : un modèle introduisant une valeur génétique pour la moyenne des poids et une valeur génétique pour la variabilité des poids a permis de créer par l'INRA une lignée avec des poids des lapereaux

homogènes et une lignée avec des poids des lapereaux hétérogènes. Ainsi, le coefficient de variation du poids à la naissance a été réduit significativement dans la lignée homogène, sans variation significative du poids des lapereaux à la naissance ou au sevrage. La mortalité et la mortalité naissance-sevrage sont significativement plus faibles dans la lignée homogène.

2.2.2. Le croisement :

La sélection et le croisement sont complémentaires et ne sont en aucun cas concurrents. Ainsi, pour la création d'une nouvelle lignée, la première alternative se base sur l'utilisation de deux ou trois populations, quelles que soient leurs origines génétiques (race pure, synthétique ou croisée), qui sont clairement remarquables pour les traits importants pour la spécialisation souhaitée de la lignée [81]. L'étape suivante consiste à obtenir des animaux de ces populations et à les accoupler sans sélection pendant deux ou trois générations. La deuxième alternative repose sur l'application d'intensités de sélection très élevées pour les caractères d'intérêt dans de très grandes populations telles que les populations commerciales [207]

La création de la lignée H (Espagne) est un exemple intéressant pour expliquer cette complémentarité sélection-croisement. Une première étape du processus consiste à obtenir une descendance de mâles à partir d'un lot de femelles hyper prolifiques (20) accouplées à des mâles (9) appartenant à la lignée V. Dans la deuxième étape, les mâles obtenus dans la première étape (métis) sont croisés en retour à un nouveau lot plus important de femelles hyper prolifiques, afin d'accumuler les gènes de prolificité dans la descendance. La descendance obtenue est la génération de départ de la lignée H (génération 0). Après trois générations sans sélection, la sélection sur le nombre des nés vivants par portée est entamée [179].

L'objectif du croisement final est de produire un plus grand nombre de lapins croisés à croissance rapide que ce qui pourrait être produit par des animaux de race pure [208]. Par conséquent, un programme de sélection doit être axé sur l'amélioration de l'efficacité de deux types d'animaux : Les femelles et les jeunes sevrés. Il pourrait être réalisé en utilisant des femelles jeunes et croisées, de lignées spécialisées d'accouplement suivant un schéma de croisement à trois voies, qui nécessite un double croisement. Le premier croisement est l'accouplement de femelles appartenant à une lignée maternelle à des mâles d'une autre lignée maternelle pour obtenir les femelles

croisées. Celles-ci, dans un deuxième croisement, sont accouplées à des mâles d'une lignée paternelle pour obtenir les jeunes [207]. Par conséquent, le but final de l'amélioration génétique des lignées est l'amélioration des performances des femelles croisées et des jeunes métis. Cependant, peu importe les lignées utilisées dans le croisement, leur sélection, telle qu'elle est présentée, se fait à l'intérieur de la lignée en s'attendant à ce que la réponse soit également exprimée dans les croisements [142].

Par ailleurs, le croisement est une alternative pour améliorer les performances en raison des différences entre les populations. Il y a deux raisons de considérer les croisements entre les lignées. Tout d'abord, pour réunir, chez un même animal, des meilleures aptitudes complémentaires présentes soit dans une race, soit dans l'autre mais difficiles à réunir par sélection dans une seule race, il s'agit de la complémentarité. La deuxième raison est l'hétérosis (viguer hybride), où la F1 est généralement supérieure pour certains caractères à la moyenne des lignées parentales. Le croisement peut dans certains cas conduire à un accroissement de la variabilité génétique et avec un plan de croisement continu et la population ainsi formée est dite synthétique ou composite [22]. Des avantages supplémentaires peuvent être obtenus de l'hétérosis : la rupture de la consanguinité cumulée pendant le processus de sélection. Chez le lapin, de nombreuses expériences de croisement sont menées entre les différentes races et se sont basées sur l'estimation de l'hétérosis [22, 140, 153, 201, 208,209].

2.2.2.1. Le croisement et les paramètres de la portée :

La taille de la portée est principalement contrôlée par l'hérédité et peut être aussi améliorée par croisement entre races ou lignées au sein des races. Abou Khadiga [41], Nofal *et al.* [43], Abdel-Azeem *et al.* [65], ont mené une étude de croisement impliquant 16 génotypes issus de l'accouplement entre quatre races, dont 3 sont exotiques et une locale nommée l'égyptienne Red Baladi. Les croisements améliorent la taille de la portée à la naissance et au sevrage, ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Khalil et Afifi [210]. De plus, une hétérosis positive est observée pour ces deux caractères, ainsi qu'une supériorité positive est montrée pour la taille de la portée au sevrage. Cela indique la supériorité des portées croisées plus que leurs parents pour les caractères de la taille de la portée. Ces résultats peuvent être dus à la capacité de combinaison spécifique qui est attribuable à la variance génétique non additive.

Le croisement entre la Baladi Red (population locale) et les races exotiques améliore la taille de la portée à la naissance et au sevrage. De plus, l'effet du type de croisement est aussi démontré. La taille des portées croisées (à la naissance et au sevrage) issues d'un croisement entre un mâle Baladi Red avec les femelles exotiques enregistrent des résultats meilleurs que pour un croisement inverse. Cela peut être attribué aux meilleures habilités maternelles et de lactation chez les femelles exotiques comparées aux femelles de population locale [41,43].

Les poids individuels et de la portée (naissance et sevrage) sont améliorés pour les portées issues d'un croisement par rapport à celles issues de races pures [65]. Ces derniers auteurs expliquent que cette amélioration du poids des portées pourrait être liée à l'hétérosis qui apparait aux différents âges des lapereaux ainsi qu'à la supériorité des paramètres de la taille de portée. Le poids individuel moyen à la naissance pour les 4 races étudiées varie entre 46,2g et 46,9g, alors qu'il atteint après plusieurs types de croisement 47,5g et 50,5g. L'hétérosis positive et la supériorité démontrées pour le poids de la portée signifient que le simple croisement entre deux races pourrait améliorer le poids de la portée.

2.2.2.2. La création des souches synthétiques :

L'un des importants intérêts du croisement est la création des souches synthétiques à partir d'un plan de croisement continu (**Figure 2.2**) en utilisant des populations locales (L) et des lignées (ou races) exotiques (E).

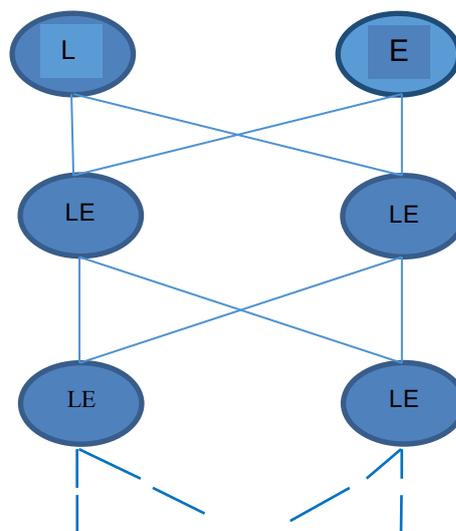


Figure 2.2 : Schéma représentant le plan du croisement des lignées synthétiques.

La création de lignées synthétiques est adoptée comme nouvelle stratégie pour améliorer la production de lapin dans les pays à climat chaud, comme l'Algérie, l'Égypte et l'Arabie saoudite [16, 17,20]. Ces lignées sont développées par croisement entre les lignées commerciales étrangères et les populations ou races locales de lapins, dans le but de parvenir à un compromis entre les performances des lignées commerciales exotiques et l'adaptation à la chaleur des populations natives [180]. Dans les élevages, les populations composites sont généralement formées pour combiner les gènes souhaitables pour des caractères commerciaux importants [17]. Ces lignées, selon leur spécialisation, fonctionnent mieux que les races d'origine (fondatrices) et la production actuelle a tendance à s'en remettre [159]. Les caractéristiques des différentes lignées synthétiques développées à travers les différents programmes sont regroupées dans le **tableau 2.5**.

Tableau 2.5 : Exemples de sélection des souches synthétiques [159].

	Races fondatrices	Critère de sélection	Méthodologie de sélection	Nombre (intervalle) de génération	Réponse de sélection par génération
<i>Expériences de sélection en France :</i>					
INRA2066 (Bolet et Saleil 2002)	Californien GiantHimalayan	NT	BLUP	+34 générations	NT=0,12 lapin/portée NS=0,07 lapin/portée PPS=34g/portée
INRA2666 Bolet et Saleil (2002)	INRA2066 V LINE	NT	BLUP		
INRA1777 Garreau et Rochambeau (2003)	INRA1077	NT+PPS+ Longévité	BLUP	+5générations	
<i>Expériences de sélection en Espagne :</i>					
Lignée V Estani <i>et al.</i> (1989)	4 lignées maternelles spécialisées	NS	BLUP sous un modèle de répétabilité	+30 générations (9mois)	NS=0,03 lapin/portée
Lignée PRAT Gómez <i>et al.</i> (1996) et	Populations fermées avec des animaux croisés	NS	BLUP sous un modèle de répétabilité		

(2002)					
Lignée H García-Ximenez <i>et al.</i> (1996)	Femelles hyper prolifique de la V line	NT	BLUP+ technique de cryo-préservation des embryons	+11 générations (9mois)	
Line LP Sánchez <i>et al.</i> (2008)	Line H	longévité +NT	BLUP		
Expériences de sélection dans les pays en développement :					
Saudi2 Arabie saoudite, Khalil <i>et al.</i> (2005)	V line et SaudiGabali	PPS+ poids à 84 jours	BLUP sous un modèle de répétabilité	+9 générations (9 mois)	NT= 0.18 lapin/portée; NS= 0.16 lapin/portée; PPS= 62 g/portée; PS= 8.6 g /lapin
APRI Egypte, Youssef <i>et al.</i> (2008)	V line et BaladiRed	PPS	BLUP sous un modèle de répétabilité	+5 générations	
ITELV2006 Algérie, Bolet <i>et al.</i> (2012)	INRA2666 Population locale	NT + P75J	REML appliqué pour un modèle animale +VCE software	+4 générations	

NT : taille de la portée à la naissance ; **NS** : taille de la portée au sevrage ; **PPS**: poids de la portée au sevrage ; **PS** : poids individuel au sevrage ; **P75J** : poids à 75 jours d'âge.

2.2.2.2.1. La création des souches synthétiques en France :

En 1995, une souche synthétique 2666 est produite à l'INRA à des fins commerciales de viande, en croisant deux souches sélectionnées, une espagnole «la lignée V» et l'autre française «2066» [212]. Le croisement des souches V et 2066 a entraîné des effets d'hétérosis directs significatifs sur tous les caractères analysés, et notamment sur la taille de la portée, soit à la naissance (13,6 % et 20,7% pour les nés totaux et nés vivants respectivement) ou au sevrage. Ainsi un effet d'hétérosis direct élevé de 13,3% pour le taux de mise bas. L'hétérosis maternelle (7,7%) est évidente pour le poids des femelles à la palpation mais pas pour les paramètres de prolificité [17]. Les résultats finaux de la souche synthétique 2666 et les caractères étudiés permettent de déduire que la souche a conservé des performances similaires à la souche V pour le poids des femelles et le taux de gestation, mais significativement meilleurs pour les caractères de taille de la portée [17].

2.2.2.2.2. La création des souches synthétiques en Arabie Saoudite :

L'Arabie Saoudite a aussi mis en place un projet de création de souches synthétiques après avoir importé, en 2000, la lignée V puis l'a croisée avec la race saoudienne du désert (SaudiGabali). Le résultat est la production de deux souches synthétiques, Saudi 2 et Saudi 3, une sélectionnée sur le poids de la portée au sevrage (lignée maternelle) et la deuxième, sélectionnée sur le poids individuel à 74 jours (lignée paternelle). La souche Saudi 2 montre des performances meilleures que la Saudi 3 pour les nés totaux et sevrés, le poids de la portée à la naissance et au sevrage. En revanche, les deux souches synthétiques présentent de meilleurs résultats en termes de taille et de poids de la portée à la naissance et au sevrage, et même la conversion alimentaire et la production laitière comparés à la moyenne des races fondatrices (V line et Saudi Gabali) [18].

2.2.2.2.3. La création des souches synthétiques en Egypte :

Abou Khadiga *et al.* [19] ont décrit en détail les différentes lignées synthétiques produites en Egypte en utilisant la souche synthétique espagnole V. Trois noyaux de la lignée V sont conservés en tant que lignées pures. Elles sont également utilisées pour produire des souches synthétiques : une lignée synthétique, appelée Alexandria, provient du croisement entre le Black Baladi x V et est sélectionnée sur le gain du poids

quotidien après le sevrage [63]. Une deuxième, la lignée Moshtohor (Sinai Gabali x V) est sélectionnée sur le poids de la portée et le poids vif à 56 jours. Enfin, la troisième est la lignée maternelle APRI elle est formée à partir du croisement entre le Baladi Red x V. Elle est sélectionnée sur le poids de la portée au sevrage [16].

Selon Abou Khadiga *et al.* [19], la lignée APRI sélectionnée sur le poids de la portée au sevrage présente une faible héritabilité pour les paramètres de poids de la portée (0,11 à la naissance et 0,10 au sevrage), ainsi qu'une répétabilité de 0,31 et 0,16 [213].

2.2.2.4. La création des souches synthétiques en Algérie :

En Algérie, en 2003, une souche synthétique est créée selon un schéma de croisement entre les femelles de la population locale et les mâles de la souche française INRA 2660. Ainsi, la souche synthétique ITELV2006 est produite. Cette souche synthétique montre une bonne adaptation aux conditions d'environnement locales. Elle a présenté un poids plus élevé (+15%), un gain de poids quotidien supérieur (+19%) et une meilleure conversion alimentaire (4,81 vs 3,92) comparée à la population locale [26].

Concernant les caractères de reproduction, la souche synthétique enregistre une amélioration de la taille de la portée de plus 20% [24,52]. Celle-ci est liée à l'amélioration de l'une des composantes de la taille de la portée. Il s'agit du taux d'ovulation. En effet, Belabbas *et al.* [52] enregistrent un taux d'ovulation élevé pour la souche synthétique ITELV2006 (13,29 ovules) et qui est similaire à celui des autres lignées maternelles de lapin (Ragab *et al.* [173] pour les lignées espagnoles et Salvetti *et al.* [214] pour les lignées françaises). La souche synthétique ITELV2006, à 72 heures *post coitum*, présente plus 50% d'embryons et un développement embryonnaire tardif par rapport à la population locale [52].

Le progrès génétique de la souche ITELV2006 est étudié par Bolet *et al.* [23] pour 4 générations sélectionnées sur la taille de la portée à la naissance et le poids à 75 jours d'âge. Les auteurs mentionnent une héritabilité de la taille de la portée entre 0,08 et 0,11 et celle du poids (naissance, sevrage et abattage) est dans le rang de 0,12-0,16. Le gain du poids journalier présente une héritabilité de 0,14. La souche synthétique a montré un progrès génétique pour l'ensemble des traits de la portée étudiés à l'exception du poids moyen individuel à la naissance. Gacem *et al.* [21] concluent l'intérêt du croisement et la création de cette souche synthétique qui marque une

augmentation très significative du poids de la femelle et ses performances de prolificité. Elle manifeste les mêmes qualités d'adaptation aux conditions locales, en conservant sa supériorité aux deux populations locales algériennes quelle que soit la saison. En revanche, les performances de croissance des lapereaux sous la mère et en engraissement sont modestes, ceci est lié en partie à une formule mal équilibrée de l'aliment.

CHAPITRE 3

FACTEURS DE VARIATION DU POIDS A LA NAISSANCE

Chez les mammifères, y compris le lapin, la masse corporelle à la naissance est un indicateur important de la croissance et de la survie post natales précoces [215]. Szendro *et al.* [37] affirment que pour garantir une bonne viabilité, il est essentiel d'avoir des lapereaux nouveau-nés avec un poids à naissance homogène au sein d'une portée, ce qui leur permettra d'occuper un bon espace chaud dans la boîte à nid et à d'avoir une quantité de lait suffisante pendant l'allaitement très court chez le lapin. Ces facteurs déterminent dans le futur leur croissance et leur état corporel.

D'autre part, le poids des lapereaux à la naissance est influencé par plusieurs facteurs pendant la période de gestation : taille de la portée, état physiologique, nutrition, position intra-utérine et vascularisation des fœtus [216].

3.1. Les facteurs de variation du poids à la naissance :

3.1.1. Les facteurs liés à la femelle :

3.1.1.1. L'effet du poids de la femelle :

L'effet de la taille et du poids de la femelle sur le poids des lapereaux à la naissance est probablement lié à l'espace disponible dans la cavité abdominale, dans l'utérus et à la distribution des nutriments fournis par les vaisseaux sanguins [37].

Les lapines de grande taille ont plus d'espace (abdominal et utérin) pour la croissance de leurs lapereaux [217]. En effet, ces derniers auteurs ont montré une différence de poids importante à la naissance en fonction des races de lapin étudiées (Fauve de Bourgogne, Chinchilla, British Spot et la race blanche de New Zealand), avec un poids à naissance plus élevé chez les races les plus lourdes. Lors de la comparaison d'une lignée terminale (sélectionnée sur la vitesse de croissance entre 28 et 70 jours d'âge) et de lignées maternelles (sélectionnées sur la taille de la portée au sevrage), Vicente *et al.* [218] constatent également des différences de poids à la naissance en fonction du poids vif de la femelle.

3.1.1.2. L'effet de la parité :

Plusieurs expériences relèvent l'influence de l'ordre de la parité de la femelle reproductrice sur le poids de sa portée. Selon Bolet *et al.* [87], le poids des lapereaux à la naissance augmente significativement en fonction de la parité de la femelle. Cette augmentation serait de l'ordre de 10% entre le stade nullipare et primipare [219]. Cette différence est expliquée du fait que les femelles nullipares, lors de la saillie, n'ont pas encore atteint leur poids adulte et une part importante de leur alimentation (énergie) est utilisée pour leur croissance, conduisant à des carences énergétiques et nutritionnelles chez les femelles soumises à un rythme reproductif intensif ou semi-intensif, avec une altération de l'efficacité reproductrice [37]. De plus, entre le stade primipare et multipare la différence de poids des portées est de l'ordre de 6% [220]. L'écart entre les parités s'observe jusqu'à la 4^{ème} voire même la 6^{ème} parité [14, 68, 221,222].

3.1.1.3. L'effet de la taille de la portée

La relation entre la taille de la portée et le poids à la naissance chez le lapin est décrite auparavant, il y a plus de 80 ans, par Hammond (1930 cité par Szendro *et al.* [37]. Hammond a déduit que dans les portées nombreuses, le poids moyen à la naissance est réduit. Bolet *et al.* [223] et Von Holst *et al.* [224] ont observé également une relation similaire chez le lapin sauvage européen. Cette diminution de poids s'observe entre la naissance et le sevrage.

Dans les portées nombreuses, le poids à la naissance des jeunes lapins est très hétérogène et les plus légers sont susceptibles de mourir très rapidement ou, s'ils survivent, ils seront plus sensibles aux maladies [87,225,226]. Ainsi, une sélection afin de réduire la variabilité intra-portée du poids à la naissance serait un défi intéressant, à condition qu'elle ne contribue pas à réduire le poids moyen.

Par ailleurs, chez les lapins de population locale algérienne, Zerrouki *et al.* [70] rapportent un écart de +31% du poids à la naissance entre les portées contenant 1 à 4 lapereaux et celles ayant 9 lapereaux ou plus.

3.1.1.4. L'effet de l'allaitement :

La particularité de la lapine, en reproduction, d'être simultanément gestante et allaitante, met l'utérus gravide et la glande mammaire en compétition pour les besoins

énergétiques au détriment de la croissance foetale, induisant des variabilités du poids des lapereaux à la naissance. Cette compétition devient de plus en plus importante avec l'intensité de la production laitière [227]. De plus, la production laitière chez les femelles gestantes réduit le poids des foetus (-20%) [93].

D'autre part, Farougou *et al.* [228] soulignent que 34% des lapereaux ne sont pas allaités à la naissance, et ce pourcentage est d'autant plus que la taille de la portée est importante. Aussi, le poids moyen de la portée est significativement élevé lorsque les lapereaux sont allaités comparé à celui de la portée dont les lapereaux ne sont pas allaités, sans relation fixe avec la taille de la portée. Cette différence de poids, estimée à 50g par portée, est la conséquence de la non disposition d'une quantité suffisante de lait juste après mise bas (ou au 1^{er} jour). David *et al.* [146] ajoutent que plusieurs caractéristiques liées au comportement maternel (motivation à allaiter, qualité du nid) impactent les performances de production et sont à l'origine des décisions de réforme des femelles par l'éleveur.

3.1.1.5. L'effet de la race (génotype) :

Le génotype de la mère et du foetus jouent un rôle essentiel dans la détermination du poids à la naissance, bien que le poids de la portée qui en résulte dépende essentiellement, à côté du génotype du foetus, du lait maternel disponible [65].

De nombreux chercheurs signalent que la race de la lapine a un effet sur le poids de la portée et le gain de poids corporel des lapereaux [221]. Ces derniers auteurs étudient les performances de reproduction et de production chez quatre différentes races de type moyen (Red Baladi, Rex, Californien et le Blanc de la nouvelle Zélande). La race a un effet significatif sur le poids de la portée à la naissance, à 14 jours et même au sevrage.

Par ailleurs, les femelles croisées présentent des poids de la portée à la naissance et au sevrage plus élevés que ceux des femelles de races pures. La supériorité du poids des portées croisées peut être due à la vigueur hybride apparue à différents âges des lapereaux et à la supériorité des caractères de la taille de portée [65,229].

3.1.1.6. L'effet de la position et du nombre de fœtus par corne :

Le poids des fœtus est lié à leur position dans la corne utérine. En effet, les fœtus les plus lourds sont localisés dans la position la plus proche de l'oviducte et les fœtus les plus légers, se développent dans les positions intermédiaires [216,230]. Bautista et *al.* [215] confirment, d'après leur étude que, chez le lapin, la localisation du site d'implantation le long des cornes utérines est un facteur majeur qui contribue aux différences individuelles des poids des lapereaux de la même portée, de leur croissance et même de leur survie post natale. De plus, l'effet maternel défavorable sur le poids est lié au nombre total des fœtus. Ainsi, plusieurs études rappellent qu'une augmentation du nombre de fœtus par corne utérine est accompagnée par une diminution significative de leur poids [215, 216, 231,232]

3.1.1.7. L'effet de l'espace utérin disponible par fœtus :

Le poids des fœtus dépend également de l'espace utérin disponible dans la corne utérine. Un minimum d'espace est nécessaire entre deux embryons implantés pour leur croissance et leur survie. Si l'espace est trop petit, l'un d'eux, ou même les deux, meurent [37]. Selon Hafez [233], la distance minimale entre deux embryons implantés est de 2 mm.

Après le 8^{ème} jour de gestation, la croissance des fœtus augmente et en conséquence, l'espace utérin disponible nécessaire pour leur développement est également plus grand. D'autre part, la disponibilité de l'espace utérin varie selon le positionnement des fœtus dans la corne utérine (près de l'oviducte, partie moyenne ou extrémité cervicale) et influence la probabilité de survie du fœtus [234].

3.1.1.8. L'effet de l'apport sanguin et du nombre de vaisseaux sanguins par fœtus :

L'approvisionnement en sang des fœtus, à travers leur mère, est d'une grande importance car les fœtus reçoivent tous les nutriments par les vaisseaux sanguins. L'apport vasculaire utérin atteignant chaque site d'implantation semble avoir un effet important sur le développement des fœtus et de leurs placentas, ainsi que sur la survie fœtale [232,235]. Un apport sanguin réduit est associé à un poids fœtal et placentaire plus faible et une probabilité de mortalité plus élevée [236].

Le poids des fœtus dépend aussi du nombre des vaisseaux sanguins arrivant au niveau du site d'implantation [232]. En examinant le lien entre le nombre de vaisseaux sanguins et l'espace utérin disponible par fœtus, Argente *et al.* [98,234] ont observé que la distance entre les fœtus adjacents est plus grande s'ils étaient irrigués par un nombre élevé de vaisseaux sanguins.

Dans le but d'augmenter le poids, le nombre de lapereaux à la naissance et de réduire la mortalité fœtale, il pourrait être théoriquement conseillé de sélectionner des lapines ayant un nombre important de vaisseaux sanguins par corne utérine ou par placenta [37].

3.1.2. Les facteurs liés à l'environnement :

3.1.2.1. L'effet de l'alimentation :

Un régime alimentaire équilibré est nécessaire pour satisfaire les besoins en nutriments et en énergie de la lapine. Pendant la gestation, la femelle doit assurer une nutrition pour elle-même et pour ses fœtus. L'apport alimentaire des femelles augmente au cours du premier stade de la gestation et diminue de façon spectaculaire durant la troisième partie de la gestation [237].

Cependant, pendant la troisième partie de la gestation, les fœtus se développent rapidement, l'approvisionnement en sang fœtal augmente parallèlement à la croissance des fœtus et la femelle doit donc mobiliser ses réserves énergétiques (graisses) pour ses fœtus [238]. Chez les lapines ayant une prolificité importante, une couverture insuffisante des besoins de gestation limite la croissance individuelle des fœtus [87].

Par ailleurs, une alimentation restreinte durant toute la gestation a un effet défavorable sur le poids des lapereaux à la naissance. Selon Hafez *et al.* [233], pour une quantité d'aliment de 280g, 140g ou 57g par jour et par lapine, le poids des lapereaux à la naissance est respectivement de 54g, 55g et 36 g. De même, une diminution de poids de la portée à la mise bas (-20%) et celui des lapereaux à 28jours de la gestation (-24%) est notée chez les femelles ayant une alimentation restreinte [93]. .En revanche, une restriction alimentaire durant les deux ou les trois premières semaines de la gestation, suivie d'une alimentation *ad libitum*, peut être avantageuse, car lors du retour à l'alimentation *ad libitum*, une augmentation de la consommation alimentaire est observée [239].

Selon Manal *et al.* [240], l'application d'une alimentation restreinte pendant le premier tiers de la gestation suivie d'une alimentation *ad libitum* augmente considérablement la consommation alimentaire et peut être une méthode efficace pour augmenter le poids à la naissance en augmentant l'apport nutritif aux lapereaux durant la gestation.

3.1.2.2. L'effet de la saison de naissance :

La température élevée a un double effet : elle affecte directement les fonctions physiologiques de la femelle et réduit l'ingéré alimentaire [37]. Lublin et Wolferson [241] comparent l'effet de la température chez deux groupes de femelles : le groupe contrôle (26 °C) et celui du stress thermique (36 °C). Ces auteurs observent une diminution de 20 à 30% du flux sanguin vers les différentes parties de l'utérus chez le groupe de femelles soumises à des températures élevées, ce qui pourrait affecter négativement le développement des fœtus.

L'étude d'Abdel-Monem *et al.* [242] sur les performances de reproduction chez le lapin en saison froide et chaude a relevé un effet significatif de la température sur le poids des lapereaux à la naissance (52,7g vs 41,5g). En revanche, Zerrouki *et al.* [14,70], n'ont pas pu observer un effet significatif de la saison sur le poids de la portée à la naissance ou durant les 3 premières semaines. Par contre, le poids au sevrage est plus faible en été qu'en hiver. Par ailleurs, Moulla et Yakhlef [67] observent un effet significatif de la saison sur le poids total des lapereaux nés vivants de population locale algérienne. Le poids le plus élevé est enregistré pendant l'automne (298g), alors qu'en été, il est plus faible (258g). Chez les lapins de différentes races égyptiennes, le poids à la naissance est plus faible en période de températures élevées [242,243]. Abdel Azeem *et al.* [65] expliquent que pendant les mois chauds une diminution de la consommation alimentaire des femelles gravides est notée, elle est suivie d'une dépression de l'activité thyroïdienne ainsi qu'une diminution des taux métaboliques affectant négativement le poids de la portée et le poids moyen du lapereau à la naissance.

L'impact négatif du stress thermique sur le poids à la naissance peut être réduit par des supplémentations en antibiotiques, en probiotiques et en minéraux. Ces molécules ont fait l'objet de plusieurs travaux et donne également un résultat positif [11, 243,244].

3.2. L'effet du poids de la portée à la naissance sur d'autres caractères :

Le poids à la naissance est lié à plusieurs paramètres de comportement, à des caractères de production et de reproduction, tels que le comportement des lapereaux dans le nid, leur consommation du lait, la mortalité, les performances de la croissance, les caractéristiques de la carcasse, la qualité de la viande et les performances de reproduction de la lapine.

3.2.1. Le comportement des lapereaux dans le nid :

A la naissance, le lapereau né glabre et aveugle, il fait partie des nouveau-nés "gras". Ainsi, au 28^{ème} jour de gestation, il contient 3,4% de lipides et le jour de la naissance, la proportion atteint rapidement 5,8% par rapport au poids vif. L'ensemble du tissu adipeux est constitué principalement du tissu adipeux brun (5,5% du poids vif), assurant sa thermorégulation. Il est situé sur le cou et les épaules. En revanche, le tissu adipeux blanc (1,4% du poids vif) assure sa réserve énergétique. Par ailleurs, au cours de leurs 5 à 7 premiers jours de vie, la capacité instantanée de production d'énergie des lapereaux à partir du tissu adipeux brun est insuffisante pour compenser les pertes thermiques par la peau notamment si la température "ambiante" (dans le nid) est inférieure à 33-35°C. En effet, les poils ne sont pas encore poussés pour assurer l'isolation de la peau. Cette protection est provisoirement assurée par le poil de la mère qui a servi à confectionner le nid [245].

Garcia Torres *et al.* [246] ont étudié la relation entre le tissu adipeux et le comportement des lapereaux au nid. Suite à une exposition dès la naissance des lapereaux à des températures basses pendant les 3 premiers jours. Ces auteurs observent que les lapereaux situés à la périphérie du nid sont moins en mesure de maintenir leur température corporelle, car ils épuisaient presque complètement leurs réserves de tissu adipeux brun et leur sérum présente une concentration en triglycérides inférieure à celle des lapereaux situés dans la partie centrale du nid.

D'autres travaux étudient le rapport entre le poids des lapereaux et leur position dans le nid. Les lapereaux les plus lourds restent souvent au milieu du nid et dans 94% du temps d'observation ils sont restés immobiles. Cependant, les plus faibles sont près du bord de la boîte à nid et cherchent à se déplacer vers un endroit plus chaud [247].

3.2.2. Allaitement et prise de lait :

La survie et la croissance des lapereaux nouveau-nés dépendent de la quantité de lait consommée. Pour les lapereaux ayant un poids faible, la première tétée joue un rôle important pour leur survie car la femelle n'allaité généralement sa portée que le lendemain de sa mise bas. Argente *et al.* [248] observent des lapereaux avec un estomac vide au moment de la mesure du poids à la naissance. Ces derniers auteurs ont mis en évidence une relation entre le poids à la naissance et le pourcentage des lapereaux non allaités. Ce dernier est supérieur à 50% lorsque le poids à la naissance était inférieur à 40 g. En revanche, il est inférieur à 10% pour les lapereaux avec un poids à la naissance supérieur à 65 g.

Farougou *et al.* [228], enregistrent un poids à la naissance de plus 25% dans les portées allaitées par rapport aux portées non allaitées. Zerrouki *et al.* [249] classent les lapereaux à la naissance par catégorie en fonction de leur poids. Les lapereaux classés dans la catégorie « poids faible » tètent la plus faible quantité de lait et les différences entre les catégories de poids ont augmentent entre la première et la 3^{ème} semaine d'âge.

3.2.3. Mortalité des lapereaux :

Les lapereaux avec un poids faible à la naissance présentent de nombreux risques. En effet, leur viabilité est faible, ceci est lié à un poids du tissu adipeux brun réduit. Ils se trouvent souvent seuls dans les bords les plus frais du nid ce qui entraîne une perte de chaleur plus élevée. De plus, ils consomment moins de lait par rapport à leurs compagnons ayant un poids plus lourd. Par ailleurs, plusieurs auteurs ont mis en évidence une relation étroite entre la température corporelle, le poids à la naissance et la mortalité [246,247].

La survie des lapereaux en pré-sevrage dépend de leur poids à la naissance et la mortalité est d'autant plus élevée quand le poids est faible. Elle dépasse les 50% pour un poids à la naissance inférieur à 50g [248]. L'égalisation des portées pourrait être une méthode efficace pour réduire la mortalité liée aux différences des poids des lapereaux à la naissance [230].

3.2.4. Performances des lapins en croissance :

Szendrő *et al.* [250] classent les lapereaux à la naissance en trois groupes selon le poids, faible (35-45 g), moyen (53-58 g) et lourd (65-70 g). Des écarts significatifs de poids ont été enregistrés entre les groupes à 3 semaines d'âge. Cependant, après le sevrage, la vitesse de croissance des lapereaux est rapide pour tous les groupes et les différences des poids entre les groupes s'amoinissent. Par ailleurs, Szendrő *et al.* [251] forment à la naissance des groupes de 6, 8 ou 10 lapereaux, avec des poids corporels compris entre 35 et 70 g dans chaque portée. À l'abattage (à 12 semaines), les auteurs étudient le poids selon les groupes et selon les portées d'origine. Compte tenu de l'effet combiné des deux facteurs, le poids à l'abattage des lapereaux nés lourds mais élevés dans une portée de 6 est significativement plus élevé que celui des lapereaux nés légers mais élevés dans une portée de 10.

3.2.5. Caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande :

La qualité de la carcasse et de la viande varient entre les lapins ayant un poids léger et un poids lourd à la naissance. Metzger *et al.* [252] constatent à l'abattage un rendement plus élevé chez les lapins légers que ceux ayant un poids moyen. Ainsi, le rapport de la partie postérieure par rapport à la carcasse de référence est plus élevé chez les lapins dont le poids était important à la naissance. Ils ajoutent que la graisse péri-rénale est plus élevée chez les lapins légers que chez les lapins à poids moyens ou élevé (respectivement 2,10%, 1,98% et 1,64%) ce qui pourrait signifier un phénomène de compensation.

3.2.6. Les performances de reproduction des femelles :

La teneur en graisse corporelle ou la quantité des dépôts de graisse chez la femelle est liée à son état corporel et pourrait affecter ses performances de reproduction. Des études ont pu déduire que les femelles qui donnent naissance à des lapereaux à poids lourd ont des teneurs en graisse corporelle et péri-rénale plus importantes que celles qui donnent naissance à des lapereaux ayant un poids faible à la naissance [253].

L'étude de Poigner *et al.* [230] montre une différence de poids entre les lapereaux nés légers ou lourds et placés dans des portées de 6 ou 10. Cette différence persiste jusqu'à 16 semaines d'âge puis disparaît.

Selon Poigner *et al.* [230], le taux de mise bas est plus élevé chez les femelles primipares issues du groupe de lapereaux nés avec un poids léger à la naissance comparé à celui des primipares issues du groupe de lapereaux nés avec un poids élevé. Cela pourrait être lié à la maturité des nullipares « légères » qui sont âgées de plus de 12 jours une fois mises en reproduction. En revanche, au stade multipare, les deux groupes de femelles présentent le même taux de mise-bas et de survie jusqu'à la 6^{ème} parité. Contrairement à la taille de la portée, le groupe de femelles qui ont un poids élevé à la naissance a présenté une prolificité plus élevée à la naissance et au 21^{ème} jour.

3.3. Sélection pour l'homogénéité intra-portée du poids à la naissance :

La sélection pour augmenter la taille de la portée est efficace, le nombre de lapereaux nés (totaux ou vivants) augmente de manière significative mais, par conséquent, l'hétérogénéité du poids à la naissance a également augmenté, en particulier dans les portées nombreuses [226]. Ainsi, la mortalité fœtale a également augmenté [87] et les lapereaux de faible poids sont moins viables [225]. De ce fait, plusieurs travaux de recherche ont été entrepris pour étudier l'efficacité de la sélection pour une plus grande uniformité du poids à la naissance au sein de la portée [161,254,255]. La sélection pour diminuer l'écart intra-portée du poids à la naissance a eu un impact positif et important sur les performances des lapines.

CONCLUSION BIBLIOGRAPHIQUE

La taille de la portée est considérée comme le caractère le plus important dans la production des élevages cunicoles. Elle résulte d'événements biologiques liés aux parents (fertilité des reproducteurs) ou aux produits (viabilité des jeunes). La prolificité chez le lapin varie de 3 à 15 avec des extrêmes allant de 1 à 20. Sa variation est liée à plusieurs facteurs tels que la race, la parité, le rythme de reproduction et les facteurs d'environnement. Elle est caractérisée par une faible héritabilité (alentour de 0,1), se traduit en outre par une faible réponse à la sélection directe des lapins.

Le développement de nouvelles lignées maternelles est important dans l'industrie du lapin afin d'augmenter la productivité. De nombreuses lignées de lapin spécialisées se trouvent en Méditerranée et dans les régions à climat chaud. Dans toutes les lignées maternelles spécialisées, la taille de la portée et les caractères de production de lait sont considérés comme les paramètres les plus importants pour une production efficace.

Aussi, plusieurs lignées spécialisées récemment développées à travers le monde sont des lignées synthétiques, qui résultent de croisements planifiés de races pures et / ou croisées qui sont conduits de telle sorte qu'une population composite soit produite. Ces lignées synthétiques se sont généralement formées pour combiner les caractères souhaitables. Par ailleurs, l'augmentation de la taille de la portée suite à la sélection est associée à une réduction du poids des lapereaux à la naissance. Celui-ci est également influencé par de multiples facteurs. Cependant, un bon nombre de ces facteurs sont difficilement modifiables pour augmenter le poids à la naissance.

Dès la naissance, les lapereaux ayant un poids léger sont désavantagés, sous l'effet de plusieurs facteurs, par rapport à ceux ayant un poids à la naissance moyen ou lourd. En général, les lapereaux ayant un poids léger à la naissance auront une faible viabilité. L'égalisation de la portée à la naissance ou la sélection pour réduire l'hétérogénéité du poids au sein de la portée pourraient augmenter la viabilité des lapereaux légers.

CHAPITRE 4

CONDITIONS EXPERIMENTALES COMMUNES AUX ESSAIS

Cette étude est réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire des Biotechnologies liées à la Reproduction Animale de l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université Saad Dahleb, Blida 1 et l'Institut Technique des Elevages (ITELV), Baba-Ali, Alger.

Dans cette partie nous présenterons le lieu des expérimentations, le matériel mis en œuvre pour leur réalisation, la souche du lapin étudiée ainsi que l'alimentation.

4.1. Le bâtiment et le matériel d'élevage :

Nos expérimentations ont eu lieu au niveau du clapier de l'Institut Technique des Elevages (ITELV) de Baba-Ali, Alger (**Figure 4.1**) Le clapier est construit en dur et le toit est fait en structure légère comprenant une couche d'isolation en polystyrène (**Figure 4.2**).



Figure 4.1 : Institut Technique des Elevages. **Figure 4.2** : Clapier expérimental.

L'architecture générale est représentée dans la **figure 4.3**. Le bâtiment est d'une superficie de 220m². A la porte d'entrée se trouve une salle de services réservée au stockage et à la pesée de l'aliment. Elle donne accès direct sur l'espace des vestiaires et des sanitaires. Une porte métallique sépare cet espace du reste du bâtiment qui est partagé en deux salles ; la première d'engraissement et la deuxième, au fond du bâtiment, de maternité.

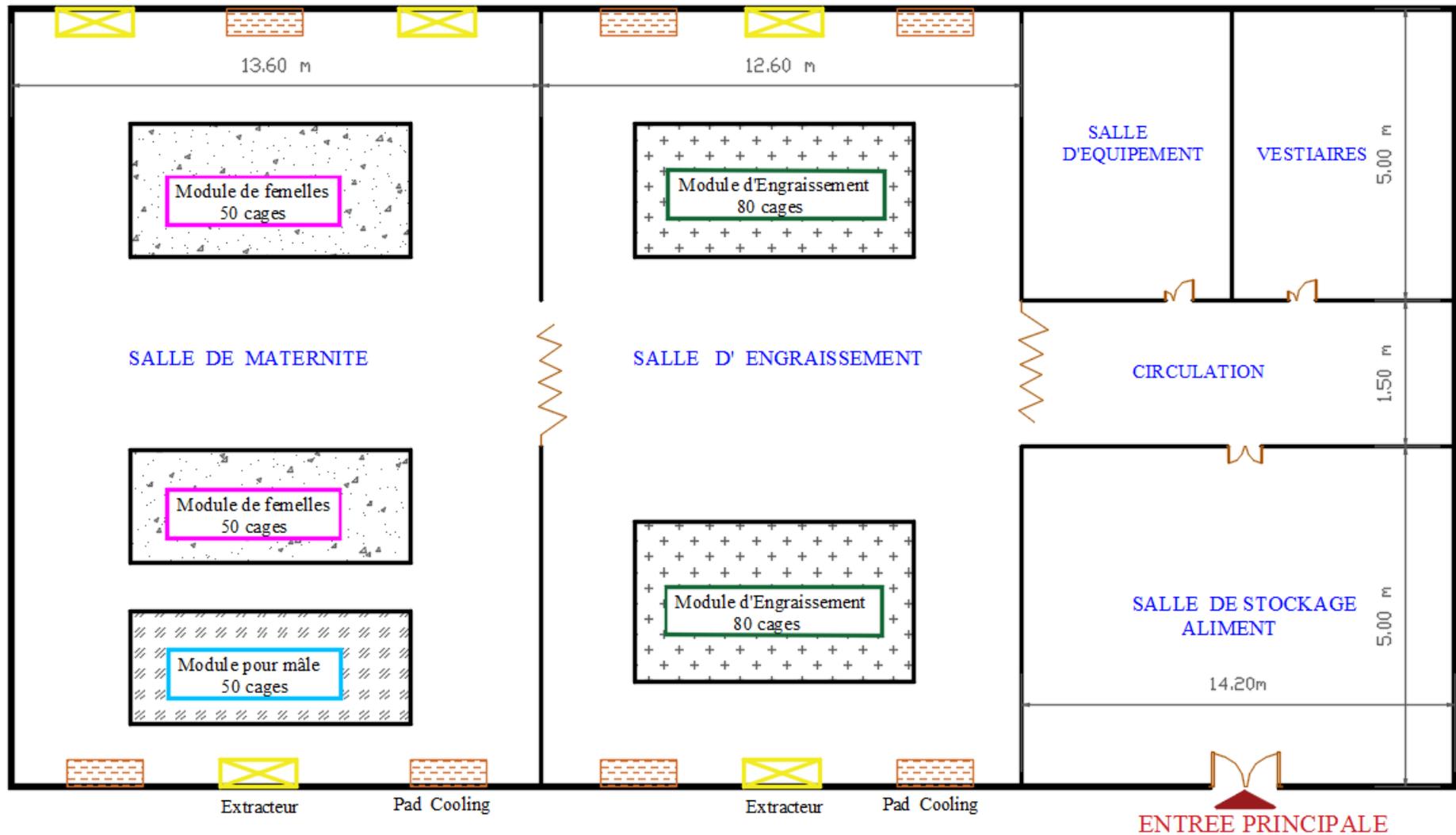


Figure 4.3 : Plan du clapier de l'Institut Technique d'Elevages.

L'aération, de type dynamique, est assurée par le système Pad Cooling et cinq extracteurs. L'éclairage est artificiel effectué à l'aide de néons et diffère entre les deux salles. Le nyctémère est de « 16 lumière / 8 obscurité » en maternité et de « 8 lumière / 16 obscurité » en salle d'engraissement. Les salles ne disposent pas d'un système de chauffage en permanence.

Le bâtiment est équipé de cages métalliques grillagées galvanisées, à dimensions égales de 70*40*30cm, en bande unique et de type Flat Deck. Elles sont équipées d'abreuvoirs automatiques avec des tétines et des mangeoires individuels en tôle galvanisée d'une capacité de 2,5kg.

La salle de maternité (**Figure 4.4**) a une superficie de 200 m². Elle contient 100 cages femelles et 50 cages pour les mâles. Celles des femelles sont organisées en deux batteries, séparées par des couloirs, et chacune disposée de deux rangées de part et d'autre. Chaque cage femelle est munie de l'extérieur et au-dessous d'une boîte à nid mesurant 28*40*30cm (**Figure 4.5**). Les cages des mâles sont organisées en un seul module disposé de la même manière que les autres modules du bâtiment.



Figure 4.4 : Salle de maternité.



Figure 4.5 : Boîtes à nid en plastique.

La salle d'engraissement (**Figure 4.6**) est de 75m² comprend 160cages collectives, en un seul étage, surélevés sur des fosses inclinées. Les cages sont disposées en 2 grands modules séparés par des couloirs de service et chaque module disposé de deux rangées de part et d'autre.



Figure 4.6 : Salle d'engraissement.

4.2. Les animaux

Les lapins utilisés dans cette étude appartiennent à la souche synthétique nommée ITELV2006 (**Figure 4.7**). Cette souche est le produit du croisement entre la population locale algérienne et la souche Française INRA2666. Cette dernière, elle-même synthétique est issue d'un croisement entre la souche française INRA2066 et la souche Verde de L'Université de Valencia, en Espagne [58].

La génération F1 est obtenue en 2003 par insémination des femelles de la population locale avec la semence prélevée à partir de mâles de souche INRA2666 de l'élevage expérimental de la SAGA à Auzeville. La semence est diluée selon la technique classique et transportée dans des boites isothermes pour être reçue le lendemain à l'ITELV. Le protocole (F1) s'est basée sur l'insémination de 80 femelles de la population locale avec la semence de mâles appartenant à 9 familles de la souche INRA2666. La répartition des descendants de F1 est faite en 9 familles de 9 femelles et de 2 à 4 mâles. La F2 est le résultat d'un croisement de 81 femelles avec 18 mâles, issus de la F1, avec un système de rotation de familles pour minimiser l'accroissement de la consanguinité [20]. La F3 et F4 sont créées de la même façon.

Après la F4, en 2007, la génération suivante a été considérée comme G0 de la souche synthétique ITELV2006, sélectionnée sur la taille de la portée à la naissance et le poids corporel à 75 jours [23]. Il est à souligner que la sélection est interrompue à partir de la 3^{ème} génération et la souche est maintenue selon un schéma de croisements évitant la consanguinité.



Figure 4.7 : Lapins de souche synthétique.

4.3. La conduite en reproduction :

4.3.1. La saillie :

Les femelles sont accouplées pour la première fois à l'âge de 20 semaines et 12 jours après la mise-bas pour les parités suivantes (rythme semi-intensif). Le poids de la femelle est notée (**Figure 4.8**), le matin entre 9h et 10h, avant la saillie sur la fiche technique de chaque femelle.



Figure 4.8 : Pesée des femelles avant la saillie.

Une fois la femelle introduite dans la cage du mâle elle opte soit une position de lordose, si elle est réceptive, et elle sera donc saillie dans quelques minutes et le mâle émet un cri et se jette sur la cage, le cas contraire, elle refuse l'accouplement, elle se blottit dans un coin. Dans ce cas, une autre saillie sera effectuée avec un autre mâle le même jour voire même un troisième jusqu'à acceptation. Dans le cas de doute, la femelle peut être laissée dans la cage du mâle pendant toute la nuit et rejoint sa cage le lendemain. Le résultat de la saillie est noté également sur la fiche technique.

La palpation abdominale pour le diagnostic de gestation est pratiquée 12 à 14 jours après une saillie positive ou douteuse et le poids de la femelle est noté. Si la palpation

révèle un diagnostic négatif, la femelle sera présentée pour un nouvel accouplement. Le système de rotation de famille est pris en considération pour le choix des mâles pour éviter la consanguinité.

4.3.2. Préparation de la boîte à nids et la mise-bas :

Pour les femelles gestantes, une préparation de leurs nids est envisagée une semaine avant la date prévue de la mise bas. Un nettoyage des boîtes à nids est effectué. Après leur séchage, elles seront remplies de copeaux de bois et l'accès à la boîte à nid est toujours ouvert. La femelle prépare donc son nid avec ses poils en les arrachant de sa partie abdominale au premier lieu, pour dégager ses mamelles et stimuler la lactogénèse, puis du reste de son corps en deuxième lieu.

Le jour de la mise bas, un contrôle des boîtes à nids et des cages est systématique afin de vérifier la mortalité, les cas de cannibalisme, mise bas sur cage ainsi le nettoyage des cages d'éventuels débris de placenta (**Figure 4.9**) :



Figure 4.9 : Contrôle des cages et des boîtes à nids le jour de la mise bas.

4.3.3. Suivi des portées :

Les lapereaux sont sevrés à 30 jours en moyenne après la mise bas (varie entre 28 à 48 jours), pesés, sexés et identifiés par tatouage à l'oreille, puis transférés directement à la salle d'engraissement (8 lapins par cage) jusqu'à l'âge d'abattage (compris entre 70 à 88 jours d'âge) (**Figure 4.10**). De la même procédure qu'au sevrage, en moyenne à 77 jours d'âge, le jour de l'abattage, la taille de la portée et les poids individuels sont enregistrés.



Figure 4.10 : Portée sevrée et placée dans sa cage d'engraissement.

4.4. L'alimentation :

Les lapins sont nourris *ad libitum*. L'alimentation est à base de granulé standard, composé de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son, de calcaire, de phosphate bi calcique et de CMV spécial lapin.

CHAPITRE 5

Etude 1

5.1. Les objectifs :

Le but de cette étude est en premier lieu d'étudier, chez les lapines de souche synthétique ITELV2006, les performances de reproduction et leurs facteurs de variation à la 9^{ème} génération. Dans un deuxième temps, d'estimer les paramètres génétiques en relation avec la taille de la portée et de la croissance de la génération zéro (G0) à la 9^{ème} génération (G9).

5.2. Matériel et méthodes :

5.2.1. Etude des performances à G9 :

Un contrôle des performances de reproduction de la G9 est réalisé entre le mois de Juillet 2016 et le mois de Mars 2017. Il a porté sur 81 femelles et 34 mâles appartenant à huit (8) familles.

Le suivi d'élevage est réalisé à l'aide des fiches techniques. Chaque femelle possède une fiche, sur laquelle est mentionné : le numéro de la cage, le numéro de la femelle et la date de sa naissance. De plus, un tableau de suivi contenant :

- Les dates de la saillie, de la palpation, de la mise-bas et du sevrage.
- Le poids de la femelle à la saillie, à la palpation et à la mise-bas.
- Le nombre des lapereaux nés totaux, nés vivants, morts nés, sevrés et vivants à l'abattage (77jours).
- Le poids de la portée vivante (naissance), le poids individuel des lapereaux au sevrage et à l'abattage (77jours).

Au total, nous avons analysé 266 données issues de 81 femelles.

5.2.2. Etude des paramètres génétiques :

L'étude des paramètres génétiques est faite par une collecte de données enregistrées depuis la création de la première génération de sélection (G0) en 2006 et jusqu'à la 9^{ème} génération (G9) obtenue enfin 2017.

Les données collectées concernent la femelle (poids à la saillie, à la palpation et à la mise bas), la taille de la portée (nés totaux, nés vivants, la mortinatalité et le nombre de lapereaux sevrés) et le poids des lapereaux (à la naissance, au sevrage et à l'âge d'abattage (75jours en moyenne)).

Chaque génération est étudiée et vérifiée puis ses données sont rapportées sur des fichiers Excel définies pour l'étude génétique. Les informations de toutes les générations sont classées en :

- Fichier pour la taille de la portée.
- Fichier pour le poids.
- Fichier pour le pédigrée.

En plus des informations collectées, d'autres sont calculées comme la durée de gestation, l'âge au sevrage et âge à l'abattage. La collecte et l'organisation des données ont débuté le mois de janvier 2016 et sont terminées le mois d'octobre de la même année.

Au total, nous avons analysé les données de 3242 parités et 18472 individus en croissance issus de 805 femelles. L'étude du pédigrée a concerné 18695 individus.

5.2.3. Les paramètres étudiés :

5.2.3.1. Les paramètres zootechniques :

Les différents paramètres zootechniques de reproduction mesurés et calculés sont regroupés dans le **tableau 5.1**.

Tableau 5.1 : Paramètres zootechniques calculés et mesurés chez la souche ITELV2006.

Paramètres	Définition
Paramètres mesurés	
Nombre de nés totaux (NT)	Le nombre total des lapereaux enregistré à la naissance par portée.
Nombre de nés vivants (NV)	Le nombre des lapereaux vivants enregistré à la naissance par portée.
Nombre de lapereaux morts(M)	Le nombre des morts nés par portée.
Taille de la portée au sevrage (NS)	Nombre de lapereaux sevrés à J35.
Poids de la portée à la naissance(PPN)	Poids total des lapereaux nés vivants à la naissance.
Taille de la portée à l'abattage (N77)	Le nombre des lapereaux vivants à 77 jours.
Poids de la portée au sevrage (PPS)	Poids total des lapereaux sevrés à 35 jours.
Poids individuel à 77 jours(P77)	Poids d'un lapin à l'abattage effectué à 75 jours.
Poids de la femelle à la saillie (PFS)	Poids d'une femelle mesuré au moment de la saillie.
Poids de la femelle à la palpation (PFP)	Poids de la femelle mesuré à la palpation effectué à 12 jours <i>post coitum</i> .
Poids de la femelle à la mise bas (PFM)	Poids de la femelle à la mise bas.
Paramètres calculés	
Mortinatalité(PM), %	$PM = \frac{M}{NT} * 100$

Mortalité pré-sevrage (MN-S), Nb	MN-S = NV-NS
Mortalité pré-sevrage (PMN-S),%	PMN-S = $\frac{MN-S}{NV} * 100$
Poids individuel moyen des lapereaux à la naissance (PIN),g	PIN = $\frac{PPN}{NV}$
Poids individuel moyen des lapereaux au sevrage (PIS), g	PIS = $\frac{PPS}{NS}$

5.2.3.2. Les paramètres génétiques :

Les paramètres génétiques mesurés et leurs formules sont regroupés dans le **tableau 5.2**.

Tableau 5.2 : Les paramètres génétiques mesurés chez la souche ITELV2006.

Paramètres	Définition
Héritabilité (h²)	Le rapport de la variance de l'effet additif (génétique) et la variance phénotypique, calculée comme la somme des variances des effets aléatoires et la variance d'erreur.
Répétabilité (r)	Le coefficient de corrélation entre les performances successives d'un même individu.
Effet permanent (p²)	Le rapport entre la variance des effets environnementaux permanents et non additifs sur la variance phénotypique.
Effet commun de la portée (c²)	Le rapport entre la variance de l'effet commun de la portée et la variance phénotypique.
Effet maternel (m²)	Le rapport entre la variance de l'effet maternel environnemental et la variance

	phénotypique.
Corrélation (r_A)	Coefficient mesurant chez le même individu, la liaison entre deux caractères.
Formules de calcul	
$h^2 = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_P}$	σ^2_A : variance additive σ^2_P : variance phénotypique
$r_A = \frac{COV(A_1, A_2)}{\sigma_{A_1} \cdot \sigma_{A_2}}$	COV : covariance A₁ et A₂ : différents caractères étudiés chez le même individu. σ_{A_1} , σ_{A_2} : variance additive pour les caractères 1 et 2 chez le même individu.
$r = h^2 + p^2$	h² : héritabilité p² : effet permanent

5.2.4. L'analyse statistique :

Les résultats des performances zootechniques de reproduction pour la génération G9 sont présentés par la somme des moindres carrés plus ou moins la déviation standard. Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel SAS (**version 9.1.3 ; SAS Institute, 2002**).

La taille de la portée est analysée en utilisant la procédure Mixed avec le modèle suivant :

$$y_{ijklm} = \mu + P_i + L_j + S_k + p_{ijkl} + e_{ijklm}$$

μ : la moyenne de la variable, P_i : l'effet de la parité avec 4 niveaux (nullipares, primipares, multipare 3^{ème} parité et multipare 4^{ème} parité ou plus), L_j : l'effet de la lactation avec deux niveaux (allaitante et non allaitante), S_k : l'effet de la saison avec trois

niveaux (été, automne et hiver), p_{ijkl} : l'effet permanent de l'environnement, e_{ijklm} : l'erreur.

Les composantes de la variance et de la covariance sont estimées en utilisant la procédure du maximum de vraisemblance à caractères multiples et sans dérivé en utilisant le logiciel VCE (**version 6.0.2, Neumaier et Groeneveld 1998**). Un modèle statistique à 5 variables fixes est utilisé pour l'analyse des paramètres de reproduction et de croissance.

Le modèle utilisé pour les caractères de reproduction est comme suit :

$$y_{ijk} = \mu + AS_i + EP_j + v_k + p_k + e_{ijk}$$

μ : la moyenne de l'animal k.

AS_i : l'année-saison par parité (3 mois par année-saison : 38 niveaux).

EP_j : l'état physiologique de la femelle à la saillie (sept niveaux: les nullipares, les primipares allaitantes et non allaitantes, multipares allaitantes et non allaitantes à la troisième parité et multipares allaitantes et non allaitantes à la quatrième parité ou plus).

v_k : la valeur génétique additive de l'animal k.

p_k : l'effet permanent d'environnement et l'effet génétique non additif de l'animal k sur toutes ses parités (805 niveaux).

e_{ijk} : l'erreur.

Les paramètres de croissance sont analysés selon le modèle suivant :

$$y_{ijkl} = \mu + ASP_i + P_j + m_k + v_l + c_m + b^* A_{ijklmn} + e_{ijklmn}$$

y_{ijkl} : le paramètre de croissance de l'animal.

μ : la moyenne générale.

ASP_i : l'effet de l'année-saison-parité dans laquelle l'animal est sevré (3 mois par année-saison : 34 niveaux).

P_j : l'effet de la parité dans lequel l'animal est né (7 niveaux).

m_k : l'effet de l'environnement maternel aléatoire pour toutes les parités de l'animal k (l'animal k est la mère de l'individu l, 760 niveaux).

v_l : la valeur génétique additive aléatoire de l'animal l.

c_m ; l'effet aléatoire commun de la portée dans laquelle l'animal I est né (2460 niveaux);

b : le coefficient de régression de la covariable.

A_{ijklmn} : la covariable de l'âge au sevrage pour le paramètre « poids au sevrage » ou l'âge à l'abattage pour le paramètre poids à 75 jours.

e_{ijklmn} : l'effet résiduel.

5.3. Résultats :

Dans cette partie, nous présenterons en premier lieu les résultats des performances de reproduction et de croissance de la souche ITELV2006, étudiées à la 9^{ème} génération (G9) et leurs facteurs de variation (l'effet de la parité, de la lactation et de la saison). Dans un deuxième temps, nous étudierons les paramètres et les corrélations génétiques des performances de reproduction et de croissance de dix générations (G0 à G9).

5.3.1. Performances de reproduction et de croissance :

5.3.1.1. Les analyses descriptives :

Les analyses descriptives de l'ensemble des paramètres de reproduction et de croissance mesurés à G9 sont présentées dans le **tableau 5.3**.

Les poids moyens des lapines à la saillie et à la mise bas sont respectivement 3642 g et 3565 g. La taille de la portée est en moyenne 8,37 lapereaux à la naissance et 5,82 lapereaux au sevrage.

Les lapines de la souche ITELV2006 présentent un poids moyen de la portée à la naissance de 720 g, soit un poids individuel moyen de 58,12 g. Les poids moyens des lapins au sevrage et à l'abattage (77 jours) sont respectivement 569g et 1650g.

5.3.1.2. Les facteurs de variation :

Les effets de la parité, de la lactation et de la saison sur les différents paramètres mesurés chez les lapines de la souche ITELV2006 à G9 sont regroupés dans le **tableau 5.4**.

Dans nos conditions expérimentales, l'effet de la parité est significatif sur le poids de la femelle (à la saillie et à la palpation) et sur la taille de la portée à la naissance mesurée par le nombre des nés vivants. De même, l'effet de la saison est significatif sur le poids de la femelle mesuré à la saillie, à la palpation et à la mise bas. L'effet de la saison est également significatif sur la taille de la portée mesurée par le nombre des nés vivants, le nombre et le poids des lapins à l'âge de 77 jours. En revanche, l'effet de la lactation n'a influencé aucun paramètre étudié.

Tableau 5.3 : Analyses descriptives des performances de reproduction.

	PFS	PFP	PFM	NT	NV	PPN	PIN	NS	PS	N77	P77
N	266	266	266	266	258	251	251	238	238	250	250
Minimum	2400	2680	2625	1	1	30	30	1	283	1	616
Maximum	5500	5280	5060	16	14	720	122	13	3545	11	3510
Moyenne	3642	3741	3565	8,37	7,49	441	58,12	5,82	569	4,90	1650
Ecart-type	494	477	413	2,98	3,3	121	15,64	2,92	272	2,63	616

N : nombre de données ; **PFS** : poids de la femelle à la saillie ; **PFP** : poids de la femelle à la palpation ; **PFM** : poids de la femelle à la mise bas ; **NT** : nombre des nés totaux ; **NV** : nombre des nés vivants ; **PPN** : poids de la portée à la naissance(g) ; **PIN** : poids moyen individuel à la naissance (g) ; **NS** : nombres des lapereaux sevrés ; **PS** : poids du lapereau au sevrage(g) ; **N77** : nombre des lapins à l'abattage ; **P77** : poids du lapin à l'abattage (g)

Tableau 5.4 : Les effets significatifs des variables fixes sur les paramètres mesurés chez les femelles de la souche ITELV2006 à G9.

Paramètres	Effet parité	Effet lactation	Effet saison
PFS, g	<u>x</u>		<u>x</u>
PFP, g	<u>x</u>		<u>x</u>
PFM, g			<u>x</u>
NT, Nb	<u>x</u>		
NV, Nb			<u>x</u>
M, %			
PPN, g			
PIN, g			
NS, Nb			
MNS, %			
PS, g			
N77, Nb			<u>x</u>
P77, g			<u>x</u>

PFS : poids de la femelle à la saillie ; **PFP** : poids de la femelle à la palpation ; **PFM** : poids de la femelle à la mise bas ; **NT** : nombre des nés totaux ; **NV** : nombre des nés vivants ; **M** : pourcentage de mortalité ; **PPN** : poids de la portée à la naissance (g) ; **PIN** : poids moyen individuel à la naissance (g) ; **NS** : nombres des lapereaux sevrés ; **MNS** : mortalité naissance sevrage ; **PS** : poids du lapereau au sevrage (g) ; **N77** : nombre des lapins à l'abattage ; **P77** : poids du lapin à l'abattage (g).

5.3.1.2.1 L'effet de la parité :

5.3.1.2.1.1. L'effet sur les paramètres de reproduction :

L'effet de la parité sur l'ensemble des paramètres de reproduction et de croissance est présenté dans le **tableau 5.5**.

L'effet de la parité est significatif sur le poids de la femelle à la saillie et à la palpation. Les femelles primipares présentent un poids à la saillie significativement plus élevé comparé à celui des femelles multipares à la 3^{ème} parité d'une part (3863gvs 3512g ; p<0,05) et à celui des femelles multipares à la 4^{ème} parité et plus d'autre part (3863gvs

3537g ; $p < 0,05$). Par contre, il est tout à fait comparable à celui noté sur les femelles nullipares ($p > 0,05$).

De même, le poids de la femelle à la palpation est significativement affecté par la parité. En effet, les femelles nullipares présentent un poids significativement plus élevé comparé à celui noté pour les femelles multipares à la 3^{ème} parité et à la 4^{ème} parité et plus (+9% en moyenne; $p < 0,05$). Le poids des femelles à la mise bas n'a pas varié significativement selon la parité de la femelle.

La taille de la portée à la naissance (exprimée par le nombre de nés totaux et nés vivants) varie significativement en fonction de la parité de la femelle. Les femelles multipares en 3^{ème} parité montrent une taille de la portée à la naissance significativement plus élevée par rapport à celle notée chez les femelles nullipares et primipares (+15% et +19% respectivement pour les nés totaux et les nés vivants ; $p < 0,05$). En revanche, elle est similaire à celle notée chez les femelles multipares en 4^{ème} parité et plus.

Le pourcentage le plus élevé de mortinatalité est enregistré pour les femelles nullipares (20,61%). Cependant, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les parités étudiées ($p > 0,05$).

Le nombre de lapereaux sevrés, la mortalité naissance-sevrage et le nombre de lapins à l'âge de 77 jours sont similaires entre les différentes parités étudiées.

5.3.1.2.1.2. L'effet sur les paramètres de croissance :

Dans les conditions de notre expérimentation, le poids de la portée à la naissance, le poids individuel moyen du lapereau à la naissance et au sevrage, ne varient pas significativement en fonction de la parité de la femelle (**tableau 5.6**). En revanche, le poids individuel des lapins à l'âge de 77 jours varie en fonction de la parité de la femelle. Les lapins issus des femelles multipares en 4^{ème} parité et plus montrent le poids le plus élevé comparés à celui des lapins issus des femelles nullipares d'une part (1810g vs 1508g, soit un écart significatif de +17% ; $p < 0,05$) et celui des lapins issus de femelles primipares et multipares en 3^{ème} parité d'autre part (1810g vs 1633g et 1600g respectivement, soit un écart moyen significatif de +11%, $p < 0,05$).

5.3.1.2.2. L'effet de la lactation :

5.3.1.2.2.1. L'effet sur les paramètres de reproduction :

Les résultats de notre étude ne révèlent aucune différence significative entre les femelles allaitantes et non allaitantes et ce pour tous les paramètres mesurés (Tableau 5.5).

5.3.1.2.2.2. L'effet sur les paramètres de croissance :

Les paramètres mesurés dans notre étude ne varient pas significativement entre les femelles allaitantes et non allaitantes (Tableau 5.6).

5.3.1.2.3. L'effet de la saison :

5.3.1.2.3.1. L'effet sur les paramètres de reproduction (Tableau 5.5) :

Dans les conditions de notre travail, contrairement à la taille de la portée (exprimée par le nombre de nés totaux et de nés vivants), à la mortinatalité et à la mortalité naissance-sevrage, le poids de la femelle mesuré aux différents stades est affecté significativement par la saison. A la saillie, les femelles présentent un poids réduit en été comparé à celui noté en automne (3365g vs 3797g ; $p < 0,05$) et à celui enregistré en hiver (3365g vs 3909g ; $p < 0,05$). De même, les femelles ont des poids réduits à la palpation et à la mise bas en été comparés à ceux notés en automne et en hiver (en moyenne -11% à la palpation et -7% à la mise bas ; $p < 0,05$).

Par ailleurs, les nombres de lapereaux sevrés à 35 jours et ceux âgés de 77 jours sont également affectés par la saison. En effet, le nombre le plus élevé de lapereaux sevrés est noté en hiver (6,95 lapereaux). Il est significativement différent par rapport à celui noté en automne d'une part (6,95 vs 5,45 lapereaux ; $p < 0,05$), mais tout à fait comparable à celui noté en été d'autre part (6,95 vs 5,59 lapereaux ; $p > 0,05$). Il est à noter qu'aucune différence significative n'est retrouvée entre l'été et l'automne pour ce dernier paramètre.

De même, le nombre de lapins à l'âge de 77 jours est significativement plus élevé en hiver comparé à celui enregistré en automne, soit un écart significatif de +26% ($P < 0,05$). Toutefois, l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre l'été et l'hiver d'une part et l'été et l'automne d'autre part.

5.3.1.2.3.2. L'effet sur les paramètres de croissance (Tableau5.6) :

Le poids de la portée à la naissance est de 401g, 414g et 478g respectivement en été, en automne et en hiver. L'effet de la saison est significatif ($p < 0,05$) avec une supériorité notée pour les portées qui naissent en hiver (soit un écart moyen significatif de +15% par rapport à l'été et à l'automne ; $p < 0,05$).

De même, la saison a eu un effet significatif sur le poids des lapins à l'âge de 77 jours. Les lapins qui naissent en automne ont un poids significativement plus élevé comparé à celui enregistré pour les lapins nés en été d'une part (1829g vs 1619g ; $p < 0,05$) et celui noté pour les lapins nés en hiver d'autre part (1829g vs 1466g ; $p < 0,05$). Toutefois, la saison n'a pas influencé significativement le poids moyen individuel des lapereaux à la naissance et au sevrage.

Tableau 5.5 : La variation des paramètres de reproduction en fonction de la parité, saison et la lactation (LSM ± DS).

	Parité				Lactation		Saison		
	1 (n=78)	2 (n=73)	3 (n=56)	4 et plus (n=59)	Allaitantes (n=135)	Non allaitantes (n=131)	Eté (n=123)	Automne (n=59)	Hiver (n=81)
Poids des femelles à la saillie, g	3849 ^{ac} ± 113	3863 ^a ± 71	3512 ^b ± 73	3537 ^{cb} ± 96	3624 ± 51	3807 ± 55	3365 ^a ± 75	3797 ^b ± 56	3909 ^b ± 100
Poids des femelles à la palpation, g	3973 ^a ± 112	3948 ^a ± 71	3618 ^b ± 73	3595 ^b ± 95	3760 ± 51	3807 ± 55	3494 ^a ± 74	3850 ^b ± 55	4007 ^b ± 99
Poids des femelles à la mise bas, g	3588 ± 97	3693 ± 61	3571 ± 63	3560 ± 82	3642 ± 44	3564 ± 48	3442 ^a ± 64	3609 ^b ± 48	3757 ^b ± 86
Nés totaux, Nb	8,04 ^b ± 0,70	7,96 ^b ± 0,44	9,45 ^a ± 0,45	8,72 ^{ab} ± 0,59	8,75 ± 0,31	8,34 ± 0,34	8,27 ± 0,46	8,36 ± 0,35	9,01 ± 0,62
Nés vivants, Nb	6,83 ^b ± 0,78	7,22 ^b ± 0,49	8,65 ^a ± 0,50	7,93 ^{ab} ± 0,66	7,99 ± 0,35	7,33 ± 0,38	7,57 ± 0,51	7,28 ± 0,39	8,13 ± 0,69
Mortinatalité, %	20,61 ± 6,14	14,95 ± 3,88	8,81 ± 3,98	6,45 ± 5,21	11,69 ± 2,78	13,72 ± 3,02	7,39 ± 4,06	15,36 ± 3,05	15,37 ± 5,44
Lapereaux sevrés, Nb	6,25 ± 0,71	5,84 ± 0,45	6,37 ± 0,46	5,54 ± 0,60	5,93 ± 0,32	6,06 ± 0,35	5,59 ^{ab} ± 0,47	5,45 ^a ± 0,35	6,95 ^b ± 0,63
Mortalité Naissance-Sevrage, %	15,96 ± 7,16	23,61 ± 4,67	22,75 ± 4,60	31,63 ± 6,04	28,25 ± 3,26	18,73 ± 3,51	26,32 ± 4,74	26,01 ± 3,54	18,14 ± 6,48
Lapereaux à J77, Nb	5,41 ± 0,63	4,95 ± 0,41	5,09 ± 0,40	4,96 ± 0,54	5,18 ± 0,29	5,02 ± 0,30	4,62 ^{ab} ± 0,42	4,54 ^a ± 0,31	6,15 ^b ± 0,57

a, b, c ...: sur une même ligne les moyennes affectées d'une lettre différente, différent entre elles au seuil P<0,05.

Tableau 5.6 : La variation des paramètres de croissance en fonction de la parité, la saison et la lactation (LSM ± DS).

	Parité				Lactation		Saison		
	1 (n=78)	2 (n=73)	3 (n=56)	4 et plus (n=59)	Allaitantes (n=135)	Non allaitantes (n=131)	Été (n=123)	Automne (n=59)	Hiver (n=81)
Poids de la portée à la naissance, g	393,03 ± 32,16	421,29 ± 21,23	463,20 ± 20,61	448,64 ± 27,60	449,01 ± 14,87	414,07 ± 15,73	401,70 ^a ± 21,34	414,17 ^a ± 16,06	478,75 ^b ± 29,21
Poids individuel moyen des lapereaux à la naissance, g	50,83 ± 3,29	55,04 ± 2,17	55,70 ± 2,11	59,12 ± 2,81	54,98 ± 1,50	55,37 ± 1,62	55,32 ± 2,18	56,20 ± 1,64	54,00 ± 3,01
Poids individuel des lapereaux au sevrage (J35), g	568,09 ± 66,43	534,08 ± 42,29	562,35 ± 41,25	632,87 ± 57,05	582,99 ± 30,99	565,70 ± 31,86	540,46 ± 43,93	620,92 ± 32,41	561,66 ± 57,75
Poids individuel des lapins à l'abattage (J77), g	1508,32 ^a ± 78,98	1633,59 ^a ± 50,11	1600,81 ^a ± 48,89	1810,84 ^b ± 68,35	1660,60 ± 37,35	1616,18 ± 37,87	1619,14 ^a ± 52,18	1829,23 ^b ± 38,37	1466,80 ^a ± 68,39

a, b, c ...: sur une même ligne les moyennes affectées d'une lettre différente, diffèrent entre elles au seuil p<0,05.

5.3.2. Etude génétique des paramètres de reproduction et de croissance :

5.3.2.1. Analyses descriptives :

Les moyennes, les déviations standards et les coefficients de variation des paramètres de reproduction et de croissance chez les lapines de la souche ITELV2006 de G0 à G9 sont présentés dans le **tableau 5.7**.

Les lapines de la souche ITELV2006 montrent une taille de la portée à la mise bas de 9,04 lapereaux, avec 8,1 lapereaux nés vivants. Au sevrage, la taille de la portée est plus faible (5,5 lapereaux sevrés, soit une diminution de 32%).

Les poids moyens des lapereaux à la naissance, au sevrage et à l'âge de 75 jours sont respectivement 52g, 584g et 1689g. Il est à noter que l'âge moyen au sevrage et à l'abattage sont respectivement de 33et 75jours.

Par ailleurs, le coefficient de variation de la taille de la portée augmente de la naissance au sevrage (32% à56%).En ce qui concerne le poids, le pourcentage le plus élevé du coefficient de variation est noté pour le poids au sevrage (28%).

Tableau 5.7 : Statistiques descriptives des paramètres analysés chez la souche synthétique.

	NT	NV	NS	PMLN	PMLS	PML75	PS	P75	AGES	AGE75
N	3242	3242	3238	2880	2594	2523	18472	14781	18471	14781
Minimum	1	0	0	20	192	775	145	600	25	58
Maximum	19	17	13	143	1853	3510	1280	3055	48	88
Moyenne	9,04	8,1	5,5	52,6	584	1689	554	1665	33,3	75
DS	3	3,3	3,1	11,60	159	320	156	348,5	1,2	1,6
CV %	32	41	56	22	27,20	18,95	28	21	3,6	2,15

N : nombre de données ; **DS** : déviation standard; **CV** : coefficient de variation ; **NT**: nombre de nés totaux; **NV** : nombre de nés vivants; **NS** : nombre de lapereaux sevré; **PMLN**: poids moyen du lapereau à la naissance ; **PMLS** : poids moyen du lapereau au sevrage ; **PML75** : poids moyen du lapereau à la fin d'engraissement (75 jours); **PS** : poids individuel du lapin au sevrage; **P75** : poids individuel des lapins à la fin de la période d'engraissement (75 jours); **AGES**: âge moyen au sevrage ; **AGE75** : âge moyen en fin de période d'engraissement.

5.3.2.2. Tendances génétiques :

Les valeurs additives moyennes estimées par génération (G0 à G9) pour les différents paramètres étudiés sont présentées dans les graphes ci-dessous. La tendance génétique est calculée comme la régression de la moyenne des valeurs additives prédites par génération sur le nombre de générations.

La valeur additive moyenne estimée pour la taille de la portée à la naissance (exprimée par le nombre des nés totaux) est de 0,03 lapereau par génération. Le coefficient de régression linéaire est significatif ($p = 0,05$) (**Figure 5.1**).

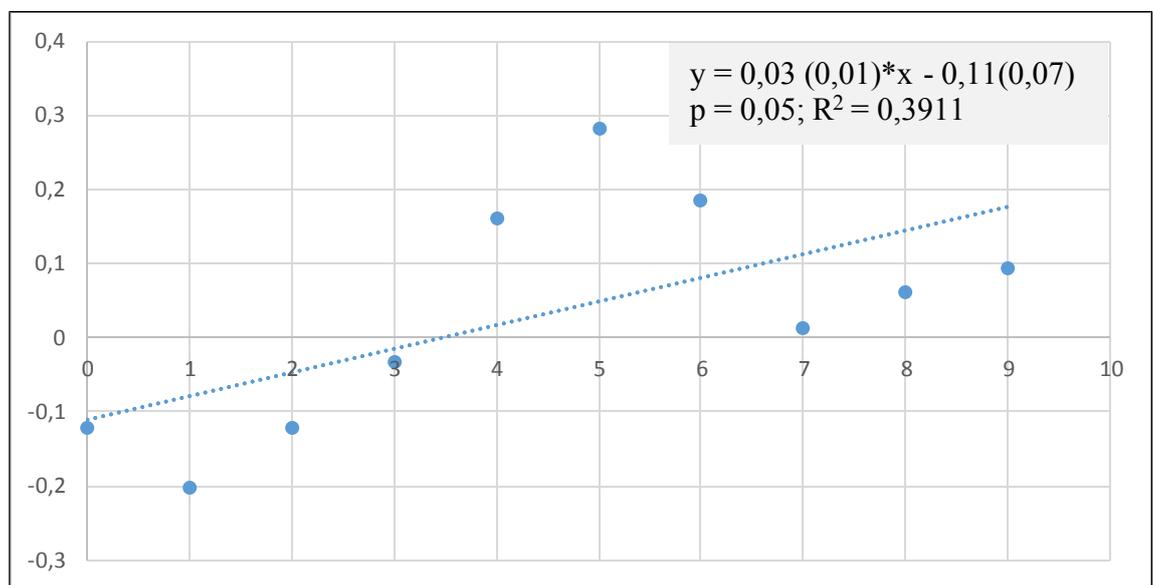


Figure 5.1 : Valeur additive moyenne estimée pour le nombre des nés totaux par génération.

La **figure 5.2** représente la tendance génétique pour le nombre des nés vivants. La valeur additive moyenne estimée est de 0,018 lapereau par génération. Le coefficient de régression est très significatif ($p < 0,05$). Entre G5 et G6 on note une décroissance des nés totaux et nés vivants, ceci est lié la forte mortalité enregistrée durant cette période suite à la maladie virale hémorragique (VHD) qui a touché l'élevage.

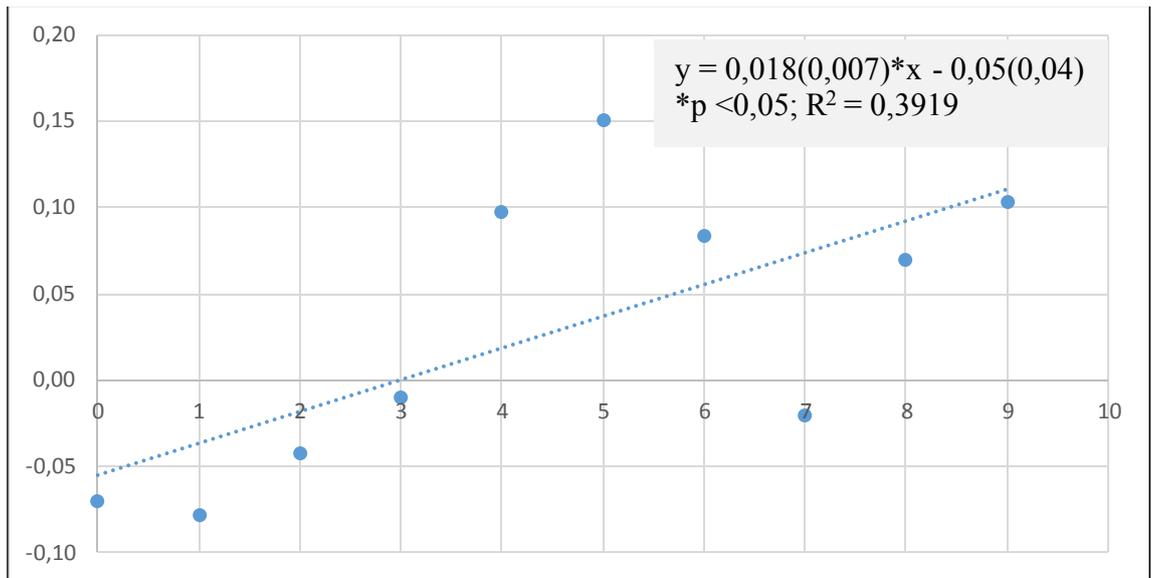


Figure 5.2 : Valeur additive moyenne estimée pour le nombre des nés vivants par génération.

La valeur additive moyenne estimée est de 1,18 lapereau par génération pour le nombre de lapereaux vivant à l'âge de 75 jours (**Figure 5.3**). Le coefficient de régression est très significatif ($p < 0,05$).

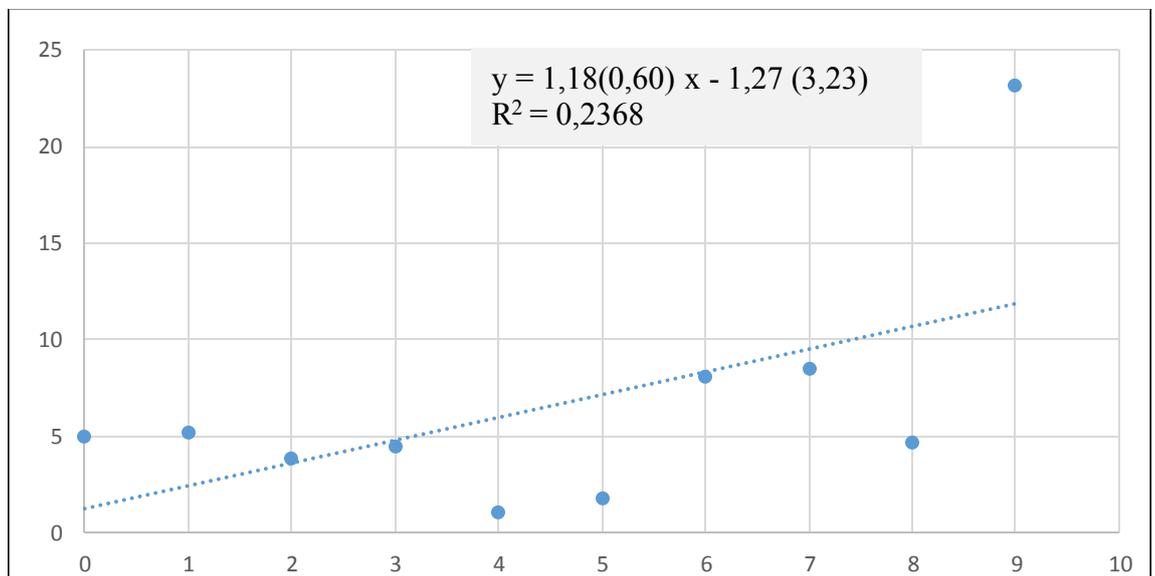


Figure 5.3 : Valeur additive moyenne estimée pour la taille de la portée à l'abattage (75 jours) par génération.

La **figure 5.4** représente la tendance génétique pour le poids individuel à l'abattage (75 jours). La valeur additive moyenne estimée est 2,98g par génération. Le coefficient de régression est significatif ($p < 0,05$).

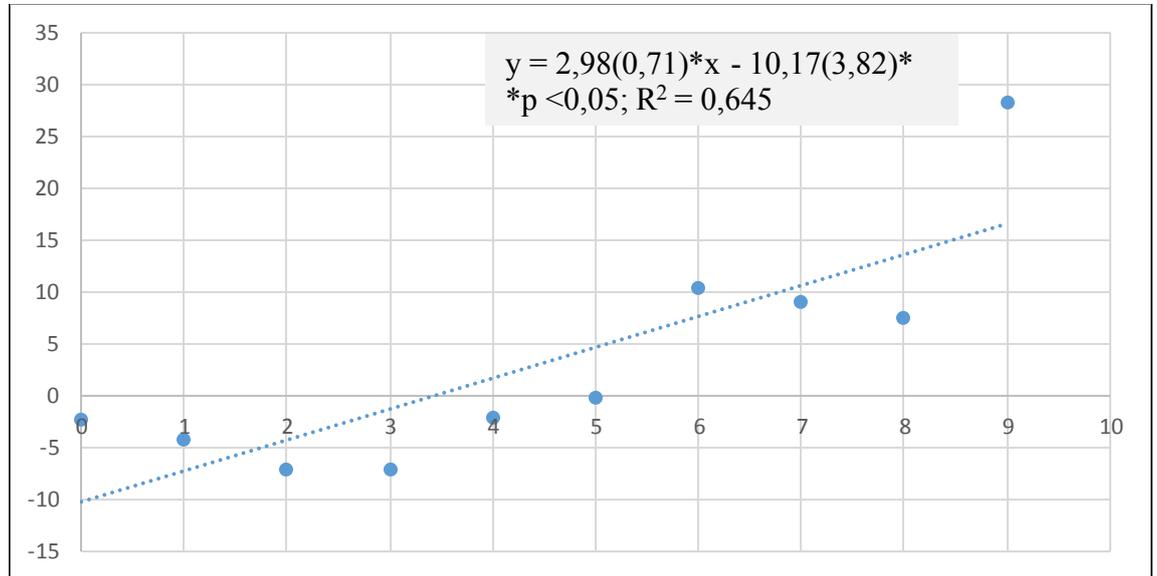


Figure 5.4 : Valeur additive moyenne estimée pour le poids à l'abattage (75 jours) par génération.

5.3.2.3. Paramètres génétiques :

Les paramètres génétiques mesurés chez les lapins de la souche synthétique ITELV2006 sont présentés dans le **tableau 5.8**. L'héritabilité (h^2) de la taille de la portée à la naissance (exprimée par le nombre de lapereaux nés totaux) est de 0,126. Celle-ci augmente de la naissance au sevrage. En ce qui concerne l'héritabilité des caractères de croissance, nous avons noté une valeur plus faible au sevrage qu'à 75 jours d'âge (0,033 vs 0,059).

Par ailleurs, l'effet permanent (p^2) estimé pour les paramètres de la taille de la portée montre des valeurs faibles mais différentes de zéro, elles se situent entre 0,052 et 0,087. En revanche, des valeurs plus faibles et en décroissance sont notées pour le poids moyen de la naissance à 75 jours d'âge (0,08 vs 0,001).

Les valeurs de la répétabilité (r) pour nombre des lapereaux nés totaux, vivants et sevrés sont respectivement 0,178, 0,141 et 0,087. Les valeurs calculées pour le poids moyen au sevrage et à l'âge de 75 jours sont respectivement 0,146 et 0,259.

L'effet maternel environnemental (m^2) présente des estimations plus grandes que celles de l'héritabilité. En effet, nous avons enregistré une valeur de 0,072 pour le poids individuel des lapins au sevrage et 0,081 pour le poids individuel des lapins à l'âge de 75 jours.

Enfin, l'effet environnemental commun de la portée (c^2) montre des valeurs plus importantes (0,636 et 0,381 respectivement pour le poids individuel au sevrage et à l'abattage).

Tableau 5.8 : Les estimations de h^2 , p^2 , r , m^2 et c^2 avec leurs erreurs standards chez les lapins de la souche ITELV2006 de G0 à G9

	NT	NV	NS	PMLN	PMLS	PML75	PS	P75
h^2	0,126	0,054	0,025	0,080	0,140	0,258	0,033	0,059
	±	±	±	±	±	±	±	±
	0,026	0,017	0,011	0,025	0,019	0,001	0,013	0,020
p^2	0,052	0,087	0,062	0,080	0,006	0,001		
	±	±	±	±	±	±		
	0,022	0,019	0,016	0,021	0,007	0,002		
r	0,178	0,141	0,087	0,160	0,146	0,259		
m^2							0,072	0,081
							±	±
							0,014	0,013
c^2							0,636	0,381
							±	±
							0,039	0,018

h^2 : héritabilité; p^2 : effet permanent du milieu répétabilité ; m^2 : effet maternel ; c^2 : effet commun de la portée; **NT**: nombre de nés totaux à la mise bas; **NV** :nombre de nés vivants à la mise bas; **NS**: nombre des lapins sevrés; **PMLN**: poids moyen du lapereau à la naissance; **PMLS** : poids moyen du lapereau au sevrage;**PML75** : poids moyen du lapereau à la fin d'engraissement (75 jours); **PS** : poids individuel du lapin au sevrage; **P75** : poids individuel des lapins à la fin de la période d'engraissement (75 jours).

5.3.2.4. Etude des corrélations :

Les corrélations génétiques et phénotypiques sont similaires dans le signe et l'amplitude pour les caractères de reproduction et de croissance (**tableau 5.9**).

En ce qui concerne les corrélations génétiques, le nombre des nés totaux et celui des nés vivants sont positivement et fortement corrélés ($r = 0,90$). De même, le nombre de lapereaux nés totaux est positivement corrélé au nombre de lapereaux sevrés. Cependant, la corrélation est faible ($r = 0,28$). En revanche, le nombre des lapereaux nés totaux est fortement et négativement corrélé au poids individuel des lapereaux au sevrage ($r = -0,85$), mais moyennement et toujours négativement corrélé au poids individuel des lapins à l'âge de 75 jours ($-0,43$). Les mêmes observations sont notées pour le nombre des lapereaux nés vivants et sevrés. Toutefois, le poids individuel des lapereaux au sevrage est positivement et fortement corrélé au poids des lapins à l'âge de 75 jours ($r = +0,61$).

Concernant les corrélations phénotypiques, le nombre des nés totaux est positivement et fortement corrélé au nombre des lapereaux nés vivants ($r = 0,82$) et modérément et toujours positivement corrélé au nombre de lapereaux sevrés ($r = 0,40$). De même, le nombre des lapereaux nés vivants est positivement et fortement corrélé au nombre de lapereaux sevrés ($r = 0,59$). En revanche, le poids individuel au sevrage et à l'âge de 75 jours sont négativement corrélés au nombre de lapereaux nés totaux, vivants et sevrés. Il est à noter que toutes les corrélations sont faibles ($r = 0,01$ à $0,05$). Enfin, le poids au sevrage est fortement et positivement corrélé au poids à l'âge de 75 jours ($r = 0,63$).

Tableau 5.9 : Les corrélations génétiques (au-dessus de la diagonal) et phénotypiques (au-dessous de la diagonal) pour les paramètres de reproduction et de croissance.

	NT	NV	NS	PS	P75
NT		0,896± 0,069	0,280± 0,195	-0,848 ± 0,161	-0,432± 0,164
NV	0,820		0,677 ± 0,166	-0,922 ± 0,047	-0,765 ± 0,141
NS	0,404	0,599		-0,854 ± 0,179	-0,991 ± 0,031
PS	-0,057	-0,051	-0,025		0,611 ± 0,123
P75	-0,011	-0,021	-0,023	0,631	

NT: nombre de nés totaux; **NV**: nombre de nés vivants; **NS**: nombre de lapereaux sevrés ; **PS**: poids individuel des lapereaux au sevrage; **P75**: poids individuel des lapins à l'âge de 75 jours.

5.4. Discussion

La taille et le poids de la portée aux différents âges font partie des paramètres économiques les plus importants pour l'efficacité de la production. Ils sont utilisés comme objectifs de sélection pour le développement des lignées maternelles chez le lapin [171]. Dans cette optique, l'évaluation génétique et la sélection continue des caractères économiques sont très utiles pour augmenter les performances de production et de reproduction [176].

C'est ainsi que l'objectif de cette première étude est d'évaluer chez les lapines de souche synthétique ITELV2006 les performances de reproduction et leurs facteurs de variation à la 9^{ème} génération. Il s'agira également d'estimer les paramètres génétiques de la taille de la portée et ceux de la croissance pour dix générations (G0 à G9).

Les femelles de la souche ITELV2006 à G9...

...un poids meilleur comparé aux autres populations locales

Le poids moyen des femelles de la souche ITELV2006 à la mise en reproduction est de 3643g. Il est similaire à celui noté par plusieurs auteurs sur la même souche [21,24]. En revanche, il est nettement supérieur à celui enregistré chez les femelles de même génotype par Sid *et al.* [62]. En comparaison avec les différentes populations locales, les femelles de la souche ITELV2006 sont toujours plus lourdes que celles de la population locale algérienne (2451g à 2890g), de la souche blanche (2890g à 3300g) [67, 258,259] et de la population locale égyptienne RedBaladi (2970g) [55].

De tels résultats indiquent que le croisement des lapines de population locale avec la souche INRA2666 a induit une nette amélioration du poids de la femelle. Cependant, le poids enregistré dans nos conditions expérimentales est inférieur à celui rapporté chez les femelles de différentes souches européennes (4176g pour la souche INRA2666, Brun et Baselga [17] et 3900g pour la souche Prat, Gomez *et al.* [80]).

Les paramètres de la taille de la portée...

...résultats en accord avec les données de la littérature

Chez les femelles de la souche ITELV2006, ***la taille de la portée à la naissance*** est de 8,37 lapereaux, comparable à celle rapportée par plusieurs auteurs [52,62], mais elle

est inférieure à celle notée par d'autres auteurs pour les femelles de la même souche [24,260]. Les femelles de la souche ITELV2006 ont une taille de portée comparable à celle des différentes souches synthétiques [18, 63,64].

En revanche, nos femelles ont une taille de la portée à la naissance nettement supérieure à celle rapportée par Saidj *et al.* [54] pour la population locale algérienne et la souche blanche [62]. Nos résultats confirment les observations de plusieurs auteurs montrant un gain de +1 lapereau obtenu à l'issu du croisement entre la population locale algérienne et la souche française INRA2666 [52,62]. L'amélioration de la taille de la portée à la naissance serait liée principalement à celle du taux d'ovulation, élevée chez les femelles de la souche ITELV2006 [62].

Par ailleurs, **la taille de la portée au sevrage** obtenue dans nos conditions expérimentales est comparable à celle notée par Gacem et Bolet [20], Zerrouki *et al.* [24] et Sid *et al.* [62], mais inférieure à celle enregistrée par Gacem *et al.* [21]. Cependant, elle est faible par rapport à celle des différentes souches européennes [17,80] et celle des lignées Saoudiennes (Saudi 2 et Saudi3) issues du croisement entre la population locale Saudi Gabali et la V line espagnole [64,261]. Un nombre faible de lapereaux au sevrage serait lié à un pourcentage élevé de mortalité entre la naissance et le sevrage. Cette mortalité est observée notamment pour les lapereaux qui naissent dans des portées nombreuses et ayant un poids faible. Selon Szendro et Maertens [123], la survie des lapereaux à la naissance est positivement corrélée à leur poids. En général, les lapereaux présentant un poids faible à la naissance meurent durant les 5 premiers jours qui suivent la mise bas [261].

Le poids des lapereaux de la souche ITELV2006...

...comparable à celui de la population locale

Dans nos conditions expérimentales, **le poids de la portée et du lapereau à la naissance** ainsi que **le poids au sevrage** sont tout à fait comparables à ceux mesurés dans deux études récentes [62,262]. En revanche, Zerrouki *et al.* [24] rapportent un poids de la portée à la naissance légèrement plus élevé (452 gvs 441g). Les femelles de la souche ITELV2006 montrent des poids supérieurs comparés à ceux de la souche

synthétique Saoudi 2 [64], mais nettement inférieurs à ceux de la souche Alexandrie et V line [263].

En ce qui concerne **le poids des lapins à l'abattage**, les lapins de la souche ITELV2006 présentent un poids supérieur à celui noté par Gacem *et al.* [21] et Ikhlef *et al.* [262], respectivement à la génération G0 et G4, mais inférieur à celui rapporté par Ikhlef *et al.* [262] à la génération G6 et G7.

Par ailleurs, en comparaison avec les différentes populations locales algériennes, les poids des lapins aux différentes périodes d'âge sont similaires. Un tel résultat montre que le croisement entre les lapines de population locale et la souche INRA 2666 n'a pas induit une amélioration du poids des lapins. Ce résultat confirme les observations de Zerrouki *et al.* [24] et Belabbas *et al.* [26].

Facteurs de variation des performances de la femelle...

... effet significatif de la parité sur le poids et la taille de la portée

Chez les femelles de la souche ITELV2006, contrairement au **poids de la femelle** à la mise bas, le poids à la saillie et à la palpation varient significativement **en fonction de la parité** de la femelle, le meilleur poids est noté pour les femelles nullipares et primipares. Nos résultats corroborent à ceux rapportés par Gacem *et al.* [21] sur les femelles de même origine génétique. Cependant, ils sont en contradiction avec les observations de plusieurs auteurs soulignant un poids plus élevé chez les femelles multipares comparées aux femelles nullipares et primipares [14,264]. Cela pourrait être expliqué par un âge à la saillie tardif et donc un poids plus élevé dans les conditions de notre étude (6 à 7 mois) comparé à celui de ces dernières études (4,5 à 4,7 mois).

La taille de la portée évolue significativement entre le stade nullipare et multipare contrairement entre le stade nullipare et primipare, en accord avec les données de la littérature [86, 265,266]. De plus, la valeur maximale de la taille de la portée est notée pour la 3^{ème} parité corroborant les résultats de plusieurs études [265,267]. Les écarts entre les stades nullipares et primipares d'une part et primipares et multipares, d'autre part, sont respectivement 5% et 20%, en accord avec les résultats obtenus par plusieurs auteurs [221, 268,269].

En ce qui concerne **le poids à l'âge de 77 jours**, les lapins issus des femelles multipares à la 4^{ème} parité présentent le meilleur poids (1810g). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature par plusieurs auteurs qui suggèrent que les lapins issus des femelles multipares sont plus lourds à la naissance, au sevrage et même à l'abattage comparés à ceux issus des femelles nullipares ou primipares [37,94]. Rebollar *et al.* [94] expliquent que les lapins issus des femelles multipares (4^{ème} parité et plus) enregistrent un poids significativement plus élevé en comparaison avec ceux issus des autres parités (1892g vs 1607, 1622 et 1775g respectivement pour les parités 1, 2 et 3). De plus, il est rapporté que le poids à la naissance ou au sevrage des lapereaux est positivement corrélé au poids à l'abattage [177]. Dans nos conditions expérimentales, les lapereaux issus des femelles multipares sont lourds de +9% à la naissance et +12% au sevrage en comparaison avec ceux issus des autres parités. Cependant, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les quatre parités étudiées.

La lactation et les performances des femelles...

... absence d'effet significatif sur l'ensemble des paramètres mesurés

Les résultats de cette étude montrent que tous les paramètres mesurés à G9 chez les femelles de la souche ITELV2006 ne varient pas significativement entre les femelles allaitantes et non allaitantes. Il est à signaler que les études sur l'effet de la lactation sur les performances de reproduction de la lapine sont souvent contradictoires. En effet, certains auteurs signalent un effet positif de la lactation sur les performances de la femelle [24]. Par contre, certains auteurs constatent un effet négatif [227,270, 271]. Alors que d'autres auteurs ne trouvent aucun effet [97,272].

Effet significatif de la saison sur la taille de la portée au sevrage et à 77 jours...

... mais non significatif sur la taille de la portée à la naissance

Les femelles de la souche ITELV2006 présentent un poids supérieur à celui noté chez les femelles de population locale, ceci pour les trois saisons étudiées [259]. **L'effet de la saison** est significatif sur **le poids des femelles**. En effet, quel que soit la période de mesure, les femelles montrent un poids significativement plus élevé en hiver qu'en été. Nos résultats sont en adéquation avec plusieurs auteurs (la souche synthétique

ITELV2006, Gacem *et al.* [21] et la population locale algérienne, Zerrouki *et al.* [272] et Lebas *et al.* [273]. Un tel résultat serait lié à une meilleure consommation alimentaire durant les saisons fraîches (automne et hiver) comparée à celle mesurée en été, ceci se traduit par un poids élevé, résultat de meilleur stockage des réserves lipidiques [88,274].

Contrairement à la taille de la portée à la naissance, **le nombre de lapereaux sevrés** est affecté par la saison, en faveur de l'hiver. Cependant, l'automne suivi par l'été, montrent les valeurs les plus faibles de la taille de la portée au sevrage. Nos résultats sont accord avec ceux rapportés par Abdel-Azeem *et al.* [65]. Ces résultats pourraient être expliqués par les températures idéales en hiver favorisant la consommation d'aliment et par conséquent, une augmentation de la production laitière [275,276]. Pour cela, cette saison est recommandée pour la mise en reproduction des lapines élevées dans les pays à climat chaud comme l'Egypte [41]. Le nombre de lapins à l'âge de 77 jours est plus élevé en hiver, tel que démontré par Ghosh *et al.* [277].

Par ailleurs, l'effet de la saison est également significatif sur le **poids de la portée à la naissance**. En effet, l'hiver se caractérise par le poids le plus élevé (478g). Nos résultats corroborent ceux signalés dans la littérature par plusieurs auteurs [242,243]. Cependant, Zerrouki *et al.* [14,70], n'ont pas mis en évidence un effet significatif de la saison sur le poids de la portée à la naissance. L'effet des températures élevées durant la saison estivale sur le poids des lapereaux est déjà signalé dans la littérature. Selon Szendrő *et al.* [37], la température élevée a un double effet : elle affecte directement les fonctions physiologiques de la femelle et réduit l'ingéré alimentaire. Abdel Azeem *et al.* [65] expliquent que pendant les mois chauds une diminution de la consommation alimentaire des femelles gravides est notée, elle est suivie d'une dépression de l'activité thyroïdienne ainsi qu'une diminution des taux métaboliques affectant négativement le poids de la portée et le poids moyen du lapereau à la naissance. En outre, une diminution de 20 à 30% du flux sanguin vers les différentes parties de l'utérus est observée chez les femelles soumises à des températures élevées, ceci pourrait affecter négativement le poids des fœtus [241].

Dans notre étude, **le poids au sevrage** n'a pas varié significativement en fonction des trois saisons étudiées. Cependant, un écart non significatif de +13% en faveur de l'automne est noté par rapport à l'été. Une baisse des performances de croissance des

lapereaux durant la saison estivale est signalée également par Belhadi *et al.* [278]. Celle-ci est justifiée par une diminution de la production laitière [279]. En effet, jusqu'au sevrage, le poids de la portée dépend essentiellement, parallèlement à son génotype, de l'effet maternel. Or, l'effet de la saison affecte le poids des lapereaux après le sevrage. De plus, Risam *et al.* [280] affirment que le poids de la portée au sevrage est contrôlé par le nombre des lapereaux vivants jusqu'au sevrage.

Notons également, que dans nos conditions expérimentales, le **poids à l'âge de 77 jours** est affecté par la saison et le meilleur poids est noté en automne. Nos résultats sont en contradiction avec ceux de Belhadi *et al.* [278] qui signalent un poids plus élevé en hiver comparativement à l'été et à l'automne. Ils sont également en contradiction avec ceux d'Abdelghafar *et al.* [280] qui enregistrent un effet significatif de la saison, en faveur de l'hiver. Ces derniers auteurs indiquent que la saison a eu un effet significatif sur le gain de poids journalier et sur l'ingestion alimentaire, plus élevés en hiver. Les auteurs ajoutent aussi que le faible taux de croissance observé en été est lié principalement à une baisse de la consommation alimentaire régulière avec l'augmentation de la température (20g/j en été vs 28g/j en hiver).

Cependant, dans notre étude, le poids des lapins noté en été est plus élevé par rapport à celui mesuré en hiver (+152g ; un gain non significatif). Un tel résultat serait lié à une consommation alimentaire non influencée par les hautes températures estivales et montrant donc, une bonne adaptation de la souche synthétique ITELV2006 au stress thermique [23,62].

Performances des lapines de G0 à G9...

...résultats en accord avec les données de la littérature

La taille de la portée à la naissance de la souche synthétique ITELV2006 estimée durant 9 générations est de 9,04 lapereaux. Elle est tout à fait comparable à celle rapportée par plusieurs auteurs [24,25]. En revanche, elle est supérieure à celle notée chez les lapines de population locale algérienne, en moyenne 7 lapereaux [25,62]. En comparaison avec les lapines de population locale marocaine [76], égyptienne [56] et Pakistanaise [281], les lapines de la souche ITELV2006 présentent une taille de portée toujours supérieure. Cependant, elle est inférieure à celle obtenue sur les différentes lignées maternelles européennes, avec une moyenne de 11 lapereaux [91,173].

Dans nos conditions expérimentales, **la taille de la portée au sevrage** est de 5,5 lapereaux, cette valeur est inférieure à celles notées dans plusieurs travaux (7,08 lapereaux, Gacem *et al.* [21] et 6,85 lapereaux, Zerrouki *et al.* [24]). Elle reste inférieure également à celles des différentes lignées maternelles européennes [91,173]. Cependant, elle est supérieure à celles constatées chez les différentes populations locales égyptiennes [56,282].

Chez les femelles de la souche ITELV2006, **le poids moyen des lapereaux à la naissance** est similaire à celui mesuré chez les lapines de même origine génétique [24, 262]. Ce dernier est, toutefois, supérieur à celui rapporté chez les différentes populations locales et races étrangères (Chinchilla Giganta, Géant Papillon Français et Simenwar), étudiées par Abdel-Azeem *et al.* [65].

Le poids moyen au sevrage des lapins de la souche ITELV2006 est plus élevé en comparaison avec celui enregistré sur les différentes lignées maternelles (+12%) [191]. Un tel résultat pourrait être lié selon Zerrouki *et al.* [24] aux meilleures performances de lactation de cette souche. Cependant, l'effet défavorable du stress thermique sur la croissance en période d'engraissement est bien connu [283], ce qui expliquerait un **poids** plus faible en fin **d'engraissement** dans notre souche (- 9%) que dans les lignées maternelles européennes [194], malgré le fait que la fin de la période d'engraissement est entreprise plutôt pour ces lignées (63 jours).

Enfin, **le coefficient de variation** de la taille de la portée a augmenté de la naissance au sevrage (32% à 56%), en accord avec les résultats de Ragab et Baselga [173].

...Tendances génétiques...

La taille de la portée à la naissance montre un progrès de +0,03 lapereau par génération. Il est plus faible que celui enregistré chez la souche synthétique à la 6^{ème} génération (+0,47), cité par Chekiken [284]. Le progrès obtenu dans notre expérimentation est faible également à celui de la lignée V Espagnole [77] et ceux de la population locale (+0,07 pour Saidj [285] et 0,14 pour Mefti [165]). La réponse à la sélection est estimée à 0,06 lapin par génération dans les lignées sélectionnées pour la taille de la portée à la naissance [39,129].

D'autre part, le progrès obtenu pour **le nombre des nés vivants** est encore plus faible, mais il est positif (+0,018). En revanche, l'estimation obtenue dans notre étude est

supérieure à celle mesurée à la 6^{ème} génération sur la même souche (-0,08) [262]. Un tel résultat est probablement lié à un taux élevé de mortalité enregistré au cours de cette dernière génération [284]. En revanche, la valeur enregistrée dans notre étude est faible comparée à celle rapportée par Garreau *et al.* [161] (+0,13).

A ***l'abattage***, le progrès noté pour ***la taille de la portée et le poids*** est de +1,18 et 2,98 respectivement. Notre résultat est inférieur à celui noté chez une lignée maternelle de population locale 24,49g [286] et à ceux mentionnés par la littérature sur les différentes races et souches de lapin [50, 181,287].

Estimations des paramètres génétiques...

...faible héritabilité des paramètres de reproduction et ceux de croissance

L'héritabilité de la taille de la portée (h^2) est faible et diminue de la naissance au sevrage. Les estimations mesurées dans cette étude sont de 0,126 pour le nombre des nés totaux, 0,054 pour le nombre de nés vivants et de 0,025 pour le nombre des lapereaux sevrés. Les estimations de l'héritabilité pour les caractères de la taille de portée montrent beaucoup de variations dans la littérature, des valeurs faibles à modérées sont soulignées. Nos estimations sont tantôt similaires tantôt différentes à celles rapportées dans la littérature sur les différentes lignées et races de lapins, mais la décroissance des valeurs de la naissance au sevrage est en accord avec la bibliographie [34].

En effet, nos estimations sont similaires à celles notées par Gomez *et al.* [83], Rastogi *et al.* [170], Nofal *et al.* [288] et Nguyen *et al.* [289] chez le lapin, mais supérieures à celles enregistrées par García et Baselga [166] et Piles *et al.* [290].

En revanche, elles sont inférieures à celles mesurées par García et Baselga [30], Mantovani *et al.* [291], Lenoir et Garreau [292] et Abou khadiga *et al.* [74]. Nos résultats sont également inférieurs à ceux mentionnés chez la souris (0,31 et 0,12 respectivement pour le nombre des nés vivants et sevrés, Chiang *et al.* [293] et ceux indiqués chez le porc [294].

Selon Nofal *et al.* [288], les faibles estimations d'héritabilité pourraient être liées à la variation de l'effet maternel. Il a été déjà démontré que l'efficacité de la sélection sur la taille de la portée a souvent été limitée, d'une part, par la faible héritabilité de ce critère

[197,295] et, d'autre part, par la faible intensité de sélection praticable notamment par la voie mère-fille [296]. A ces effets s'ajoute celui du milieu qui influe sur les caractères de reproduction [106,165]. Notons que les paramètres de la taille de la portée sont liés uniquement à la femelle, ajoutons les effets précédemment expliqués : l'intensité de la sélection est plus faible que lorsque les deux sexes expriment un paramètre [34]. Afin d'augmenter la précision des estimations des valeurs génétiques, et donc la progression dans le programme de sélection, il est recommandé de considérer autant d'enregistrements individuels et relatifs que possible pour l'évaluation génétique des femelles et des mâles, même si l'intervalle générationnel augmente [296].

D'autre part, vu que dans la majorité des études menées sur le lapin [84] et sur le porc [297], la sélection sur la taille de la portée n'a pas abouti aux résultats attendus, en raison des très faibles réponses par génération chez les deux espèces [190,204] ; les chercheurs ont dirigé leurs objectifs vers la sélection indirecte basée sur les composantes biologiques de la prolificité [232, 297,298].

Les estimations de ***l'effet permanent*** (p^2) des paramètres de la taille de la portée sont faibles mais différentes de zéro (entre 0,05 et 0,08). Nos résultats sont similaires à ceux mentionnés par Lukefahr et Hamilton [131] et Sorensen *et al* [299], notant ainsi des petites valeurs de l'effet permanent (non significativement différentes de zéro) pour les paramètres de la taille de la portée. Par contre, en climat chaud, Ragab et Baselga [173] citent des valeurs entre 0,08 et 0,11 pour une lignée maternelle sélectionnée sur la taille de la portée au sevrage ; alors que Al-Saef *et al.* [171] trouvent des valeurs situées entre 0,11 et 0,18 pour une lignée Saoudienne. Cependant, Rastogi *et al.* [170] relevent des valeurs comprises dans le rang de 0,10 et 0,22 pour des lapins élevés dans un environnement tropical humide. Selon la récente synthèse de Garcia et Argente [34], les estimations du rapport entre la variance environnementale permanente et la variance phénotypique sont assez faibles pour la taille de la portée à la naissance. En accord avec l'héritabilité, les valeurs estimées diminuent de la naissance (0,11 en moyenne) à l'abattage (0,08 en moyenne), indiquant ainsi un effet élevé de l'influence environnementale sur la taille de la portée.

Les estimations de la répétabilité (r) sont modérées pour le nombre des nés totaux et le nombre de nés vivants (0,178 et 0,141 respectivement), mais faibles pour le nombre des lapereaux sevrés (0,087). Saidj [285] a mentionné des estimations comparables

chez une lignée maternelle de la population locale à l'exception au sevrage, l'auteur a indiqué une répétabilité plus élevée (0,17). Nos résultats sont inférieurs à ceux de la souche synthétique APRI, située dans le rang de 0,27 à 0,34, soulignés par Abou-Khadiga *et al.* [74] et inférieurs aussi à ceux cités par Rostogi *et al.* [170].

En revanche, la décroissance des valeurs de la répétabilité selon l'âge est en accord avec les données de la littérature précédemment citée. Notons que lorsque la répétabilité est faible, plusieurs données de la taille de la portée de la femelle doivent être enregistrées pour augmenter la précision de l'évaluation génétique sous un modèle de répétabilité. Piles *et al.* [290], expliquent que l'indice de sélection pourrait être envisagé (comme une 2^{ème} méthode) pour la taille de la portée à différentes parités puisque ces dernières sont considérées comme des paramètres différents. Cependant, ces mêmes auteurs ont conclu que la réponse à la sélection serait probablement la même pour les deux méthodes parce que les précisions de la valeur de reproduction prédite sous les deux modèles sont presque égaux.

Paramètres de croissance de la souche ITEL V2006...

...faiblement héritables aux cours des générations

En ce qui concerne les estimations de ***l'héritabilité pour les paramètres de croissance***, elles sont faibles (0,033 et 0,059, respectivement pour le poids au sevrage et à l'abattage). Nos résultats sont inférieurs à ceux rapportés par De Rochambeau [196] pour le poids au sevrage. Cet auteur a souligné des valeurs égales à 0,08 et 0,09 pour deux lignées sélectionnées respectivement sur la taille de la portée à la naissance et au sevrage pendant 18 générations. De même, Nofal *et al.* [288] ont obtenu une estimation similaire. Toutefois, García et Baselga [194] obtiennent une héritabilité plus élevée dans une lignée maternelle pour le poids au sevrage (0,224). Or, la souche Apriline a marqué des valeurs de 0,11 et 0,10 pour le poids à la naissance et au sevrage respectivement [74]. Aussi, Khan *et al.* [281] ont obtenu, chez une population locale, une héritabilité élevée pour le poids au sevrage (0,94). Des valeurs élevées notées dans cette dernière étude sont liées à un sevrage tardif des lapereaux (45 jours), ce qui implique un poids plus important.

L'héritabilité du poids à l'âge de 75 jours est légèrement faible comparée à celle citée par Nofal *et al.* [288] qui est de 0,07. En revanche, elle est très faible comparée à celle notée, d'une part par Blasco *et al.* [162], avec une valeur de 0,27 et celle enregistrée par García et Baselga [194], avec une valeur de 0,32 d'autre part.

Il est à noter que nos résultats, bien qu'ils soient faibles, sont comparables à ceux indiqués dans la littérature, à savoir entre 0,03 à 0,48 pour le poids au sevrage et entre 0,06 et 0,67 pour le poids à l'abattage.

Il est à signaler qu'il est difficile de comparer nos valeurs à celles signalées dans la littérature en raison des conditions d'expérimentation différentes d'une étude à une autre. Cependant, une différence dans les valeurs serait liée à l'âge du sevrage (entre 28 à 42 jours) et celui de l'abattage variant de 11 à 13 semaines [34].

Les valeurs de **l'effet permanent (p^2)** montrent une décroissance entre les âges, ainsi la valeur la plus élevée est notée à la naissance (0,08 qui est égale à l'héritabilité pour le même âge) pourrait être liée selon Abou khadiga *et al.* [19], au fait que le poids de la portée à la naissance est plus influencé par les performances maternelles prénatales de la femelle. Les lapereaux nouvellement nés semblent encore affectés par l'environnement utérin de leur mère. Les présents résultats confirment ceux de plusieurs auteurs [19, 170, 171, 288]. Ces derniers auteurs ont constaté que les estimations h^2 sont plus élevées que celles de p^2 pour la plupart des caractères de poids des portées.

La répétabilité du poids à la naissance et au sevrage est de 0,16 et 0,14 respectivement. Abou khadiga *et al.* [74], indiquent des valeurs plus importantes, particulièrement à la naissance (0,31). En revanche, nos résultats sont supérieurs à ceux cités par Al-Saef *et al.* [171].

L'effet maternel (m^2) présente des estimations plus élevées que l'héritabilité (0,072 pour le poids au sevrage et 0,081 pour le poids à 75 jours). Par ailleurs, **l'effet commun de la portée** qui explique une plus grande part de la variance phénotypique est de 0,636 et 0,381 respectivement pour le poids au sevrage et à l'abattage. Ces estimations sont plus élevées que celles de l'héritabilité et de l'effet maternel et diminuent avec le temps. Ces résultats sont en accord avec les observations rapportées par plusieurs auteurs [139, 194, 300]. Garcia et Argente [34] ajoutent que l'effet de la portée est

particulièrement important pour le poids au sevrage (0,47 en moyenne), et dans une moindre mesure pour le poids à l'abattage (0,28 en moyenne).

Il est à souligner que l'effet commun de la portée diminue avec le temps et ses estimations sont plus élevées pour les paramètres de croissance au sevrage qu'en fin d'engraissement [194,300].

Etudes des corrélations chez la souche ITELV2006...

...corrélations négatives entre les paramètres de reproduction et de croissance

Les corrélations génétiques et phénotypiques sont similaires en termes de signe et d'amplitude pour les caractères de reproduction et de croissance. En ce qui concerne ***les corrélations génétiques***, le nombre des nés totaux et des nés vivants sont fortement et positivement corrélés avec le nombre de lapins sevrés. En général, la littérature rapporte des estimations positives et élevées entre les caractères de taille de portée, allant de +0,96 à +0,99 pour la taille de la portée à la naissance et le nombre de nés vivants, et de +0,60 à +0,98 pour le nombre de nés vivants et la taille de la portée au sevrage [34]. Ragab et Basalga [173] observent des valeurs similaires à nos résultats, par contre, le lapin néozélandais blanc se caractérise par des valeurs inférieures [288]. En outre, la corrélation entre le poids au sevrage et le poids à l'abattage est forte et positive, un résultat en accord avec Hanaa *et al.* [177] et Nofal *et al.* [288].

Par ailleurs, les nombres des nés totaux, nés vivants et sevrés sont négativement et fortement corrélés aux différents paramètres de croissance, notamment au poids de sevrage (-0,848, -0,922 et -0,854, respectivement pour les nombres des nés totaux, vivants et sevrés).

La bibliographie est rare et contradictoire pour les corrélations génétiques entre les traits de taille de portée et les ceux de croissance [34]. Nos résultats corroborent ceux rapportés par Gomez *et al.* (1996) dans les lignées maternelles. Cependant, ils sont contradictoires à García et Baselga [194] qui notent des corrélations entre la taille de la portée au sevrage et les paramètres de croissance proches de zéro, tandis que Camacho et Baselga [287], trouvent des corrélations positives dans les lignées sélectionnées sur le gain du poids quotidien.

Contrairement à nos résultats, Nofal *et al.* [288] soulèvent une importante corrélation positive et forte entre la taille de la portée au sevrage et à l'abattage avec les paramètres de croissance. Khan *et al.* [281] trouvent des corrélations positives entre la taille de la portée à la naissance et le poids au sevrage (0,53) et le gain de poids quotidien (0,16). Il est à souligner que l'augmentation de la taille de la portée liée à la sélection entraîne une diminution du poids individuel au sevrage [39, 40, 225].

De plus, il y a toujours une relation négative, faible mais significative, entre la taille de portée dont le lapereau est issu et son poids à 11 semaines d'âge [87], confirmant ainsi nos résultats.

La taille de la portée à la naissance montre **une corrélation phénotypique** forte et positive avec le nombre des nés vivants mais modérée avec le nombre de lapereaux sevrés (+0,40). Cela indique que la sélection pour l'un implique l'autre. Un résultat similaire est cité par Khalil *et al.* [135] pour la population Giza White et Bauscat. Ces auteurs ajoutent que cette relation génétique indique que la sélection de la taille de la portée à la naissance améliorerait la taille de la portée au sevrage en tant que réponse corrélée.

Les paramètres de la portée présentent des corrélations phénotypiques très faibles en amplitude et négatives avec le poids individuel au sevrage et à l'abattage qui varie entre -0,01 et -0,05. Nos résultats sont inférieurs à ceux notés par Adeolu *et al.* [301] indiquant des corrélations entre les paramètres de la taille de la portée et le poids du lapereau variant de -0,52 à 0,72. Nos résultats indiquent qu'une augmentation de la taille de la portée à la naissance s'accompagne d'une faible diminution du poids du lapereau au sevrage ou à l'âge de la commercialisation. Cependant, Khalil *et al.* [135] signalent des corrélations phénotypiques, entre la taille de la portée et les paramètres du poids, positives et modérées à élevées avec des amplitudes qui semblent décroître à mesure que l'âge de la portée augmente.

5.5. Conclusion

A l'issue des résultats obtenus dans cette partie, nous pouvons conclure que :

Le poids des femelles de la souche ITELV2006 est comparable à celui rapporté dans les travaux ultérieurs pour le même génotype, mais il reste toujours supérieur au poids des femelles de population locale algérienne ou de souche blanche.

Les valeurs de **la taille de la portée à la naissance** enregistrées dans cette étude sont comparables à celles énoncées chez les lapines de même origine génétique ou sur les différentes souches synthétiques à travers le monde. Aussi, la souche ITELV2006 maintient sa supériorité en termes de taille de portée par rapport à la population locale algérienne (un gain de +1 lapereau). En revanche, la prolificité au sevrage est comparable avec la population locale.

L'étude des facteurs affectant les performances de la femelle montrent que **le poids de la femelle à la saillie** et à **la palpation** est affecté par la parité, et le meilleur poids est noté pour les femelles nullipares et primipares, résultats en contradiction avec la littérature. Par contre, ces femelles montrent les valeurs les plus faibles de **taille de portée** comparées aux femelles multipares.

La saison n'a eu d'effet que sur quelques paramètres. L'hiver s'est montré comme la saison la plus favorable (meilleurs **poids à la saillie, taille de portée au sevrage et à l'abattage**). Un tel résultat serait lié aux meilleures conditions climatiques et nutritionnelles favorables à la reproduction.

Le progrès génétique obtenu pour les différents paramètres est positif mais faible, néanmoins, il doit être considéré avec prudence, car la sélection de la souche synthétique n'a pas été menée de la même façon que celle des 3 premières générations, ce qui explique les fluctuations observées dans les réponses entre les générations. En effet, à partir de la 4^{ème} génération, le schéma ressemble beaucoup plus à des croisements menés entre les individus tout en prenant en considération le choix des familles pour éviter le risque de consanguinité.

L'héritabilité et la répétabilité des paramètres de la taille de la portée sont faibles et inférieures à celles énoncées dans la littérature. Les petites valeurs **de l'effet permanent (p^2)** obtenues témoignent que l'environnement n'a pas eu d'effet sur ces

paramètres génétiques, signifiant la faible pression de sélection ou la dérive des gènes ou encore l'augmentation de la consanguinité. De même, les paramètres de croissance présentent une héritabilité et une répétabilité faibles et inférieures à celles enregistrées par plusieurs auteurs. Cependant, ***l'effet commun de la portée*** plus élevé explique la plus grande part de la variance phénotypique et qui montre une alliance avec la littérature. La faible héritabilité et répétabilité des paramètres de la portée et de croissance exigent la définition d'un autre programme de sélection afin d'améliorer les performances de la souche ITELV2006.

L'étude des ***corrélations génétiques et phénotypiques*** des paramètres de reproduction et de croissance montrent des coefficients positifs et forts entre les différents paramètres de la taille de la portée. D'autre part, des corrélations négatives et faibles sont notées entre la taille de la portée et le poids des lapereaux.

CHAPITRE 6

ETUDE 2

6.1. Les objectifs :

La présente expérience vise en premier temps, à étudier chez les lapines de la souche ITELV2006 à la 10^{ème} génération (G10), le poids des lapereaux à la naissance et ses facteurs de variation. Dans un deuxième temps, nous avons étudié la croissance des lapereaux sous la mère, de la naissance au sevrage et les facteurs affectant leur survie. Enfin, nous nous sommes intéressés à l'étude des paramètres génétiques du poids des lapereaux (héritabilité, corrélations génétiques et phénotypiques).

6.2. Matériel et Méthodes :

L'expérimentation s'est déroulée au niveau du clapier de l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali. Elle s'est étalée du mois de juin jusqu'à la fin du mois décembre 2017.

6.2.1. Protocole expérimental :

Les différentes étapes de l'expérimentation sont regroupées dans la **figure 6.1**.

6.2.1.1. Les femelles expérimentales :

Au total, 82 femelles nullipares appartenant à la souche synthétique ITELV2006 sont utilisées dans cette expérience. Les caractéristiques de cette souche sont décrites dans la partie commune aux essais (**voir la page 76**). Les femelles sont saillies la première fois à l'âge de 5,5 à 6 mois, et 12 jours après la mise pour les parités suivantes. Le protocole de la saillie est présenté dans la partie commune aux essais (**voir la page 77**). L'ensemble des paramètres étudiés sur les femelles et les lapereaux sont mesurés au cours des 3 premières parités.

6.2.1.2. Identification de la qualité du nid :

Le jour de la mise bas, une vérification de la boîte à nid est effectuée très tôt le matin et la qualité du nid est alors évaluée. L'évaluation consiste à juger l'importance de l'utilisation des poils de la femelle pour la construction de son nid.

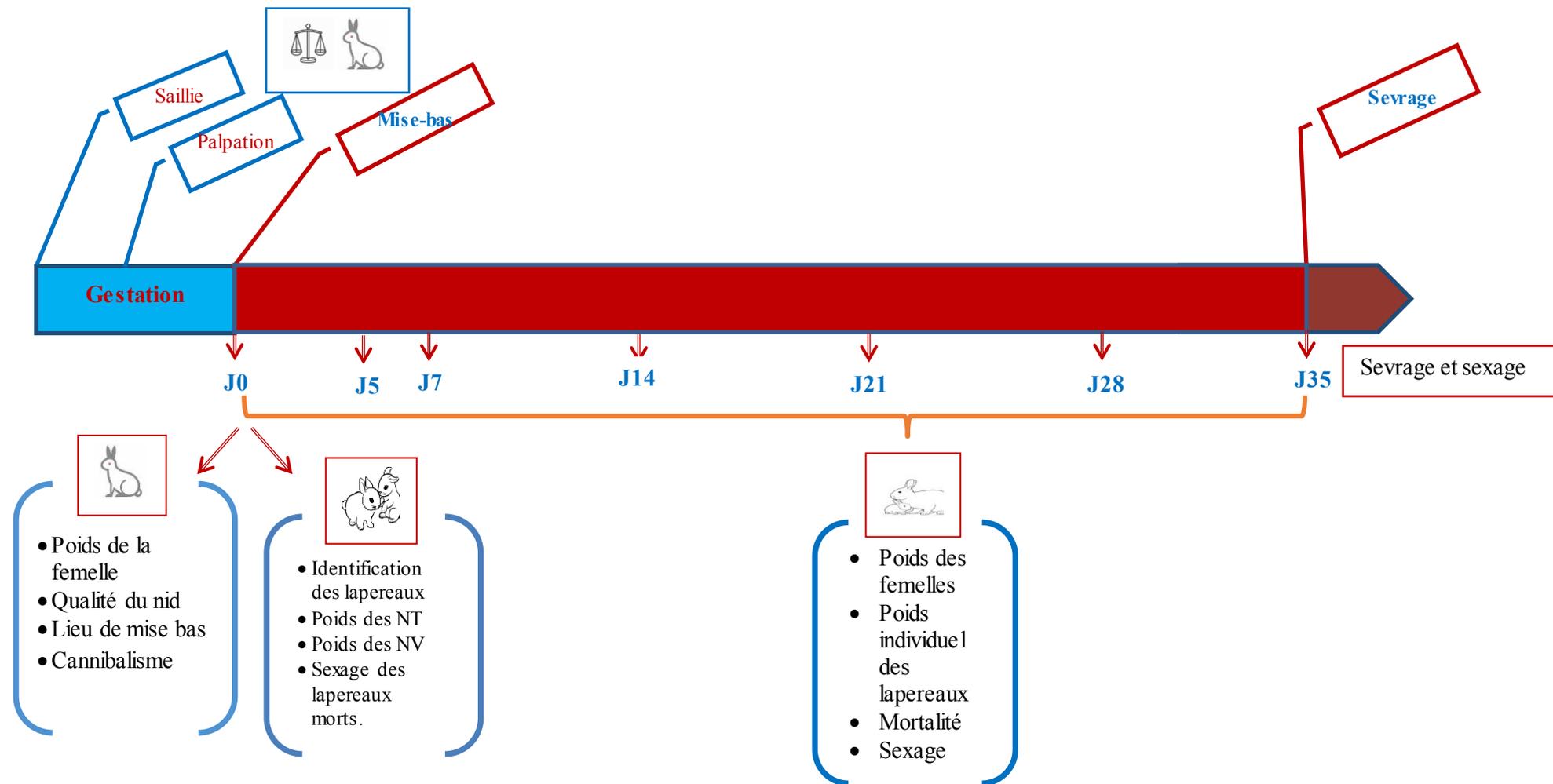


Figure 6.1: Protocole expérimental.

Trois scores sont considérés (**Figure 6.2**) :

1 : Excellent : un nid bien rempli de poils qui occupent toute la boîte à nid.

2 : moyen : un nid rempli moyennement de poils.

3 : mauvais : un nid qui contient très peu ou pas de poils.



Figure 6.2: Evaluation de la qualité du nid. 1 : un nid d'une excellente qualité ; 2 : un nid d'une qualité moyenne ; 3 : un nid d'une mauvaise qualité.

6.2.1.3. Lieu de mise bas :

Une fois la qualité du nid est évaluée, le lieu de la mise bas est également noté. Deux endroits sont considérés : mise bas dans la boîte à nid et mise bas hors du nid (**Figure 6.3**).



Figure 6.3: Lieu de la mise bas. A:mise bas dans la boîte à nid ; B : mise bas hors du nid.

6.2.1.4. Enregistrement des cas de cannibalisme :

Les cas de cannibalisme observés durant toute la période expérimentale sont enregistrés (**Figure 6.4**). Nous avons considéré que le cannibalisme a eu lieu lorsqu'au moins un lapereau est dévoré par sa mère.



Figure 6.4: Portée perdue suite à un cannibalisme.

6.2.1.5. Identification des lapereaux à la naissance :

Le jour de la mise bas, les lapereaux vivants sont identifiés. La méthode d'identification consiste à couper un doigt du lapereau et qui correspond à son numéro d'identification (**figure 6.5**). Pour ce faire, nous avons utilisé des ciseaux propres trempés préalablement dans une solution antiseptique (Betadine®).

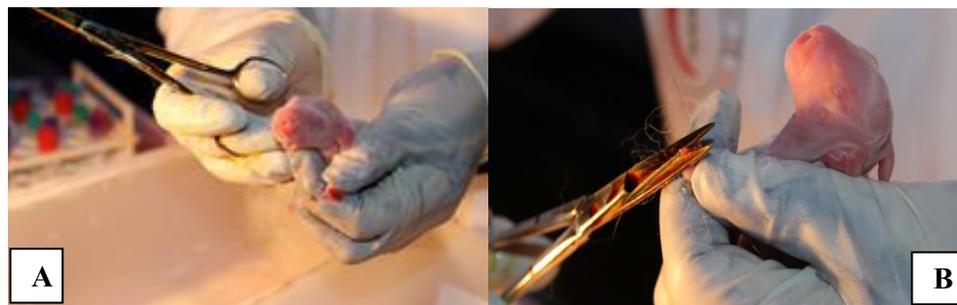


Figure 6.5 : matériel et identification des lapereaux à la naissance par amputation des doigts. A : identification des doigts ; B : amputation d'un doigt.

Le lapin possède 5 doigts sur ses pattes antérieures et 4 sur ses pattes postérieures. Pour le lapereau numéro 1 de la portée, le premier doigt de sa patte antérieure droite est amputé (**figure 6.6**). Ainsi, les 5 premiers lapereaux de la portée sont identifiés en utilisant uniquement les doigts de la patte antérieure droite. Pour le lapereau numéro 6, le premier doigt de la patte antérieure gauche est alors utilisé (**figure 6.6**).

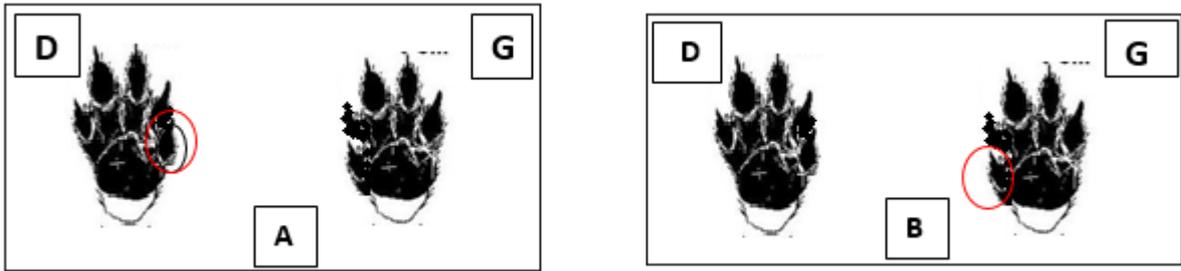


Figure 6.6: Identification des lapereaux à la naissance par amputation des doigts.
 A : identification du 1^{er} lapereau de la portée; B : identification du 6^{ème} lapereau de la portée ; D : côté droit ; G : côté gauche.

Pour les portées de plus de 10 lapereaux, les pattes posterieures sont utilisées de la même manière que les pattes antérieures (**Figure 6.7**).

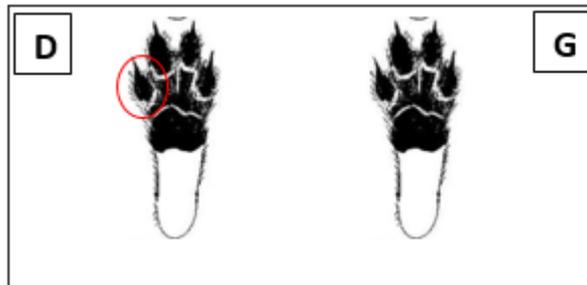


Figure 6.7: Identification du 11^{ème} lapereau de la portée par amputation du premier doigt de la patte postérieure droite. D : côté droit ; G : côté gauche.

Durant les 7 premiers jours qui suivent l'amputation, la plaie est nettoyée quotidiennement à l'aide d'une solution antiseptique (Betadine®) jusqu'à sa cicatrisation (**Figure 6.8**).



Figure 6.8 : Cicatrisation d'un doigt amputé.

6.2.1.6. Sexage :

6.2.1.6.1. Sexage à la naissance :

L'identification du sexe à la naissance concerne uniquement les lapereaux morts nés. Chaque lapereau est pesé et son poids est noté. Une incision est réalisée dans la cavité abdominale à l'aide d'un ciseau et les gonades sont alors extériorisées (**Figure 6.9**). Chez la femelle, on visualise une petite masse ovulaire et allongée. Par contre, chez le mâle, on observe une masse ovoïde reconnue grâce à la coiffe épидидymaire.



Figure 6.9: Identification du sexe par autopsie. A : lapereau de sexe femelle; B : lapereau de sexemâle .

- **Sexage au sevrage :**

Au sevrage, effectué à 35 jours, les lapereaux sont sexés par un examen direct de leur appareil génital (**Figure 6.10**). Chez le mâle, on extériorise un petit pénis, sous forme d'un petit tube arrondi ; chez la femelle par contre, la vulve apparaît sous la forme d'un orifice ovale à l'extrémité de l'appareil génital. Par la suite, les lapereaux sont tatoués puis transférés à la salle d'engraissement.

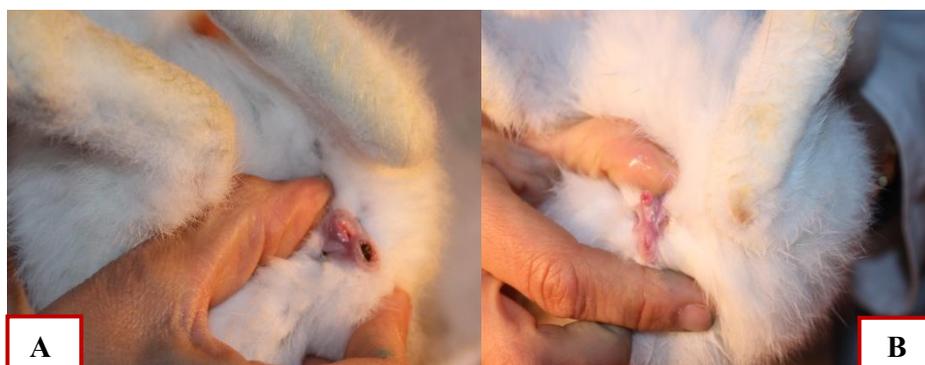


Figure 6.10 : Identification du sexe des lapins sevrés. A : lapereau de sexe femelle ; B : lapereau de sexe mâle.

6.2.1.7. Pesée des lapereaux :

A la mise bas, les poids de la portée (nés totaux et vivants) (**Figure 6.11**) et celui de la femelle sont notés. Les lapereaux vivants sont rapidement séparés de ceux morts, puis identifiés selon la méthode décrite dans la partie **6.2.1.5. Identification des lapereaux à la naissance**. Les poids individuels des lapereaux vivants ainsi que ceux de leurs mères sont enregistrés à la naissance et par la suite à J5, J7, J14, J21, J28 et au sevrage (J35), à l'aide d'une balance de précision. Au cours de la période pré-sevrage, les lapins morts sont également pesés, la date de leur mort est notée et leur sexe est identifié selon la méthode décrite dans la partie **6.2.1.6.1. Sexage à la naissance**.



Figure 6.11: Pesée des lapereaux. A : pesée d'un lapereau à la naissance ; B : pesée d'un lapereau au sevrage.

6.2.2. Alimentation :

Pendant la période expérimentale, les lapins sont nourris *ad libitum*. C'est une alimentation à base de granulé standard, composé de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son de blé, de calcaire, de phosphate bi calcique et de CMV spécial lapin. Cet aliment provient d'une unité de fabrication des aliments de bétails de Tlemcen.

A chaque nouvelle réception d'aliment au niveau du bâtiment, un échantillon est prélevé et identifié. A la fin, tous les échantillons sont mélangés et un échantillon représentatif ainsi broyé et analysé.

L'analyse de cet aliment est réalisée au niveau du Laboratoire d'Analyses Fourragères de l'Université Miguel Fernandez d'Elche en Espagne. La détermination de la composition chimique est faite selon les méthodes AFNOR [256].

La composition centésimale de masse de l'aliment montre une moyenne de 91% pour la matière sèche. Le taux des protéines brutes, de la cellulose brute, des matières grasses et des matières minérales, exprimées en % de matière sèche sont respectivement de 15,69, 14,52, 3,1 et 6,68%. Les moyennes des composantes des fibres sont de 32,06, 16,08 et 4,02% respectivement pour NDF, ADF et ADL (**Tableau 6.1**).

Tableau 6.1: La composition centésimale de masse de l'aliment utilisé en expérimentation.

Composante	Pourcentage (%MS)
Matière sèche	91,35
Protéines brutes	15,69
Cellulose brute	14,52
Matières grasses	3,1
Cendres	6,68
NDF	32,06
ADF	16,08
ADL	4,02

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

6.2.3. Analyses statistiques :

6.2.3.1. Analyses des performances :

Les résultats sont décrits par la somme des moindres carrés et la déviation standard. Les analyses sont réalisées avec le programme SAS (SAS Institute, 2020, version 9.1.3).

Performances de la femelle et sa portée : elles sont analysées en utilisant la procédure Mixed avec le modèle suivant :

$$y_{ijklm} = \mu + S_i + L_j + P_k + p_{ijkl} + e_{ijklm}$$

μ : la somme des moindres carrés ; S_i : l'effet de la saison avec 2 niveaux (l'été et l'automne), L_j : l'effet de la lactation avec 2 niveaux (femelles allaitantes et non allaitantes), P_k : l'effet de la parité avec 3 niveaux (nullipares, primipares et multipares), p_{ijkl} : l'effet permanent de l'environnement, e_{ijklm} : l'erreur.

La croissance des lapereaux et probabilité de survie : une régression Probit est réalisée pour analyser le poids du lapereau. Nous avons utilisé le modèle suivant :

$$Y_{ijklmnop} = \mu + S_i + L_j + P_k + N_l + CN_m + M_n + SX_o + C_{ijklmnop} + e_{ijklmnop}$$

μ : moyenne de la variable analysée ; S_i : la saison avec deux niveaux (été et automne), L_j : la lactation avec deux niveaux (femelles allaitantes et non allaitantes), P_k : la parité avec trois niveaux (nullipares, primipares et multipares), N_l : la qualité du nid avec trois niveaux (excellent, moyen et mauvais), CN_m : le cannibalisme avec deux niveaux (absence et présence du cannibalisme), M_n : lieu de la mise bas avec deux niveaux (mise bas dans la boîte à nid et mise bas sur cage), SX_o : le sexe du lapereau avec deux niveaux (mâle et femelle), $C_{ijklmnop}$: l'effet de l'environnement ; $e_{ijklmnop}$: l'erreur.

6.2.3.2. Analyses des paramètres génétiques :

Un total de 1696 lapereaux issus de 82 femelles sont pesées individuellement. Le fichier du pédigrée a inclus 1815 individus (mâles (n=37), femelles (n=82) et lapereaux (n=1696). Les paramètres étudiés sont les poids individuels des lapereaux à la mise bas (J0), J5, J7, J14, J21, J28 et au sevrage J35.

Le poids des lapereaux est analysé en utilisant la procédure Mixed avec le modèle suivant :

$$Y_{ijklmnopqr} = \mu + S_i + L_j + P_k + N_l + CN_m + M_n + SX_o + F_p + C_{ijklmnopq} + a_{ijklmnopqr} + e_{ijklmnopqr}$$

μ : moyenne de la variable analysée ; S_i : la saison avec deux niveaux (été et automne), L_j : la lactation avec deux niveaux (femelles allaitantes et non allaitantes), P_k : la parité avec trois niveaux (nullipares, primipares et multipares), N_l : la qualité du nid avec trois niveaux (excellent, moyen et mauvais), CN_m : le cannibalisme avec deux niveaux (absence et présence du cannibalisme), M_n : lieu de la mise bas avec deux niveaux

(mise bas dans la boîte à nid et mise hors nid), $\mathbf{S}X_o$: le sexe du lapereau avec deux niveaux (mâle et femelle), F_p : l'effet de l'environnement de la femelle ; $c_{ijklmnopq}$: effet aléatoire commun de la portée ; $a_{ijklmnopqr}$: valeur génétique additive aléatoire ; $e_{ijklmnopqr}$: effet résiduel.

Des analyses par la méthodologie bayésienne sont utilisées. Les distributions marginales a posteriori des paramètres et des composantes de la variance sont estimées à l'aide du programme TM [257]. La distribution a priori des matrices de variance génétique (C_o) et résiduelle est supposée être une distribution de Wishart inversée. Les plats a priori sont utilisés pour les effets fixes et les composantes de la variance. L'échantillonneur Gibbs est exécuté 1 000 000 de tours et les 500 000 premiers sont rejetés [257].

L'héritabilité (h^2) est définie comme étant le rapport entre la variance de l'effet additif et la variance phénotypique, calculée comme la somme des variances des effets aléatoires et de l'erreur. L'effet commun de la portée (c^2) est défini comme le rapport entre la variance de l'effet commun de la portée et la variance phénotypique. Enfin, l'effet permanent (p^2) est défini comme le rapport entre la variance des effets environnementaux permanents et non additifs sur la variance phénotypique.

6.3. Résultats :

Dans cette partie, nous étudions le poids de la femelle, des lapereaux et la croissance sous la mère ainsi que leurs facteurs de variation. Aussi, une étude de la probabilité de survie des lapereaux de la naissance au sevrage et en fonction de plusieurs facteurs sera présentée. Enfin, les paramètres génétiques du poids des lapereaux (héritabilité et corrélations) seront étudiés.

6.3.1. Etude phénotypique :

6.3.1.1. Analyses descriptives du poids de la femelle :

Les analyses descriptives du poids des femelles de la saillie au sevrage de leurs lapereaux sont présentées dans le **tableau 6.2**. Le poids des femelles de la souche ITELV2006 à la saillie est en moyenne 3432g. Le poids le plus élevé et le plus faible sont respectivement 5000g et 2365g, soit un écart de 2635g. Au cours de la période *post partum*, le poids des femelles subit une légère variation.

Tableau 6.2 : Etude descriptive du poids de la femelle de la souche ITELV2006.

		N	Moyenne	DS	Minimum	Maximum
Poids des femelles	Saillie	208	3432	415	2365	5000
	Palpation¹	207	3523	383	2600	5000
	J0²	208	3362	438	2000	5628
	J5	198	3465	382	2367	4982
	J7	197	3498	367	2206	4582
	J14	197	3508	350	2586	4484
	J21	196	3489	360	2388	4415
	J28	192	3560	408	2436	4392
	J35	190	3600	384	2740	4528

1 : palpation effectuée à 12 jours *post coitum* ; 2 : J0 correspond au jour de la mise bas ; DS : déviation standard.

6.3.1.2. Etude des facteurs de variation du poids de la femelle :

6.3.1.2.1. Effet de la saison :

L'évolution du poids de la femelle, de la saillie au sevrage des lapereaux et en fonction des saisons est illustrée dans la **figure 6.12**.

Dans nos conditions expérimentales, le poids vif moyen des femelles à la saillie ou à la mise bas est comparable entre les deux saisons étudiées (été et automne).

En analysant l'allure des courbes de poids des femelles, nous pouvons constater une dépression entre la palpation et la mise bas suivie d'une légère augmentation au 5^{ème} jour *postpartum*. L'écart de poids noté entre la palpation et la mise bas est similaire entre les deux saisons étudiées (6% ; $p>0,05$).

Entre le 5^{ème} jour et le sevrage (35 jours), le poids des femelles évolue de la même manière entre l'été et l'automne ($p>0,05$).

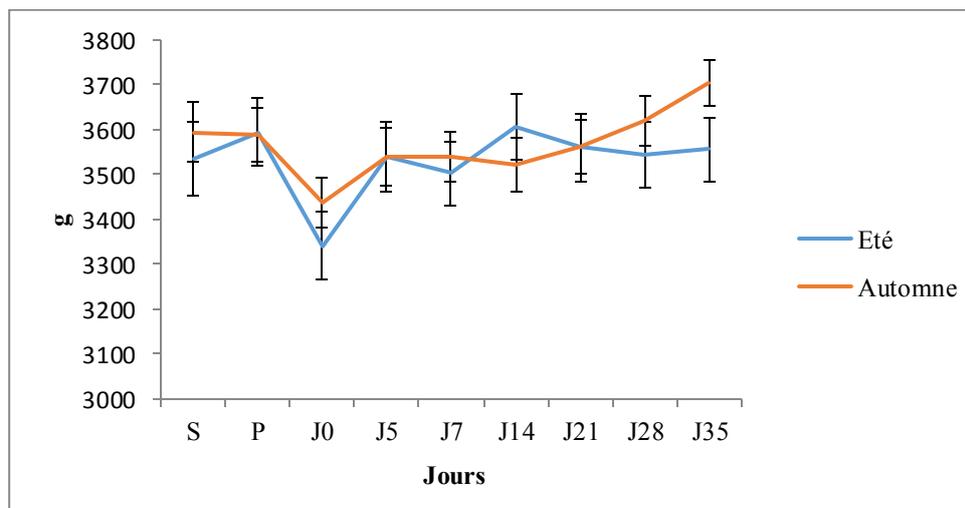


Figure 6.12 : Effet de la saison sur le poids de la femelle. **S** : saillie ; **P** : palpation.
Été (n=76) ; **Automne** (n=69).

6.3.1.2.2. Effet de la lactation :

La **figure 6.13** illustre l'évolution du poids des femelles allaitantes et non allaitantes de la saillie au sevrage.

Pour les deux groupes de femelles, le poids évolue de la même manière au cours de la période d'étude. En effet, le poids diminue de 6% et 4% de la saillie à la mise bas respectivement pour les femelles allaitantes et non allaitantes. Par la suite, il augmente progressivement jusqu'au sevrage.

En comparant les deux courbes de la saillie au 7^{ème} jour *postpartum*, nous avons enregistré un écart moyen significatif de +6%, en faveur des femelles non allaitantes ($p < 0,05$). Notons qu'entre 14 à 35 jours, l'écart entre les deux groupes de femelles tend à persister, mais n'atteint pas le seuil de signification ($p > 0,05$).

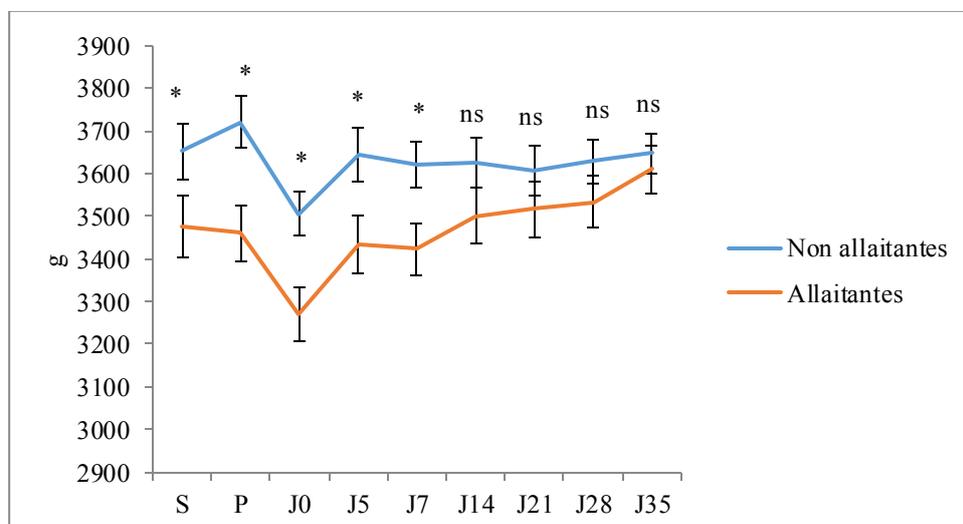


Figure 6.13 : Effet de la lactation sur le poids de la femelle. **S** : saillie ; **P** : palpation. **Non allaitantes** (n=75) ; **Allaitantes** (n=69). **ns** : non significatif ; * : $p < 0,05$.

6.3.1.2.3. Effet de la parité :

L'effet de la parité de la femelle sur l'évolution de son poids de la saillie au sevrage est illustré dans la **figure 6.14**.

A la saillie, le poids le plus élevé est noté pour les femelles multipares (3745g). Il est significativement différent de celui noté pour les femelles nullipares (+11 ; $p < 0,05$), mais tout à fait comparable à celui enregistré pour les femelles primipares (3745g vs 3600g ; $p > 0,05$). Les mêmes observations sont constatées pour le poids des femelles à la palpation et à la mise bas.

Cependant, nous ne constatons aucune différence significative entre les trois parités étudiées pour le poids des femelles entre 5 à 35 jours.

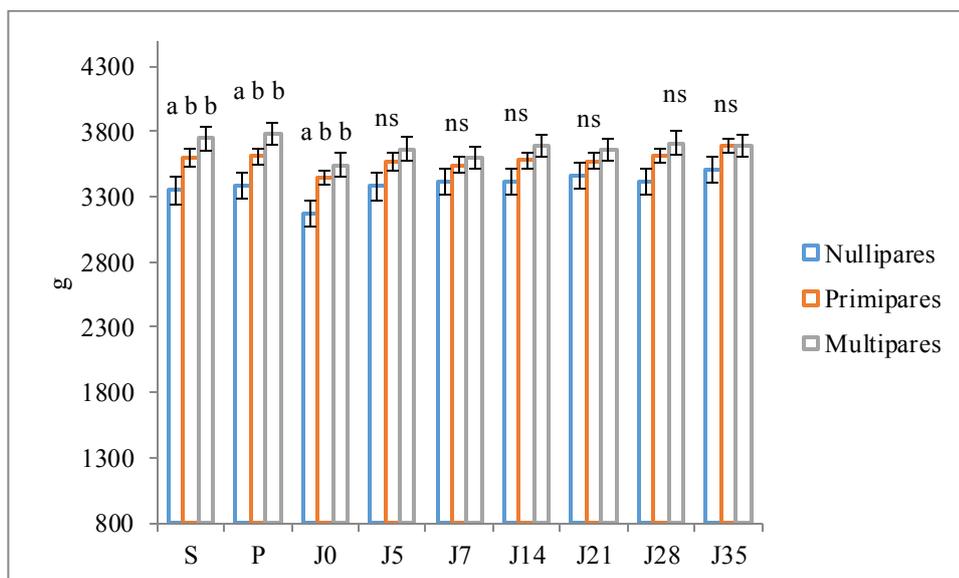


Figure 6.14 : Effet de la parité sur le poids de la femelle. **S** : saillie ; **P** : palpation. **Nullipares** (n=69) ; **primipares** (n=66) ; **multipares** (n=44). **ns** : non significatif ; **a,b,c...** : les barres affectées d'une lettre différente, diffèrent significativement entre elles au seuil de $p < 0,05$.

6.3.1.3. Analyses descriptives des performances de la portée :

Les analyses statistiques descriptives des paramètres de la portée des lapines de la souche ITEL2006 enregistrées à G10 sont regroupées dans le **tableau 6.3**. La taille de la portée à la naissance exprimée par le nombre des nés totaux est de 8,15 lapereaux. Le poids individuel moyen du lapereau à la naissance est de 54,02g. Celui-ci augmente progressivement de la naissance au sevrage (**figure 6.15**). En revanche, le nombre de lapereaux vivants décroît de la naissance au sevrage (**figure 6.15**). Par ailleurs, la survie des lapereaux à la mise bas est de 88%, par la suite, elle diminue progressivement tout au long du *postpartum* pour atteindre une valeur de 74% au sevrage. Enfin, le poids individuel moyen des lapereaux montre une grande variabilité comparée à celle notée pour le nombre de lapereaux vivants.

Tableau 6.3 : Etude descriptive des performances de la portée de la souche synthétique ITELV2006 à G10.

	Variables	N	Moyenne	DS	Minimum	Maximum
J0*	Nés totaux, nb	208	8,15	2,99	1,00	17,00
	PIML,g	208	54,02	13,14	12,73	96,16
	Nés vivants, nb	208	7,37	3,16	0	17,00
	Survie,%	208	0,88	0,23	0	1,00
	PIMLV, g	200	55,22	12,38	25,37	96,44
J5	Lapereaux totaux, nb	208	6,87	3,03	0	15,00
	Survie,%	208	0,83	0,24	0	1,00
	PIMLV, g	198	86,06	23,19	40,31	154,93
J7	Lapereaux totaux, nb	208	6,63	2,99	0	14,00
	Survie,%	208	0,80	0,26	0	1,00
	PIMLV	196	109,18	30,89	52,18	202,38
J14	Lapereaux totaux, nb	208	6,30	2,91	0	13,00
	Survie,%	208	0,77	0,27	0	1,00
	PIMLV	194	192,15	62,23	86,47	417,80
J21	Lapereaux totaux, nb	208	6,17	2,92	0	13,00
	Survie,%	208	0,75	0,28	0	1,00
	PIMLV	193	278,69	97,59	115,11	626,00
J28	Lapereaux totaux, nb	208	6,08	2,94	0	13,00
	Survie,%	208	0,74	0,29	0	1,00
	PIMLV	192	408,86	139,98	179,90	1032,00
J35	Lapereaux totaux, nb	208	6,05	2,93	0	13,00
	Survie,%	208	0,74	0,29	0	1,00
	PIMLV	191	603,37	203,21	244,52	1161,77

* : J0 correspond à la mise bas, **nb** : nombre ; **PIML** : poids moyen individuel du lapereau, **PIMLV** : poids moyen individuel du lapereau vivant ; **DS** : Déviation Standard.

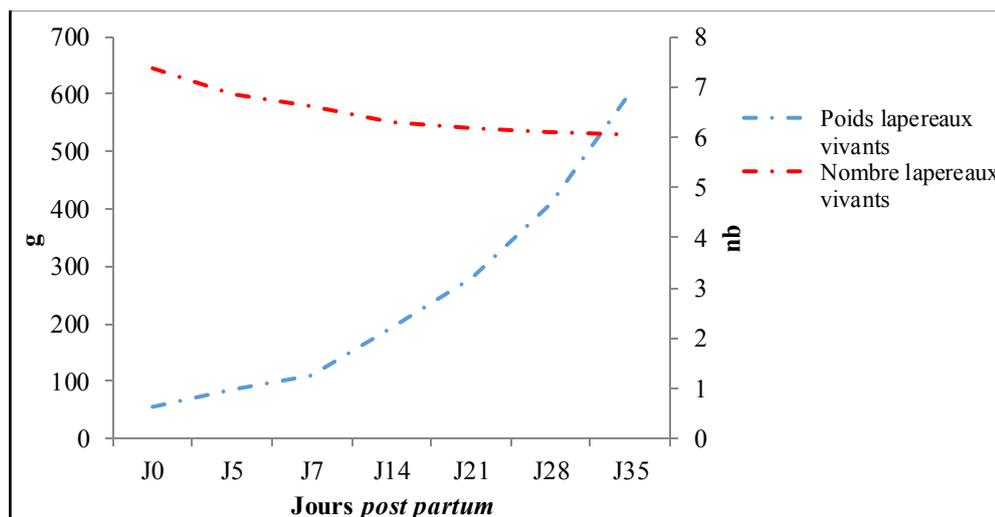


Figure 6.15 : Evolution du poids individuel moyen et du nombre de lapereaux vivants de la mise bas au sevrage. **nb** : nombre.

6.3.1.4. Etude des facteurs de variation des performances de la portée :

Les effets de la saison, de la lactation et de la parité de la femelle sur les performances de la portée sont présentés dans le **tableau 6.4**.

6.3.1.4.1. Effet de la saison :

Dans les conditions de cette étude, le nombre des nés totaux à la mise bas n'a pas varié significativement entre l'été et l'automne (7,75 vs 8,84 ; $p < 0,05$). Notons tout de même que le nombre de lapereaux vivants ne semble pas être affecté par l'effet saison, et ce de la mise bas au sevrage.

Contrairement au poids moyen individuel des lapereaux vivants et à la survie, le poids moyen individuel des lapereaux nés totaux est affecté par la saison d'étude, en faveur de l'automne (+13%, $p < 0,05$).

6.3.1.4.2. Effet de la lactation :

En ce qui concerne l'effet de la lactation, le nombre et le poids moyen individuel des lapereaux nés totaux sont comparables entre les femelles allaitantes et non allaitantes. En revanche, le nombre de lapereaux vivants est significativement plus élevé chez les femelles non allaitantes comparé à celui enregistré pour les femelles allaitantes

A la mise bas (J0), le poids moyen individuel des lapereaux vivants semble être affecté par la lactation et les lapereaux issus des femelles allaitantes sont plus lourds comparés à ceux issus des femelles non allaitantes : écart non significatif de 7% ($p > 0,05$). Cependant, de J5 au sevrage (J35), nous pouvons constater que ce dernier est significativement plus élevé chez les lapereaux issus des femelles allaitantes comparés à ceux issus des femelles non allaitantes.

Enfin, quel que soit la période de mesure, la survie des lapereaux n'a pas varié significativement entre les femelles allaitantes et non allaitantes.

6.3.1.4.3. Effet de la parité :

Dans nos conditions expérimentales, aucune différence significative n'est relevée entre les femelles nullipares, primipares et multipares, que se soit pour le nombre des nés totaux et vivants, le poids moyen individuel des lapereaux nés totaux ou la survie des lapereaux mesurée aux différentes périodes d'étude.

A J14, la parité de la femelle a eu un effet significatif sur le poids individuel moyen des lapereaux. En effet, les lapereaux issus des femelles nullipares sont significativement plus légers comparés à ceux issus des femelles primipares d'une part (174g vs 209g ; $p < 0,05$) et ceux issus des femelles multipares d'autre part (174g vs 215g ; $p < 0,05$). Par contre, nos analyses statistiques ne révèlent aucune différence significative entre les femelles primipares et multipares (209g vs 215g ; $p > 0,05$). Les mêmes observations sont constatées à J21, à J28 et au sevrage (J35).

Tableau 6.4 : Variation des paramètres de la portée en fonction de la saison, la lactation et la parité de la femelle (LSM±DS).

	Saison			Lactation			Parité			
	Été(n=783)	Automne (n=729)	P	Non(n=601)	Oui(n=911)	P	1(n=601)	2(n=469)	3(n=442)	P
A J0 (mise-bas)										
NT, nb	7,75±0,38	8,84± 0,51	0,179	9,05±0,36	7,54±0,42	0,274	8,16±0,71	7,80±0,37	8,92±0,62	0,232
PMINT, g	51,59±1,63	59,22±2,20	0,027	53,05±1,56	57,77±1,82	0,102	54,30±3,04	56,84±1,61	55,07±2,65	0,539
NV, nb	7,05±0,40	7,90±0,55	0,318	8,38±0,39	6,57±0,45	0,012	7,19±0,76	7,07±0,40	8,17±0,66	0,355
Survie,%	0,88±0,03	0,89±0,04	0,972	0,89±0,03	0,88±0,03	0,897	0,90±0,05	0,87±0,03	0,88±0,05	0,780
PMINV, g	54,05±1,51	58,95±2,03	0,125	54,53±1,46	58,47±1,69	0,143	52,92±2,82	57,69±1,50	58,88±2,44	0,300
A J5										
LV, nb	6,70±0,39	7,22±0,52	0,525	7,97±0,37	5,95±0,43	0,003	6,36±0,72	6,58±0,38	7,94±0,63	0,218
Survie, %	0,84±0,03	0,82±0,04	0,874	0,85±0,03	0,81±0,03	0,564	0,82±0,06	0,82±0,03	0,85±0,05	0,873
PMILV, g	83,81±2,79	93,19±3,74	0,110	82,96±2,68	94,05±3,12	0,025	83,44±5,19	89,03±2,77	93,04±4,49	0,551
A J7										
LV, nb	6,53±0,38	6,91±0,52	0,642	7,71±0,37	5,73±0,43	0,004	5,92±0,72	6,39±0,38	7,84±0,63	0,183
Survie, %	0,81±0,03	0,80±0,04	0,799	0,82±0,03	0,79±0,03	0,608	0,77±0,06	0,80±0,03	0,84±0,05	0,856
PMILV, g	106,40±3,7	117,85±5,02	0,145	104,93±3,59	119,32±4,18	0,030	104,76±6,98	113,48±3,71	118,12±6,02	0,492
A J14										
LV,nb	6,20±0,38	6,59±0,51	0,623	7,20±0,36	5,59±0,42	0,017	5,62±0,71	6,18±0,37	7,39±0,62	0,283
Survie, %	0,78±0,03	0,76±0,05	0,885	0,77±0,03	0,77±0,04	0,965	0,73±0,07	0,78±0,03	0,80±0,06	0,827
PMILV , g	195,90± 8,37	203,66±10,59	0,611	184,15 ±8,08	215,41± 9,14	0,0160	174,51±14,28 ^a	209,23± 8,26 ^b	215,62±12,36 ^b	0,054
A J21										
LV, nb	6,03±0,38	6,54±0,51	0,525	7,06±0,36	5,51±0,42	0,022	5,45±0,71	6,17±0,37	7,23±0,62	0,335
Survie, %	0,7578±0,03	0,76±0,05	0,964	0,758±0,03	0,7610±0,04	0,967	0,7148±0,07	0,78±0,03	0,78±0,06	0,683
PMILV, g	287,82±12,85	291±16,24	0,872	265± 12,40	313,71±14,03	0,015	242,14 ^a ±21,91	306,98 ^b ±12,69	319,98 ^b ±18,96	0,018

A J28										
LV, nb	5,95±0,38	6,44±0,51	0,546	6,96±0,37	5,44±0,43	0,026	5,29±0,71	6,13±0,38	7,18±0,62	0,314
Survie, %	0,74±0,03	0,75±0,05	0,966	0,74±0,03	0,75±0,04	0,939	0,69±0,07	0,77±0,03	0,78±0,06	0,573
PMILV, g	411,90±15,79	422,82±21,16	0,740	388,70±15,18	446,01±17,62	0,040	339,25 ^a ±29,52	449,92 ^b ±15,62	462,90 ^b ±25,33	0,002
A J35										
LV, nb	5,90±0,38	6,45±0,51	0,489	6,92±0,3686	5,43±0,42	0,288	5,30±0,71	6,09±0,37	7,14±0,62	0,324
Survie, %	0,74±0,03	0,75±0,05	0,889	0,74±0,03	0,75±0,04	0,888	0,69±0,07	0,77±0,03	0,77±0,06	0,596
PMILV, g	608,98±20,12	623,92±26,96	0,722	568,16±19,34	664,74±22,46	0,007	477,48 ^a ±37,66	680,25 ^b ±19,90	691,61 ^b ±32,27	<,0001

nb : nombre ; NT : nés totaux ; PMINT : poids moyen individuel des nés totaux ; NV : nombre des nés vivants, LV : nombre de lapereaux vivants ; PMINV : poids moyen individuel des nés vivants.

6.3.1.5. Etude de la croissance des lapereaux :

6.3.1.5.1. Analyses descriptives :

Les analyses statistiques descriptives des paramètres de croissance des lapereaux de la souche ITELV2006 mesurés de la naissance au sevrage sont regroupées dans le **tableau 6.5**. A la naissance, les poids des lapereaux nés totaux, nés vivants et morts sont respectivement 51,21g, 52,57g et 38,21g. Quel que soit la période de mesure, le poids des lapereaux vivants est toujours supérieur à celui noté sur les lapereaux morts (**figure 6.16**). D'autre part, les écarts du poids enregistrés entre les différentes dates de mesure sont toujours plus élevés chez les lapereaux vivants comparés à ceux des lapereaux morts.

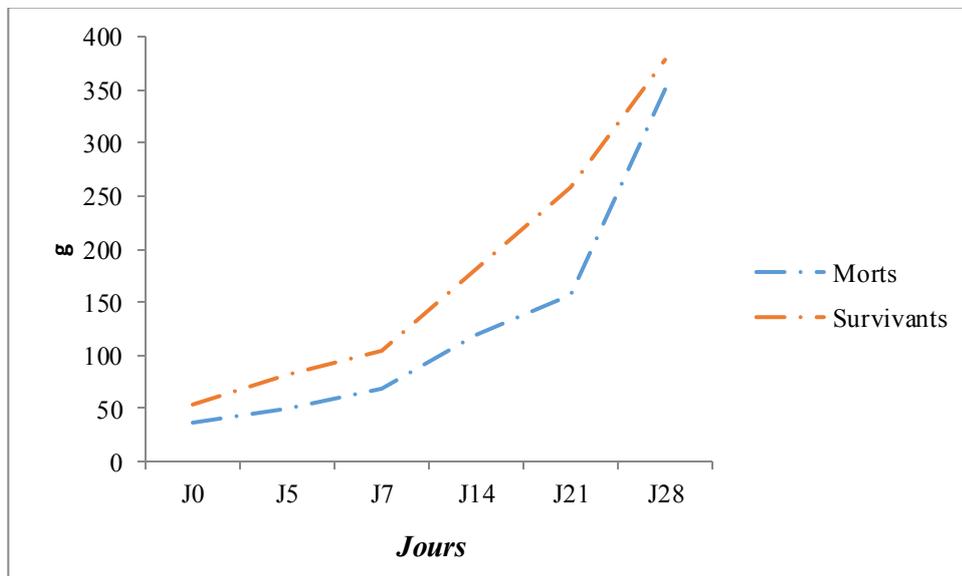


Figure 6.16 : Evolution du poids des lapereaux survivants et morts de la naissance au sevrage.

Tableau 6.5 : Les analyses descriptives de l'étude de la croissance des lapereaux de la naissance au sevrage.

Paramètres		N	Moyenn e	DS	Minimum	Maximum
J0	Nés totaux, g	1696	51,21	15,30	3,61	125,74
	Morts nés, g	171	38,21	19,30	3,61	89,97
	Nés vivants, g	1525	52,57	14,05	13,31	125,74
	Mortalité à J5, %	94	36,76	14,33	13,31	80,26
	Survie à J5,%	1431	53,80	13,38	21,45	125,74
	Augmentation entre J0 et J5, g	1431	27,45	15,77	-32,01	83,49
J5	Poids lapereaux totaux, g	1431	81,25	24,85	22,05	179,64
	Mortalité à J7, %	50	50,52	18,72	22,05	93,60
	Survie à J7,%	1381	82,37	24,33	25,80	179,64
	Augmentation J0 à J5 (morts), g	50	9,56	15,16	-8,66	51,88
	Augmentation J0 à J5 (vivants), g	1381	28,10	15,42	-32,01	83,49
	Augmentation J5 à J7 (vivants), g	1381	20,89	12,58	-32,17	124,10
J7	Poids lapereaux totaux, g	1381	103,26	31,95	28,50	237,17
	Mortalité à J14, %	69	68,58	22,59	28,50	146,60
	Survie à J14,%	1312	105,08	31,32	39,80	237,17
	Augmentation J5 à J7 (morts), g	69	7,10	10,69	-18,54	36,25
	Augmentation J5 à J7 (vivants), g	1312	21,61	12,25	-32,17	124,10
	Augmentation J7 à J14 (vivants),g	1312	74,48	33,69	-34,82	230,60
J14	Poids lapereaux totaux, g	1312	179,56	58,26	52,71	417,80
	Mortalité à J21, %	28	119,16	32,69	62,60	196,45
	Survie à J21, %	1284	180,88	58,00	52,71	417,80
	Augmentation J7 à J14 (morts), g	28	34,34	23,07	-13,38	85,51
	Augmentation J7 à J14(vivants),g	1284	75,35	33,36	-34,82	230,60
	Augmentation J14 à J21 (vivants), g	1284	75,96	39,25	-32,80	290,70
J21	Poids lapereaux totaux, g	1284	256,84	88,94	84,51	626,00
	Mortalité à J28, %	18	157,13	63,90	84,51	341,80
	Survie à J28,%	1266	258,26	88,46	86,84	626,00
	Augmentation J14 à J21 (morts), g	18	13,39	37,04	-32,80	103,85

	Augmentation J14 àJ21 (vivants),g	1266	76,85	38,57	4,72	290,70
	Augmentation J21àJ28(vivants), g	1266	119,82	56,13	-18,95	415,51
	Poids lapereaux totaux, g	1266	378,09	129,84	95,90	1032,00
	Mortalité à J35, %	7	350,37	254,08	95,90	683,00
	Survie à J35, %	1259	378,24	129,00	134,41	1032,00
J28	Augmentation J21 àJ28 (morts), g	7	118,84	152,57	-18,95	403,20
	Augmentation J21 àJ28 (vivants),g	1259	119,83	55,29	8,30	415,51
	Augmentation J28 àJ35 (vivants), g	1259	187,53	91,16	-59,20	535,60
J35	Poids lapereaux totaux, g	1259	565,77	198,72	201,30	1272,50

6.3.1.5.2. Etude des facteurs de variation de la croissance :

6.3.1.5.2.1. L'effet de la saison :

L'évolution du poids individuel et du gain de poids des lapereaux en fonction de l'âge et pour chacune des deux saisons est présentée dans le **tableau 6.6**.

A la mise bas, le poids individuel des nés totaux et celui des nés vivants n'est pas affecté par la saison de naissance. En revanche, durant leur première semaine de vie (entre J0 à J7), les lapereaux nés en automne présentent un poids vif significativement plus élevé comparé à celui des lapereaux nés en été (+10% et 7% respectivement à 5 et 7 jours d'âge ; $p < 0,05$), sans que cela ne se répercute sur le gain de poids ($p > 0,05$). Cependant, ces derniers écarts ne disparaissent pas quand le nombre de lapereaux nés totaux est rajouté au modèle statistique comme covariable.

Entre J14 et J35 d'âge, aucune différence significative n'est relevée entre les deux saisons tant pour les poids des lapereaux que pour les gains de poids.

6.3.1.5.2.2. L'effet de la lactation :

Le **tableau 6.7** décrit l'évolution du poids individuel et du gain de poids des lapereaux issus des femelles allaitantes et non allaitantes.

A J0, les poids individuels des lapereaux nés totaux et nés vivants, issus des lapines allaitantes et non allaitantes, ne sont pas significativement différents : en moyenne 48g et 53g, respectivement chez les lapereaux issus de femelles allaitantes et non allaitantes ($p > 0,05$). Par contre, la lactation affecte significativement la croissance des lapereaux à J5 et J7, en faveur des femelles non allaitantes (+6% à J5 et +8% à J7 pour le poids vif et +13% à J5 et +9% à J7 pour le gain de poids ; $p < 0,05$). Toutefois, l'analyse du poids individuel et du gain de poids des lapereaux à un nombre fixe de nés totaux, montre que les écarts notés entre les femelles allaitantes et non allaitantes perdent leur signification à J5 et J7.

Le même constat est observé durant les semaines qui suivent, tant entre J7 et J21 d'âge qu'entre J21 et J35. La croissance des lapereaux issus des femelles non allaitantes est significativement plus élevée que celle des lapereaux des femelles allaitantes (des écarts de gain de poids de +12% et +9% respectivement entre J7-J14 et J14-J21 et de +4% et +18% respectivement entre J21-J28 et J28-J35 ; $p < 0,05$). Aussi, les écarts notés pour le poids individuel et le gain de poids perdent leur signification quand le nombre de lapereaux vivants est utilisé comme covariable dans l'analyse statistique.

Tableau 6.6 : L'évolution du poids individuel et du gain de poids, chez les lapereaux de la souche ITELV2006, de la naissance au sevrage et en fonction de la saison (LSM± DS)

	J0 à J7							
	PIJ0	PINVJ0	PIJ5	PIJ5_{NT}	Δ₀₋₅	PIJ7	PIJ7_{NT}	Δ₅₋₇
Eté (n=783)	48,17 ± 1,57	53,04 ± 1,65	88,54 ± 2,96	84,75 ± 2,42	35,19 ± 1,91	110,94 ± 3,73	105,76 ± 3,09	22,48 ± 1,56
Automne (n=729)	48,85 ± 1,75	54,36 ± 1,81	93,73 ± 3,25	98,55 ± 2,64	37,08 ± 2,08	119,58 ± 4,09	124,57 ± 3,38	24,78 ± 1,70
P	<i>0,62</i>	<i>0,34</i>	<i>0,037</i>	<i><,0001</i>	<i>0,249</i>	<i>0,0072</i>	<i><,0001</i>	<i>0,0888</i>
	J14 à J35							
	PIJ14	Δ₇₋₁₄	PIJ21	Δ₁₄₋₂₁	PIJ28	Δ₂₁₋₂₈	PIJ35	Δ₂₈₋₃₅
Eté (n=783)	195,82 ± 6,43	86,90 ± 3,82	273,85 ± 9,76	76,53 ± 4,47	385,42 ± 13,76	113,05 ± 6,57	572,01 ± 19,35	193,95 ± 9,42
Automne (n=729)	204,21 ± 7,04	86,46 ± 4,21	279,13 ± 10,73	75,24 ± 4,93	395,56 ± 15,05	117,49 ± 7,21	581,44 ± 21,13	192,24 ± 10,29
P	<i>0,1336</i>	<i>0,8926</i>	<i>0,5253</i>	<i>0,7337</i>	<i>0,3946</i>	<i>0,4304</i>	<i>0,5707</i>	<i>0,8326</i>

PIJ0 : poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PINVJ0**: poids individuel des nés vivants à la mise; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **PIJ5_{NT}** : le poids à 5 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux; **Δ₀₋₅** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **PIJ7_{NT}** : poids individuel à 7 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux; **Δ₅₋₇** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème jour d'âge; **PIJ14** : poids individuel à 14 jours d'âge; **Δ₇₋₁₄** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge; **PIJ21** : poids individuel à l'âge de 21 jours; **Δ₁₄₋₂₁** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge; **PIJ28**: poids individuel à l'âge de 28 jours; **Δ₂₁₋₂₈**: la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge; **PIJ35** : poids individuel à l'âge de 35 jours; **Δ₂₈₋₃₅** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge.

Tableau 6.7 : L'évolution du poids individuel et du gain de poids mesurés entre la naissance et le sevrage chez les lapereaux issus des femelles allaitantes et non allaitantes (LSM± DS)

		J0 à J7									
		PIJ0	PINVJ0	PIJ5	PIJ5_{NT}	Δ₀₋₅	Δ_{0-5NT}	PIJ7	PIJ7_{NT}	Δ₅₋₇	Δ_{5-7NT}
Oui (n=911)		48,68 ± 1,58	53,83 ± 1,65	88,07 ± 2,95	91,52 ± 2,40	33,52 ± 1,90	34,81 ± 1,73	110,68 ± 3,71	114,43 ± 3,07	22,52 ± 1,55	23,85 ± 1,51
Non (n=601)		48,34 ± 1,65	53,57 ± 1,72	94,19 ± 3,09	91,78 ± 2,51	38,74 ± 1,98	37,14 ± 1,81	119,85 ± 3,88	115,90 ± 3,20	24,75 ± 1,62	24,41 ± 1,58
P		<i>0,76</i>	<i>0,82</i>	<i>0,002</i>	<i>0,880</i>	<i><,0001</i>	<i>0,072</i>	<i>0,0004</i>	<i>0,4993</i>	<i>0,0408</i>	<i>0,5973</i>
		J7 à J 21									
		PIJ14	PIJ14_{NV}	Δ₇₋₁₄	Δ_{7-14NV}	PIJ21	PIJ21_{NV}	Δ₁₄₋₂₁	Δ_{14-21NV}		
Oui (n=911)		190,79 ± 6,40	193,05 ± 5,27	81,09 ± 3,80	81,84 ± 3,35	264,10 ± 9,72	265,89 ± 7,70	72,11 ± 4,46	72,57 ± 3,96		
Non (n=601)		209,25 ± 6,68	197,91 ± 5,58	92,27 ± 4,01	86,64 ± 3,54	288,88 ± 10,20	269,62 ± 8,14	79,66 ± 4,69	72,88 ± 4,19		
P		<i><,0001</i>	<i>0,1884</i>	<i><,0001</i>	<i>0,4993</i>	<i>0,0003</i>	<i>0,4874</i>	<i>0,0148</i>	<i>0,9091</i>		
		J 21 à J 35									
		PIJ28	PIJ28_{NV}	Δ₂₁₋₂₈	Δ_{21-28NV}	PIJ35	PIJ35_{NV}	Δ₂₈₋₃₅	Δ_{28-35NV}		
Oui (n=911)		376,75 ± 13,70	377,22 ± 10,97	113,29 ± 6,54	112,60 ± 5,94	542,77 ± 19,25	544,63 ± 15,88	173,53 ± 9,37	172,99 ± 8,95		
Non (n=601)		404,23 ± 14,28	374,65 ± 11,61	117,26 ± 6,85	107,47 ± 6,24	610,68 ± 20,06	571,87 ± 16,74	212,65 ± 9,77	201,73 ± 9,37		
P		<i>0,0044</i>	<i>0,7358</i>	<i>0,0382</i> <i>6</i>	<i>0,2248</i>	<i><,0001</i>	<i>0,1136</i>	<i><,0001</i>	<i>0,1593</i>		

PIJ0 : poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PINVJ0**: poids individuel des nés vivants à la mise; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **PIJ5_{NT}** : le poids à 5 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux ; **Δ₀₋₅** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **Δ_{0-5NT}** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge corrigée par le nombre de nés totaux; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **PIJ7_{NT}** : poids individuel à 7 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux; **Δ₅₋₇** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème

6.3.1.5.2.3. L'effet de la parité :

L'effet de la parité sur l'évolution du poids et du gain de poids des lapereaux en fonction de la parité est rapporté dans le **tableau 6.8**.

A la mise bas (J0), les lapereaux nés totaux issus des femelles multipares sont significativement plus lourds comparés à ceux issus des femelles primipares (53,20g vs 49,80g ; $p < 0,05$) et ceux issus des femelles nullipares (53,20g vs 42,52g ; $p < 0,05$). De même, les femelles multipares donnent naissance à des lapereaux nés vivants significativement plus lourds comparés à ceux issus des femelles primipares et nullipares (+7% et +20% respectivement). De plus, l'introduction du nombre de lapereaux nés totaux comme covariable montre que les écarts de poids notés entre les parités restent toujours significatifs.

Entre J5 et J7 d'âge, les évolutions du poids et des gains de poids des lapereaux issus des femelles multipares et primipares deviennent comparables. Cependant, les lapereaux issus des femelles nullipares sont significativement plus légers comparés à ceux issus des femelles primipares d'une part (-11% en moyenne à J5 et J7) et ceux issus des femelles multipares d'autre part (-13,5% en moyenne à J5 et J7). Les mêmes observations sont constatées pour les gains de poids entre J0-J5 et entre J7-J14.

Entre J14 et J21 d'âge, les écarts enregistrés entre les différentes parités tendent à persister. Les lapereaux issus des femelles nullipares sont toujours plus légers comparés à ceux issus des femelles des autres parités (en moyenne -20% à J14 et -27% à J21). Cependant, les poids sont comparables entre les femelles primipares et multipares pour ces deux dernières dates. Par ailleurs, les lapereaux issus des femelles nullipares montrent des gains de poids significativement faibles comparés à ceux mesurés sur les lapereaux issus des primipares (68,75g vs 94,82g entre J7-J14 et 50,54g vs 86,93 g entre J14-J21) et multipares (68,75g vs 96,45g entre J7-J14 et 50,54g vs 90,18g entre J14-J21).

Cependant, les gains de poids sont comparables entre les femelles primipares et multipares pour les mêmes dates d'étude. Notons que lorsque le nombre de lapereaux vivants est utilisé comme covariable, les écarts pour le poids individuel des lapereaux et pour le gain de poids restent significatifs ($p > 0,05$).

Tableau 6.8 : L'évolution du poids et du gain de poids chez les lapereaux, mesurée entre la naissance et le sevrage et selon la parité de la femelle (LSM± DS)

	<i>J0 à J7</i>							
	PIJ0	PJ0_{NT}	PINVJ0	PINVJ0_{NT}	PIJ5	Δ₀₋₅	PIJ7	Δ₅₋₇
1 (n=601)	42,52 ^a ±1,92	41,96 ^a ±1,61	47,41 ^a ±1,98	48,19 ^a ±1,64	83,01 ^a ±3,54	32,94 ^a ±2,27	105,40 ^a ±4,45	21,06 ^a ±1,85
2 (n=469)	49,80 ^b ±1,64	47,22 ^b ±1,38	54,78 ^b ±1,70	54,09 ^b ±1,42	93,30 ^b ±3,05	36,89 ^b ±1,96	118,58 ^b ±3,84	24,79 ^b ±1,60
3 (n=442)	53,20 ^c ±1,75	51,95 ^c ±1,48	58,91 ^c ±1,81	59,64 ^c ±1,52	97,09 ^b ±3,27	38,57 ^b ±2,12	121,81 ^b ±4,14	25,05 ^b ±1,73
P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0333	<,0001	0,0100
	<i>J7 à J21</i>							
	PIJ14	Δ₇₋₁₄	Δ_{7-14NV}	PIJ21	PIJ21_{NV}	Δ₁₄₋₂₁	Δ_{14-21NV}	
1(n=601)	170,86 ^a ±7,68	68,75 ^a ±4,60	65,44 ^a ±4,06	220,93 ^a ±11,73	209,49 ^a ±9,33	50,54 ^a ±5,38	46,45 ^a ±4,80	
2(n=469)	211,23 ^b ±6,63	94,82 ^b ±3,95	90,33 ^b ±3,49	298,07 ^b ±10,08	282,74 ^b ±8,01	86,93 ^b ±4,63	81,50 ^b ±4,12	
3 (n=442)	217,96 ^b ±7,18	96,45 ^b ±4,22	96,94 ^c ±3,71	310,47 ^b ±10,83	311,03 ^b ±8,54	90,18 ^b ±4,96	90,22 ^b ±4,39	
P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	
	<i>J21 à J35</i>							
	PIJ28	PIJ28_{NV}	Δ₂₁₋₂₈	Δ_{21-28NV}	PIJ35	PIJ35_{NV}	Δ₂₈₋₃₅	Δ_{28-35NV}
1(n=601)	299,56 ^a ±16,44	281,06 ^a ±13,30	79,99 ^a ±7,88	73,35 ^a ±7,15	426,39 ^a ±23,0629	401,67 ^a ±19,17	132,10 ^a ±11,23	124,52 ^a ±10,74
2(n=469)	431,63 ^b ±14,17	407,16 ^b ±11,43	134,62 ^a ±6,78	126,46 ^b ±6,18	653,02 ^b ±19,9050	621,49 ^b ±16,50	228,70 ^b ±9,69	219,73 ^b ±9,28
3 (n=442)	440,28 ^b ±15,37	439,58 ^c ±12,18	131,20 ^b ±7,30	130,28 ^b ±6,67	650,77 ^b ±21,5672	651,60 ^b ±17,65	218,48 ^b ±10,50	217,82 ^b ±10,02
P	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001

PIJ0 : poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PIJ0_{NT}** : poids individuel à la mise bas corrigé par le nombre de nés totaux ; **PINVJ0**: poids individuel des nés vivants à la mise; **PINVJ0_{NT}** : poids individuel des nés vivants à la mise bas corrigé par le nombre de nés totaux; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **Δ_{0-5}** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **Δ_{5-7}** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème jour d'âge ; **PIJ14** : poids individuel à 14 jours d'âge; **Δ_{7-14}** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge; **Δ_{7-14NV}** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ;**PIJ21** : poids individuel à l'âge de 21 jours; **PIJ21_{NV}** : poids individuel à l'âge de 21 jours corrigé par le nombre de lapereaux vivants ; **Δ_{14-21}** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge ; **$\Delta_{14-21NV}$** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ; **PIJ28**: poids individuel à l'âge de 28 jours ; **PIJ28_{NV}** ; poids individuel à l'âge de 28 jours corrigé par le nombre de lapereaux vivants ; **Δ_{21-28}** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge; **$\Delta_{21-28NV}$** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ; **PIJ35** : poids individuel à l'âge de 35 jours d'âge ; **PIJ35_{NV}** : poids individuel à l'âge de 35 jours corrigé par le nombre de lapereaux vivants ; **Δ_{28-35}** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge ; **$\Delta_{28-35NV}$** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants.

Entre J21 et J35 d'âge, la parité a le même effet sur le poids vif et le gain de poids des lapereaux que durant la période précédente. Les lapereaux issus des lapines nullipares sont plus faibles que ceux des lapines primipares et multipares, même lorsque le nombre de lapereaux vivants est utilisé comme covariable dans l'analyse statistique.

6.3.1.5.2.4. L'effet de la qualité du nid :

L'évolution du poids individuel et du gain de poids des lapereaux, de la naissance au sevrage et en fonction de la qualité du nid est présentée dans le **tableau 6.9**.

A la mise bas, les lapereaux nés totaux et vivants qui naissent dans un nid de mauvaise qualité montrent un poids significativement (tendance pour les nés vivants $p=0,07$) élevé comparés à ceux qui naissent dans un nid de qualité moyenne (+12% en moyenne) et d'une excellente qualité (+13% en moyenne). Cependant, lorsque le poids des lapereaux nés totaux est corrigé par le nombre de lapereaux nés totaux, les écarts qui existent entre les différentes classes persistent.

A J5 et J7 d'âge, les lapereaux nés dans un nid de mauvaise qualité sont significativement plus lourds comparés à ceux nés dans un nid de moyenne ou d'excellente qualité. Les écarts de poids enregistrés restent toujours significatifs même après l'introduction du nombre de lapereaux vivants dans le modèle statistique comme covariable ($p<0,05$). En revanche, les poids des lapereaux qui naissent dans un nid de moyenne ou d'excellente qualité sont tout à fait comparables ($p>0,05$). Le gain de poids enregistré entre J0 et J5 a varié significativement entre les trois classes du nid. Les lapereaux qui naissent dans un nid de mauvaise qualité montrent un gain significativement plus élevé comparé à celui noté pour les lapereaux nés dans un nid de qualité moyenne (43,32g vs 29,47g ; $p<0,05$) et ceux qui naissent dans un nid d'excellente qualité (43,32g vs 35,61g ; $p<0,05$). Par contre, l'analyse statique ne révèle aucune différence significative entre les trois classes pour le gain de poids mesuré entre J5 et J7.

Entre J7 et J21 d'âge, l'évolution du poids individuel et du gain de poids est comparable entre les 3 classes de nid considérées dans cette étude.

Tableau 6.9 : Le poids individuel et le gain de poids mesurés chez les lapereaux de la naissance au sevrage et en fonction de la qualité du nid (LSM± DS)

J0 à J7										
	PIJ0	PJ0_{NT}	PINVJ0	PIJ5	PIJ5_{NT}	Δ₀₋₅	Δ_{0-5NT}	PIJ7	PIJ7_{NT}	Δ₅₋₇
Excellente (n=1415)	45,56 ^b ±1,16	44,71 ^b ±0,94	51,51 ^b ±1,26	88,73 ^b ±2,22	88,10 ^b ±1,73	35,61 ^b ±1,37	34,83 ^b ±1,25	112,85 ^b ±2,70	111,06 ^b ±2,21	22,89±1,12
Moyenne (n=77)	46,88 ^b ±1,77	45,68 ^b ±1,47	51,38 ^a ±1,85	83,22 ^c ±3,37	84,17 ^b ±2,70	29,47 ^c ±2,13	29,36 ^c ±1,95	106,03 ^b ±4,19	106,21 ^b ±3,45	22,34±1,74
Mauvaise (n=20)	53,09 ^a ±3,10	50,75 ^a ±2,65	58,22 ^b ±3,15	101,45 ^a ±5,63	102,68 ^a ±4,7	43,32 ^a ±3,69	43,74 ^a ±3,37	126,91 ^a ±7,18	128,23 ^a ±5,96	25,66±3,01
P	0,026	0,041	0,07	0,007	0,0008	0,0003	<,0001	0,0172	0,0021	0,5705
J7 à J 21										
	PIJ14	PIJ14_{NV}	Δ₇₋₁₄	Δ_{7-14NV}	PIJ21	PIJ21_{NV}	Δ₁₄₋₂₁	Δ_{14-21NV}		
Excellente (n=1415)	198,70±4,55	190,42±4,01	88,50±2,87	84,26±2,55	281,15±7,28	266,55±5,91	81,16±3,38	75,98±3,04		
Moyenne (n=77)	194,41±7,26	192,99±6,12	89,85±4,41	88,73±3,89	272,89±11,16	268,54±8,91	77,68±5,14	75,98±4,58		
Mauvaise (n=20)	206,94±12,5	203,03±10,08	81,68±7,28	79,73±6,40	275,43±18,60	268,17±14,6	68,82±8,49	66,22±7,51		
P	0,6186	0,3694	0,5664	0,2916	0,6531	0,9593	0,2231	0,3838		
J 21 à J 35										
	PIJ28	Δ₂₁₋₂₈	Δ_{21-28NV}	PIJ35	PIJ35_{NV}	Δ₂₈₋₃₅	Δ_{28-35NV}			
Excellente (n=1415)	406,95±9,94	127,07 ^a ±4,89	119,12 ^a ±4,35	611,88 ^b ±13,82	576,44 ^b ±11,99	204,72 ^b ±6,3	194,53 ^b ±6,4			
Moyenne (n=77)	381,02±15,8	109,43 ^b ± 7,48	105,53 ^b ±6,72	561,87 ^a ±21,54	544,71 ^a ±18,08	180,92 ^a ±10,49	175,07 ^a ±10,0			
Mauvaise (n=20)	383,49±26,5	109,32 ^{ab} ±12,51	105,45 ^{ab} ±11,50	556,42 ^{ab} ±37,70	553,61 ^{ab} ±30,61	193,64 ^{ab} ±18,4	192,48 ^{ab} ± 17,51			
P	0,1085	0,0080	0,0342	0,0100	0,0896	0,0305	0,0872			

PIJ0 :poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PIJ0_{NT}** : poids individuel à la mise bas corrigé par le nombre de nés totaux ; **PINVJ0**: poids individuel des nés vivants à la mise; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **PIJ5_{NT}** : le poids à 5 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux ; **Δ₀₋₅** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **Δ_{0-5NT}** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge corrigée par le nombre de nés totaux; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **PIJ7_{NT}** : poids individuel à 7 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux; **Δ₅₋₇** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème jour d'âge ; **PIJ14** : poids individuel à 14 jours d'âge; **PIJ14_{NV}** : poids individuel à 14 jours d'âge corrigé par le nombre de lapereaux vivants; **Δ₇₋₁₄** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge; **Δ_{7-14NV}** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ; **PIJ21** : poids individuel à l'âge de 21 jours; **PIJ21_{NV}** : poids individuel à l'âge de 21 jours corrigé par le nombre de lapereaux vivants ; **Δ₁₄₋₂₁** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge ; **Δ14-21_{NV}** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants. **PIJ28**: poids individuel à l'âge de 28 jours ; **Δ₂₁₋₂₈** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge; **Δ_{21-28NV}** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ; **PIJ35** : poids individuel à l'âge de 35 jours ; **PIJ35_{NV}** : poids individuel à l'âge de 35 jours corrigé par le nombre de lapereaux vivants ; **Δ₂₈₋₃₅** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge ; **Δ_{28-35NV}** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants.

Entre J21 et J35 d'âge, le poids individuel des lapereaux n'a pas varié significativement entre les 3 classes de nid. Cependant, à J35, les lapereaux qui naissent dans un nid d'excellente qualité sont plus lourds comparés à ceux qui naissent dans un nid de moyenne qualité (+8% ; $p < 0,05$). Cet écart perd sa signification quand le nombre de lapereaux vivants est utilisé dans l'analyse statistique comme covariable. En revanche, les poids sont comparables entre les lapereaux nés dans un nid d'une qualité mauvaise et excellente d'une part et moyenne d'autre part. Les mêmes résultats sont observés pour le gain de poids entre J21-J28 et J28-J35.

6.3.1.5.2.5. L'effet du lieu de la mise bas :

Dans cette étude, le poids des lapereaux nés totaux qui naissent hors du nid est significativement plus élevé par rapport à celui des lapereaux qui naissent dans le nid (52,25g vs 44,76g ; $p < 0,05$) (**tableau 6.10**). Cette différence persiste même après l'utilisation du nombre de lapereaux nés totaux comme covariable dans l'analyse statistique. Le lieu de la mise bas a également affecté le poids des lapereaux nés vivants, en faveur des lapereaux qui naissent hors du nid. Cependant, quand le nombre de lapereaux nés totaux est utilisé comme covariable, l'analyse statistique ne montre aucune différence significative entre les lapereaux nés hors ou dans le nid ($p > 0,05$).

Entre J5 et J7, le même constat est observé pour le poids à J5 et J7 et également pour le gain de poids entre J0-J5. Cependant, le gain de poids enregistré entre J5 et J7 est tout à fait comparable entre les deux classes (mise bas dans le nid ou hors nid).

Entre J14 et J21, les lapereaux qui naissent hors du nid sont toujours plus lourds comparés à ceux qui naissent dans le nid (+6% ; $p = 0,05$). Cet écart persiste même après l'introduction du nombre de lapereaux vivants dans le modèle statistique comme covariable. Par contre, nous n'avons noté aucune différence significative entre les deux groupes pour le gain de poids entre J7 et J14. A partir de J21, les poids et les gains de poids sont comparables entre les lapereaux qui naissent dans le nid ou hors du nid.

Tableau 6.10 : Le poids individuel et le gain de poids mesurés chez les lapereaux de la naissance au sevrage et en fonction de leur lieu de mise bas (dans le nid ou hors nid) (LSM± DS)

	<i>J0 à J7</i>										
	PIJ0	PJ0_{NT}	PINVJ0	PINVJ0_{NT}	PIJ5	PIJ5_{NT}	Δ₀₋₅	Δ_{0-5NT}	PIJ7	PIJ7_{NT}	Δ₅₋₇
Nid (n=1445)	44,76 ± 1,52	45,50 ± 1,26	50,97 ± 1,62	53,92 ± 1,33	85,65 ± 2,87	90,28 ± 2,29	32,78 ± 1,80	34,47 ± 1,65	110,24 ± 3,56	114,92 ± 2,92	23,35 ± 1,47
Hors nid (n=67)	52,25 ± 1,88	48,59 ± 1,60	56,43 ± 1,98	54,02 ± 1,67	96,62 ± 3,57	93,03 ± 2,95	39,48 ± 2,33	37,48 ± 2,13	120,29 ± 4,53	115,41 ± 3,760	23,91 ± 1,90
P	<i><,0001</i>	<i>0,021</i>	<i>0,0018</i>	<i>0,94</i>	<i>0,0004</i>	<i>0,284</i>	<i>0,0009</i>	<i>0,1038</i>	<i>0,0105</i>	<i>0,8806</i>	<i>0,7306</i>
	<i>J 7 à J 21</i>					<i>J 21 à J 35</i>					
	PIJ14	PIJ14_{NV}	Δ₇₋₁₄	PIJ21	Δ₁₄₋₂₁	PIJ28	Δ₂₁₋₂₈	PIJ35	Δ₂₈₋₃₅		
Nid (n=1445)	193,69 ± 4,09	200,84 ± 5,20	85,10 ± 3,75	270,94 ± 9,45	77,13 ± 4,36	387,08 ± 12,90	118,70 ± 6,28	571,64 ± 18,16	191,35 ± 8,85		
Hors nid (n=67)	206,35 ± 7,78	190,12 ± 6,34	88,25 ± 4,55	282,04 ± 11,73	74,64 ± 5,36	393,90 ± 16,87	111,85 ± 7,99	581,81 ± 23,62	194,83 ± 11,50		
P	<i>0,0592</i>	<i>0,0520</i>	<i>0,4220</i>	<i>0,2730</i>	<i>0,5896</i>	<i>0,6397</i>	<i>0,3218</i>	<i>0,6161</i>	<i>0,7246</i>		

PIJ0 :poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PIJ0_{NT}** : poids individuel des nés totaux à la mise bas corrigé par le nombre de nés totaux ; **PINVJ0**: poids individuel des nés vivants à la mise bas; **PINVJ0_{NT}** : poids individuel des nés vivants à la mise bas corrigé par le nombre de nés totaux; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **PIJ5_{NT}** : le poids à 5 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux ; **Δ₀₋₅** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **Δ_{0-5NT}** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge corrigée par le nombre de nés totaux; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **PIJ7_{NT}** : poids individuel à 7 jours d'âge corrigé par le nombre de nés totaux; **Δ₅₋₇** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème jour d'âge ; **PIJ14** : poids individuel à 14 jours d'âge; **PIJ14_{NV}** : poids individuel à 14 jours d'âge corrigé par le nombre de lapereaux vivants; **Δ₇₋₁₄** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge; **PIJ21** : poids individuel à l'âge de 21 jours;; **Δ₁₄₋₂₁** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge ; **PIJ28**: poids individuel à l'âge de 28 jours ; **Δ₂₁₋₂₈** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge; **PIJ35** : poids individuel à l'âge de 35 jours ; **Δ₂₈₋₃₅** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge

6.3.1.5.2.6. L'effet du cannibalisme :

L'évolution du poids individuel et du gain de poids des lapereaux en fonction de l'absence ou la présence du cannibalisme dans la portée est présentée dans le **tableau 6.11**.

A la mise bas, les poids des lapereaux nés totaux et celui des nés vivants sont significativement plus élevés pour les lapereaux qui naissent dans une portée présentant un phénomène de cannibalisme (+13% et +11% respectivement ; $p < 0,05$). Ces écarts persistent même après correction par le nombre de lapereaux nés totaux. Contrairement au poids individuel des lapereaux à J5 qui n'a pas varié significativement entre les portées ayant enregistrées ou non un cannibalisme, le gain de poids entre J0 et J5 est plus élevé dans les portées qui ne présentent pas un cannibalisme à la naissance (40,33g vs 31,94g ; $p < 0,05$). Cette différence persiste même quand le nombre de lapereaux nés totaux est utilisé comme covariable dans l'analyse statistique. Le poids individuel à J7 et le gain de poids entre J5 et J7 ne montrent aucune différence significative entre les deux classes étudiées.

Le poids individuel à J14 et le gain de poids entre J7 et J14 sont significativement plus élevés pour les lapereaux qui naissent dans les portées n'ayant pas enregistrées un cannibalisme à la mise bas ($p < 0,05$). L'écart mesuré entre les deux classes étudiées (absence ou présence de cannibalisme), quand le nombre de lapereaux vivants est utilisé comme covariable, disparaît pour le poids individuel à J14 ($p > 0,05$), mais persiste pour le gain de poids entre J7 et J14 ($p < 0,05$). Le poids individuel à J21 et le gain de poids entre J14 et J21 ne montrent aucune différence significative entre les lapereaux nés dans une portée présentant ou pas un phénomène de cannibalisme à la naissance.

Entre J21 et J35, le poids individuel des lapereaux à J21, à J35 et le gain de poids entre J28 et J35 sont significativement plus élevés pour les lapereaux qui naissent dans une portée qui ne présente pas de cannibalisme à la naissance. Les écarts notés entre les deux classes étudiées pour ces trois derniers paramètres disparaissent quand le nombre de lapereaux vivants est introduit comme covariable dans l'analyse statistique. Par ailleurs, le gain de poids noté entre J28 et J35 ne montre aucune différence significative entre les deux classes étudiées.

6.3.1.5.2.7. L'effet du sexe :

L'évolution du poids individuel des lapereaux, de la naissance au sevrage et en fonction de leur sexe est présentée dans le **tableau 6.12**.

Dans nos conditions expérimentales, les poids des lapereaux de sexe mâle et femelle sont similaires quelle que soit la date de mesure.

Tableau 6.11 : L'évolution du poids et du gain de poids de la naissance au sevrage et en fonction de l'absence ou la présence du cannibalisme dans la portée (LSM± DS)

	J0 à J7								
	PIJ0	PJ0_{NT}	PINVJ0	PINVJ0_{NT}	PIJ5	Δ₀₋₅	Δ_{0-5NT}	PIJ7	Δ₅₋₇
Présent (n=42)	52,00 ±1,37	50,21±1,15	56,82±1,39	55,93±1,15	89,46±2,47	31,94±1,58	31,04±1,45	112,53±3,09	22,51±1,29
Absent(n=1470)	45,02±2,1 3	43,87±1,80	50,58±2,33	52,02±1,95	92,80±4,19	40,33±2,71	40,92±2,47	118,00±5,29	24,75±2,21
P	<i>0,0003</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0039</i>	<i>0,03</i>	<i>0,386</i>	<i>0,0009</i>	<i><,0001</i>	<i>0,2662</i>	<i>0,278</i>
	J7 à J21								
	PIJ14	PIJ14_{NV}	Δ₇₋₁₄	Δ_{7-14NV}	PIJ21	Δ₁₄₋₂₁			
Présent (n=42)	190,54±5,3	190,35±4,44	78,98±3,20	78,62±2,82	266,17±8,12	74,23±3,73			
Absent(n=1470)	209,49±9,06	200,61±7,44	94,37±5,36	89,86±4,72	286,81±13,74	77,54±6,30			
P	<i>0,0245</i>	<i>0,1304</i>	<i>0,0017</i>	<i>0,0090</i>	<i>0,1009</i>	<i>0,5636</i>			
	J21 à J35								
	PIJ28	PIJ28_{NV}	Δ₂₁₋₂₈	Δ_{21-28NV}	PIJ35	PIJ35_{NV}	Δ₂₈₋₃₅		
Présent (n=42)	372,97±11,37	370,09±9,15	106,88±5,44	105,28±4,94	549,55±16,06	547,10±13,28	183,41±7,82		
Absent(n=1470)	408,01±19,45	381,78±15,57	123,66±9,27	114,78± 8,46	603,90±27,20	569,40±22,43	202,77±13,25		
P	<i>0,0523</i>	<i>0,4089</i>	<i>0,0490</i>	<i>0,2257</i>	<i>0,0305</i>	<i>0,2744</i>	<i>0,1135</i>		

PIJ0 : poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PIJ0_{NT}** : poids individuel des nés totaux corrigé par le nombre de nés totaux ; **PINVJ0** : poids individuel des nés vivants à la mise; **PINVJ0_{NT}** : poids individuel des nés vivants à la mise bas corrigé par le nombre de nés totaux; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **Δ₀₋₅** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **Δ_{0-5NT}** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux nés totaux; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **Δ₅₋₇** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème jour d'âge; **PIJ14** : poids individuel à 14 jours d'âge; **PIJ14_{NV}** : poids individuel à 14 jours d'âge corrigé par le nombre de lapereaux vivants; **Δ₇₋₁₄** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge; **Δ_{7-14NV}** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ; **PIJ21** : poids individuel à l'âge de 21 jours; **Δ₁₄₋₂₁** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge ; **PIJ28** : poids individuel à l'âge de 28 jours ; **PIJ28_{NV}** : poids individuel à l'âge de 28 jours corrigé par le nombre de lapereaux vivants ; **Δ₂₁₋₂₈** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge; **Δ_{21-28NV}** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge corrigée par le nombre de lapereaux vivants ; **PIJ35** : poids individuel à l'âge de 35 jours ; **PIJ35_{NV}** : poids individuel à l'âge de 35 jours corrigé par le nombre des lapereaux vivants ; **Δ₂₈₋₃₅** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge.

Tableau 6.12 : L'évolution du poids et du gain de poids de la naissance au sevrage et en fonction du sexe du lapereau (LSM± DS)

	J0 à J35													
	PIJ0	PINVJ0	PIJ5	Δ₀₋₅	PIJ7	Δ₅₋₇	PIJ14	Δ₇₋₁₄	PIJ21	Δ₁₄₋₂₁	PIJ28	Δ₂₁₋₂₈	PIJ35	Δ₂₈₋₃₅
Mâle (n=766)	48,93 ± 1,56	47,61 ± 1,31	90,95 ± 2,92	35,87 ± 1,87	114,8 8± 3,66	23,23 ± 1,52	199,6 4± 6,30	86,14 ± 3,77	276,7 6± 9,62	76,22 ± 4,42	390,9 1± 13,51	115,5 5± 6,45	579,6 9± 18,98	195,2 5± 9,25
Femelle (n=746)	48,09 ± 1,55	46,48 ± 1,30	91,32 ± 2,90	36,40 ± 1,86	115,6 5± 3,64	24,03 ± 1,52	200,3 9± 6,26	87,21 ± 3,75	276,2 2± 9,55	75,55 ± 4,38	390,0 6± 13,39	114,9 9± 6,42	573,7 6± 18,84	190,9 4± 9,17
P	0,212	0,048	0,757	0,496	0,615 9	0,215	0,781 6	0,497 5	0,895 2	0,718 1	0,883 2	0,839 2	0,462 6	0,272 3

PIJ0 : poids individuel des nés totaux à la mise bas; **PINVJ0** : poids individuel des nés vivants à la mise; **PIJ5** : le poids à 5 jours d'âge; **Δ₀₋₅** : la différence de poids entre la mise bas et le 5ème jour d'âge; **PIJ7** : poids individuel à 7 jours d'âge; **Δ₅₋₇** : la différence de poids entre le 5ème et le 7ème jour d'âge ; **PIJ14** : poids individuel à 14 jours d'âge; **Δ₇₋₁₄** : la différence de poids entre le 7ème et le 14ème jour d'âge; **PIJ21** : poids individuel à l'âge de 21 jours; **Δ₁₄₋₂₁** : la différence de poids entre le 14ème et le 21ème jour d'âge; **PIJ28** : poids individuel à l'âge de 28 jours ; **Δ₂₁₋₂₈** : la différence de poids entre le 21ème et le 28ème jour d'âge; **PIJ35** : poids individuel à l'âge de 35 jours ; **Δ₂₈₋₃₅** : la différence de poids entre le 28ème et le 35ème jour d'âge.

6.3.1.6. Etude de la probabilité de survie des lapereaux :

6.3.1.6.1. Analyses descriptives :

Les analyses statistiques descriptives des facteurs affectant la probabilité de survie des lapereaux sont présentées dans le **tableau 6.13**. La lactation, la parité et la saison n'influencent pas la probabilité de survie des lapereaux. Le lieu de la mise bas (dans le nid ou hors nid) affecte significativement la probabilité de survie des lapereaux à la naissance, à 14 jours, à 28 jours et à 35 jours d'âge. Cependant, la présence du cannibalisme influence la probabilité de survie du lapereau uniquement à la naissance. Par ailleurs, la qualité du nid affecte significativement la probabilité de survie au 5^{ème} jour et au 14^{ème} jour d'âge (tendance significative). Aussi, une tendance significative est notée pour l'effet du sexe du lapereau sur sa survie à 14 jours d'âge. Enfin, le poids du lapereau influence sur sa probabilité de survie de la naissance au sevrage.

Tableau 6.13 : La signification des facteurs fixes liés à la probabilité de survie des lapereaux de la naissance au sevrage.

	Lactation	Parité	Saison	Lieu de mise bas	Cannibalisme	Qualité du nid	Sexe	Poids du lapereau
J0	0,10	NS	NS	<0,001	0,05	NS	0,10	<0,001
J5	NS	NS	NS	NS	NS	0,05	NS	<0,001
J7	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	<0,001
J14	NS	NS	NS	NS	0,08	0,07	0,07	<0,001
J21	NS	NS	NS	<0,001	NS	0,1	NS	<0,001
J28	NS	NS	NS	<0,001	NS	0,1	0,08	<0,001
J35	NS	NS	NS	<0,001	NS	0,1	0,08	<0,001

NS : non significatif.

6.3.1.6.2. Facteurs affectant la probabilité de survie :

6.3.1.6.2.1. A la mise bas (J0) :

La **figure 6.17** illustre la relation entre le poids à la naissance et la probabilité de survie du lapereau selon la présence ou l'absence de cannibalisme dans sa portée. Le cannibalisme diminue la probabilité de survie de 25 à 10% pour les lapereaux dont le poids à la naissance est compris entre 25 et 75 g, respectivement.

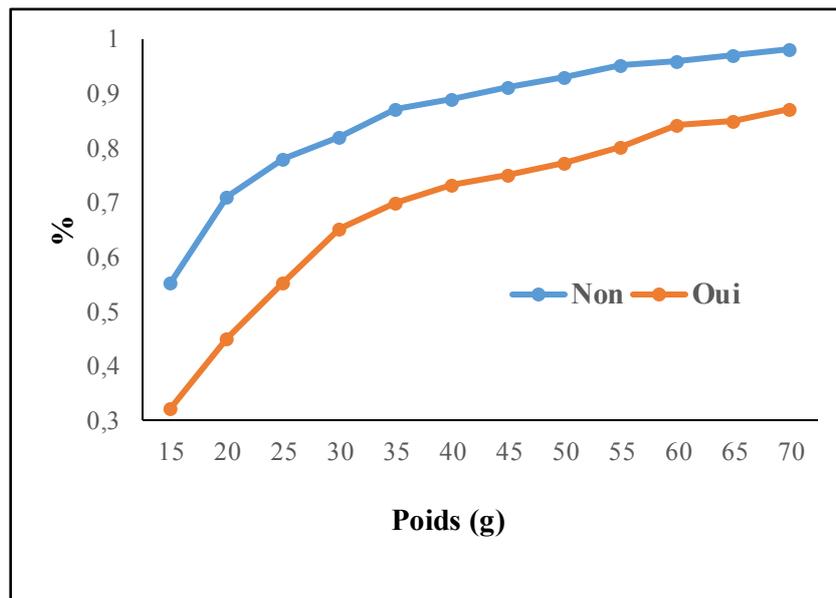


Figure 6.17 : Relation entre le poids à la naissance et la probabilité de survie selon l'absence (non) ou la présence (oui) de cannibalisme dans la portée.

Par ailleurs, nos résultats montrent que les lapereaux ayant un poids de 45 g à la naissance ont 90% de chances de survie s'ils sont nés à l'intérieur du nid, et seulement 60% s'ils sont nés hors nid (**figure 6.18**). De plus, le poids du lapereau affecte significativement sa probabilité de survie à la naissance. En effet, la probabilité de survie du lapereau augmente en fonction de son poids. Elle passe de 30% pour un poids de 25 g à 85% pour un poids de 55g.

Il est à signaler que le poids du lapereau influence sa probabilité de survie pour toutes les dates considérées dans cette étude. Elle augmente en fonction de son poids et la tendance est similaire pour toutes les dates de mesure (**figure 6.19**).

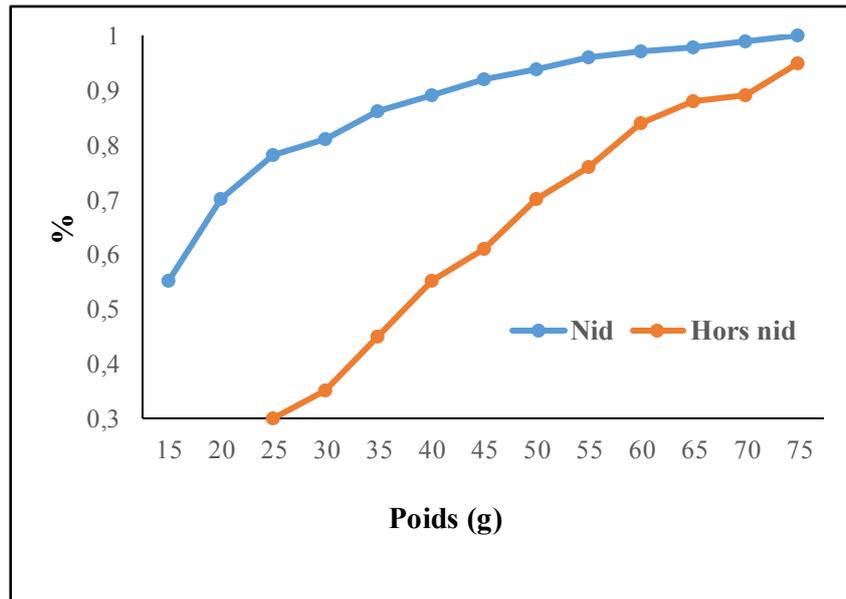


Figure 6.18 : Relation entre le poids à la naissance et la probabilité de survie selon le lieu de mise-bas (dans le nid ou hors nid)

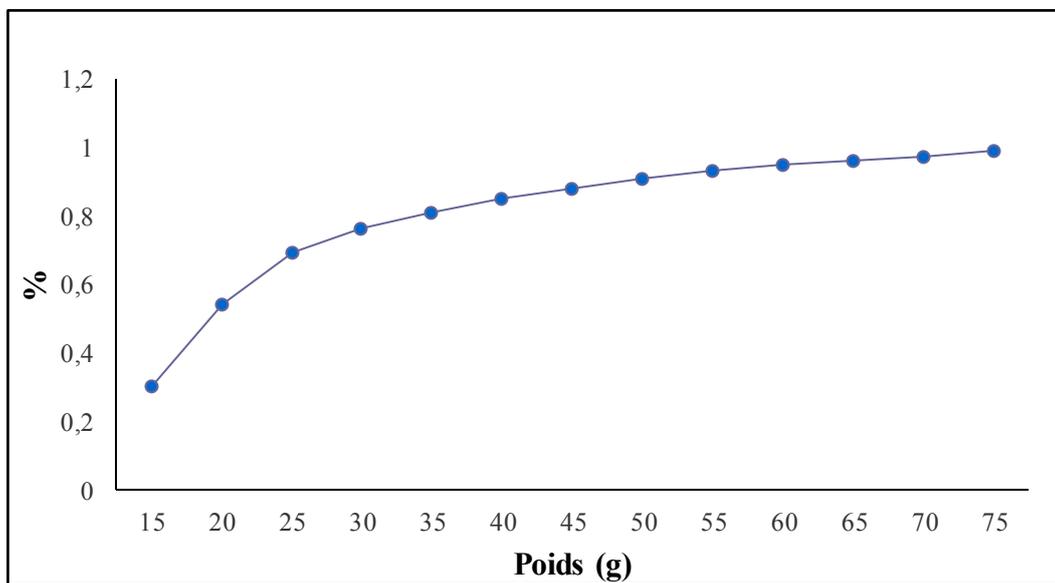


Figure 6.19 : Relation entre le poids du lapereau à la naissance et sa probabilité de survie.

6.3.1.6.2.2. A 5 jours d'âge :

La relation entre la probabilité de survie du lapereau à 5 jours d'âge et son poids selon la qualité du nid est illustrée dans la **figure 6.20**. Dans cette étude, la probabilité de survie est très élevée pour les lapereaux qui naissent dans des nids d'une excellente qualité. Pour un lapereau qui pèse 25 g, les probabilités de survie dans un nid d'une moyenne et excellente qualité sont respectivement de 35% et 71%. Cependant, à partir de 50g de poids vif, la probabilité de survie est similaire entre les 3 classes de nid.

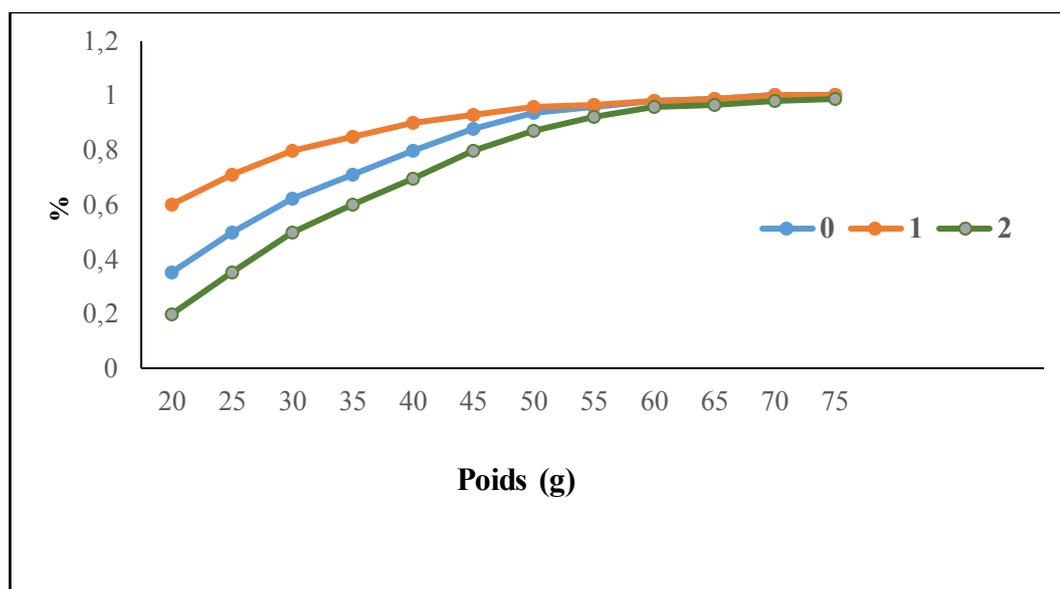


Figure 6.20 : Relation entre le poids et la probabilité de survie à 5 jours d'âge en fonction de la qualité du nid (1 : excellente ; 2 :moyenne ; 0 : mauvaise)

6.3.1.6.2.3. A 14 jours d'âge :

La **figure 6.21** illustre la relation entre le poids du lapereau à la naissance et sa probabilité de survie à 14 jours d'âge selon le sexe. Nous pouvons constater que pour un poids donné, la probabilité de survie des lapereaux de sexe femelle est toujours supérieure à celle des lapereaux de sexe mâle. A partir de 75g de poids vif, elle devient comparable entre les deux sexes étudiés.

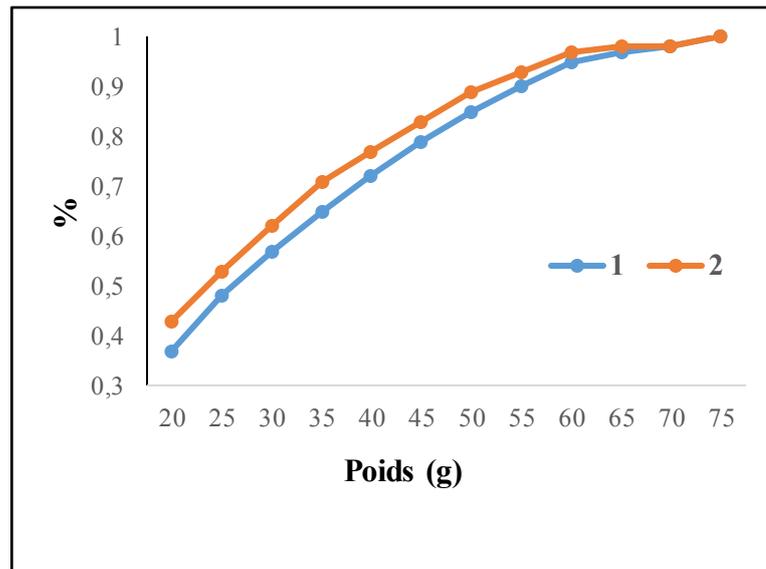


Figure 6.21 : Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à 14 jours d'âge en fonction du sexe. 1 : mâle ; 2 : femelle.

Aussi, en analysant les courbes de survie en fonction de la qualité du nid (**figure 6.22**), nos résultats montrent qu'entre 20 et 40 g de poids vif, les lapereaux nés dans des nids d'une qualité excellente, ont une probabilité de survie plus élevée par rapport à ceux nés dans des nids d'une qualité moyenne ou mauvaise.

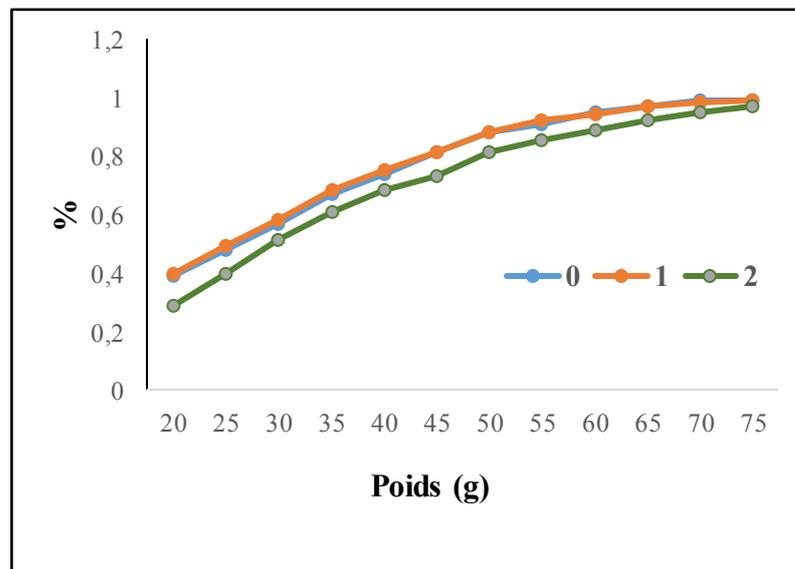


Figure 6.22 : Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à 14 jours d'âge en fonction de la qualité du nid (0 : mauvaise; 1 : excellente; 2 : moyenne)

6.3.1.6.2.4. A 21 jours d'âge :

Dans nos conditions expérimentales, un écart de probabilité de survie en faveur des lapereaux qui naissent dans le nid est noté, ceci quel que soit le poids considéré. Pour un poids à la naissance de 35 g, la probabilité de survie des lapereaux augmente de 50%, lorsque ces derniers sont nés dans la boîte à nid par rapport à celle des lapereaux qui naissent hors nid (**figure 6.23**).

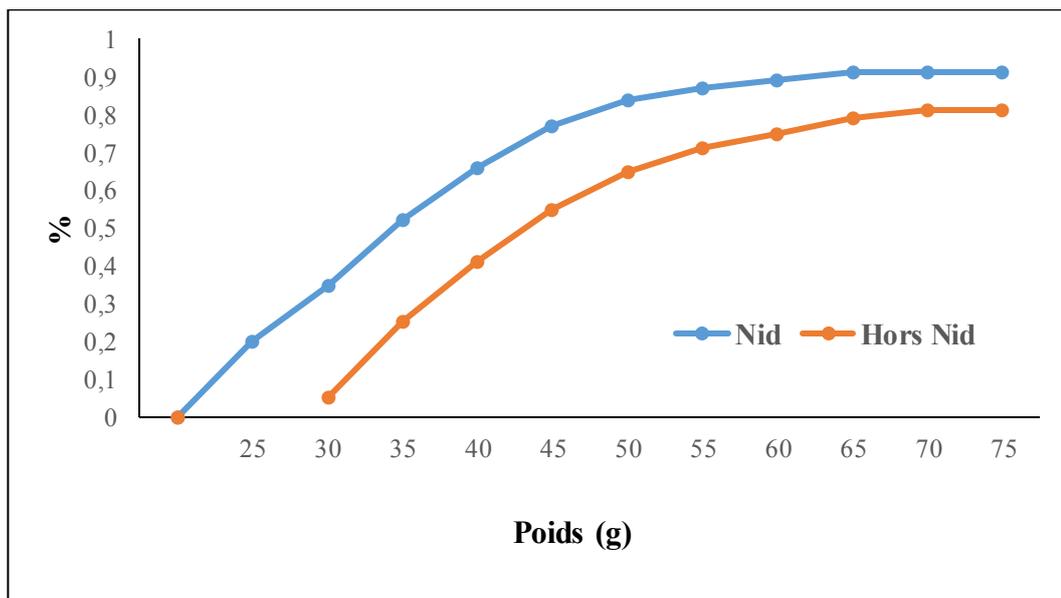


Figure 6.23 : Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à l'âge de 21 jours en fonction du lieu de la mise bas.

6.3.1.6.2.5. A 28 jours d'âge :

Le lieu de la mise bas affecte la probabilité de survie du lapereau à 28 jours d'âge (**figure 6.24**). Pour un poids de 30g et 35g, la probabilité augmente respectivement de 14% et 10% pour les lapereaux qui naissent dans la boîte à nid comparés à ceux retrouvés hors nid.

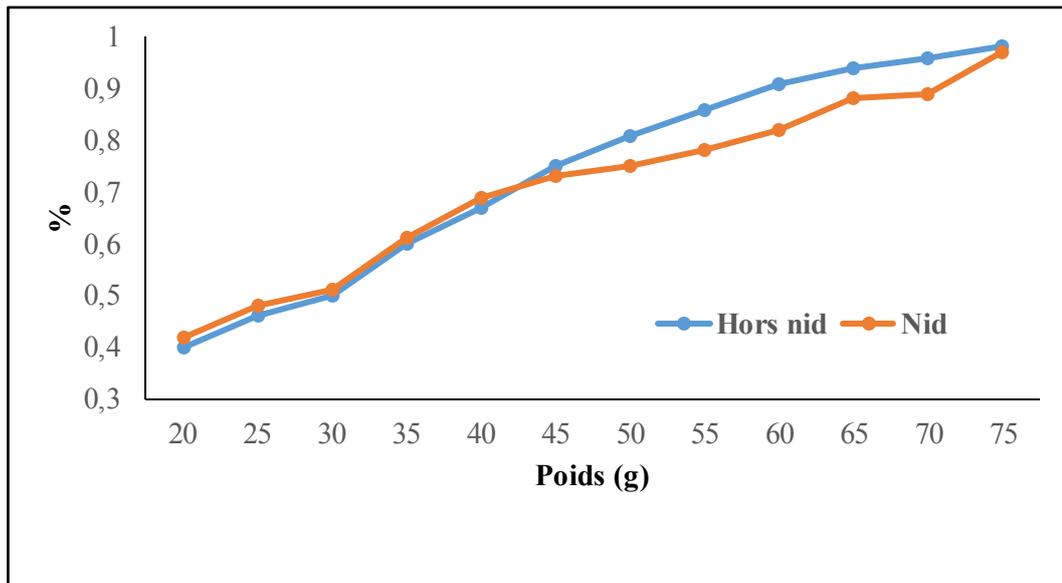


Figure 6.24 : Relation entre le poids du lapereau à la naissance et la probabilité de survie à l'âge de 28 jours en fonction du lieu de la mise bas.

6.3.1.6.2.6. A 35 jours d'âge :

Le poids du lapereau et sa probabilité de survie en fonction du lieu de sa naissance est illustrée dans la **figure 6.25**. Les écarts notés dans notre étude pour la probabilité de survie à 35 jours d'âge en fonction du lieu de mise bas sont faibles mais significatifs. Pour un poids à la naissance de 20g ou 25 g, la probabilité de survie du lapereau augmente de 4% lorsqu'il est né dans le nid.

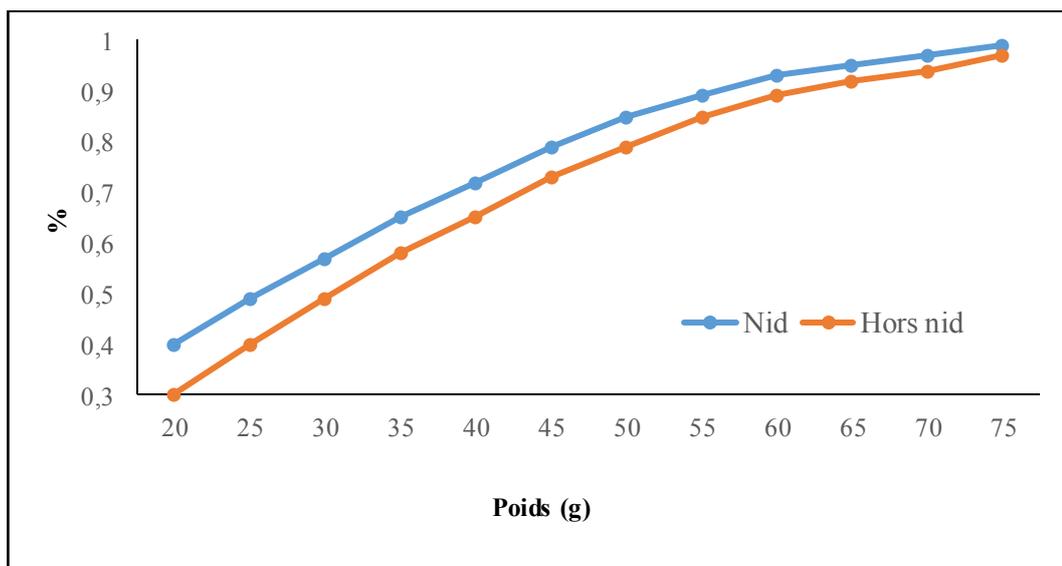


Figure 6.25 : Relation entre le poids du lapereau et la probabilité de survie à l'âge de 35 jours en fonction du lieu de la mise bas.

6.3.2. Etude génétique :

6.3.2.1. Les estimations de l'héritabilité et des corrélations :

Les paramètres génétiques du poids estimés durant les 5 premières semaines d'âge chez les lapins de la souche ITELV2006 sont regroupés dans le **tableau 6.14**. Dans nos conditions expérimentales, l'héritabilité du poids des lapereaux a varié entre 0,11 à 0,24. Le poids à la naissance montre la valeur la plus faible d'héritabilité (0,11).

Le poids à la naissance montre une corrélation génétique forte et positive avec le poids à 5 jours (+0,79) et à 7 jours d'âge (+0,78). Cependant, il montre des corrélations faibles mais positives avec les autres dates de mesure (+0,41 avec le poids à 14 jours, +0,49 avec poids à 21 jours, +0,54 avec poids à 28 jours et à 35 jours d'âge). Les corrélations génétiques entre le reste des caractères étudiés sont élevées et positives, en général, elles montrent des valeurs toujours supérieures à +0,83.

Les corrélations phénotypiques sont fortes et positives entre les poids mesurés à différentes dates. Elles varient entre +0,59 et +0,83. Cependant, les poids mesurés à 35 jours d'âge montrent des corrélations faibles à modérées mais toujours positives avec les autres dates de mesure du poids.

6.3.2.2. Les estimations de l'effet commun de la portée (c^2):

Les valeurs de l'effet commun de la portée calculées à la naissance, à 5 jours, à 7 jours, à 14 jours, à 21 jours, à 28 jours et au sevrage (35 jours) sont présentées dans le **tableau 6.15**.

Les valeurs enregistrées dans cette étude sont élevées quelle que soit la date de mesure, variant de 0,43 pour le poids à la naissance à 0,66 pour le poids à 35 jours d'âge. Nous n'avons noté aucune diminution de la valeur de l'effet commun de la portée avec le temps.

En ce qui concerne les corrélations, nous avons enregistré des valeurs élevées et positives quelle que soit la date de mesure du poids des lapereaux.

Tableau 6.14 : Les moyennes d'héritabilités (diagonale), corrélations génétiques (au-dessus de la diagonale) et corrélations phénotypiques (en dessous de la diagonale) pour le poids individuel de la naissance au sevrage (Standard déviation entre parenthèses).

	PIJ0	PIJ5	PIJ7	PIJ14	PIJ21	PIJ28	PIJ35
PIJ0	0,11 (0,09)	0,79 (0,24)	0,78 (0,26)	0,41 (0,45)	0,49 (0,43)	0,54 (0,45)	0,54 (0,49)
PIJ5	0,76 (0,06)	0,17 (0,10)	0,99 (0,01)	0,87 (0,16)	0,83 (0,16)	0,91 (0,14)	0,92 (0,11)
PIJ7	0,76 (0,10)	0,83 (0,06)	0,16 (0,10)	0,94 (0,09)	0,91 (0,11)	0,93 (0,10)	0,95 (0,10)
PIJ14	0,70(0,15)	0,75 (0,14)	0,79 (0,14)	0,21 (0,10)	0,97 (0,03)	0,96 (0,06)	0,95 (0,08)
PIJ21	0,70 (0,18)	0,74 (0,14)	0,77 (0,14)	0,77 (0,12)	0,21 (0,10)	0,98 (0,02)	0,97 (0,04)
PIJ28	0,65 (0,23)	0,63 (0,22)	0,63 (0,22)	0,59 (0,29)	0,59 (0,37)	0,24 (0,07)	0,98 (0,02)
PIJ35	0,47 (0,24)	0,38 (0,25)	0,46 (0,27)	0,34 (0,45)	0,27 (0,47)	0,54 (0,32)	0,21 (0,09)

PIJ0 : poids individuel à J0 (naissance); **PIJ5** : poids individuel à J5 ; **PIJ7** : poids individuel à J7 ; **PIJ14** : poids individuel à J14 ; **PIJ21** : poids individuel à J21 ; **PIJ28** : poids individuel à J28 ; **PIJ35** : poids individuel à J35 (sevrage),

Tableau 6.15 : Les estimations de l'effet commun de la portée (c^2) (diagonal) et ses corrélations (au-dessus de la diagonale) pour le poids individuel en fonction des dates de mesure (Standard déviation entre parenthèses).

	PIJ0	PIJ5	PIJ7	PIJ14	PIJ21	PIJ28	PIJ35
PIJ0	0,43 (0,05)	0,83 (0,03)	0,79 (0,04)	0,72 (0,05)	0,67 (0,06)	0,63 (0,07)	0,54 (0,07)
PIJ5		0,46 (0,05)	0,95 (0,01)	0,84 (0,03)	0,72 (0,15)	0,75 (0,04)	0,63 (0,06)
PIJ7			0,47 (0,07)	0,91 (0,02)	0,83 (0,03)	0,78 (0,04)	0,68 (0,05)
PIJ14				0,55 (0,06)	0,96 (0,01)	0,88 (0,02)	0,77 (0,04)
PIJ21					0,55 (0,06)	0,95 (0,01)	0,84 (0,03)
PIJ28						0,63 (0,05)	0,92 (0,01)
PIJ35							0,66 (0,05)

PIJ0 : poids individuel à J0 (naissance); **PIJ5** : poids individuel à J5 ; **PIJ7** : poids individuel à J7 ; **PIJ14** : poids individuel à J14 ; **PIJ21** : poids individuel à J21 ; **PIJ28** : poids individuel à J28 ; **PIJ35** : poids individuel à J35 (sevrage),

6.3.2.3. Les estimations de l'effet permanent (p^2) :

Le **tableau 6.16** présente les valeurs des estimations de l'effet permanent en fonction des différentes dates de mesure. Les estimations enregistrées sont faibles comparées à celles de l'effet commun de la portée, elles varient entre 0,04 à 0,11.

Par ailleurs, les corrélations mesurées sont fortes et positives pour l'ensemble des variables, allant de +0,80 à +0,98.

Tableau 6.16 : Les estimations de l'effet permanent (p^2) (diagonal) et ses corrélations (au-dessus de la diagonale) pour le poids individuel en fonction des dates de mesure (Standard déviation entre parenthèses).

	PIJ0	PIJ5	PIJ7	PIJ14	PIJ21	PIJ28	PIJ35
PIJ0	0,09 (0,05)	0,93 (0,12)	0,86 (0,20)	0,85 (0,28)	0,81 (0,19)	0,80 (0,15)	0,80 (0,15)
PIJ5		0,06 (0,04)	0,98 (0,04)	0,93 (0,14)	0,91 (0,17)	0,91 (0,16)	0,87 (0,28)
PIJ7			0,09 (0,06)	0,97 (0,05)	0,95 (0,09)	0,95 (0,09)	0,92 (0,17)
PIJ14				0,11 (0,06)	0,98 (0,03)	0,97 (0,05)	0,92 (0,16)
PIJ21					0,11 (0,06)	0,98 (0,03)	0,95 (0,10)
PIJ28						0,06 (0,04)	0,97 (0,06)
PIJ35							0,04 (0,03)

PIJ0 : poids individuel à J0 (naissance); **PIJ5** : poids individuel à J5 ; **PIJ7** : poids individuel à J7 ; **PIJ14** : poids individuel à J14 ; **PIJ21** : poids individuel à J21 ; **PIJ28** : poids individuel à J28 ; **PIJ35** : poids individuel à J35 (sevrage),

6.4. Discussion :

La mortalité en pré-sevrage a une importance vitale pour les élevages commerciaux qui utilisent des lapins à croissance rapide, puisqu'elle détermine le bénéfice net de ces derniers [75]. La croissance et la mortalité du lapereau sous la mère peuvent varier, d'une part, par son propre potentiel de croissance et de viabilité (effet direct), d'autre part, par l'influence de sa mère (son état physiologique, sa capacité laitière et son comportement à la mise bas).

Par ailleurs, les facteurs de variation de la viabilité et de la croissance des lapereaux en phase d'allaitement sont cernés dans plusieurs travaux ultérieurs [75, 302,303]. Le poids individuel des lapereaux à la naissance est l'un des plus importants facteurs de survie. Les lapereaux à faible poids ont une faible probabilité de survie ou, s'ils survivent seront plus sensibles aux maladies [35]. Le poids à la naissance semble être un facteur important expliquant les différences de performances de croissance [37].

En ce sens, le présent essai est mis en œuvre pour étudier le poids des lapereaux et leur croissance ainsi que les effets de plusieurs facteurs sur la viabilité et la croissance des lapereaux sous la mère. Enfin, les paramètres génétiques du poids des lapereaux (héritabilité et corrélations) seront étudiés.

Le poids des femelles de la souche ITELV2006...

...faible par rapport aux races et lignées étrangères

Dans nos conditions expérimentales, ***le poids des femelles à la saillie*** est de 3432g. Celles-ci sont légères comparées aux femelles de même génotype, soit un écart de - 200g [24,27]. Cependant, elles présentent un poids supérieur à celui rapporté par Sid *et al* [62] sur les femelles toujours de même origine génétique (+166g). Comparées aux femelles de différentes populations locales algériennes, égyptiennes et marocaines, les femelles de la souche ITELV2006 présentent un poids plus élevé [55, 57, 258,259]. En revanche, Gomez *et al.* [80] et Brun et Baselga [17], rapportent un poids plus élevé chez les femelles de la souche synthétique Prat (3900g) et INRA2666 (4176g).

Le poids des femelles à la palpation est de 3523g. Il est supérieur à ceux notés sur les femelles de la même origine génétique ou de population blanche (respectivement

3370g 3310g [62] [304]). Cependant, Boudour *et al.* [27] ont enregistré un poids plus léger chez les femelles de la même souche (- 185g).

A la mise-bas, les femelles de la souche ITELV2006 présentent un **poids** supérieur à celui indiqué par Bolet *et al.* [23] et Sid *et al.* [62] [304] pour la même souche. En revanche, elles présentent un poids plus léger comparées aux femelles de même génotype étudiées par Boudour *et al.* [27]. En comparaison avec les femelles de la souche blanche et de population locale, les femelles de la souche ITELV2006 sont plus lourdes (respectivement -242g [62] [304] et -900g [305]). L'amélioration du poids des femelles de la souche synthétique révèle les effets bénéfiques du croisement de la population locale avec la souche INRA2666.

Facteurs de variation du poids de la femelle...

...effet significatif de la lactation et de la parité

Dans les conditions de cette étude, la **saison** n'affecte pas significativement le **poids** de la **femelle** quelle que soit la date de mesure, résultat en accord avec les observations de Zerrouki *et al.* [14]. Cependant, d'autres auteurs soulignent un effet significatif en faveur de l'automne [24,27]. Ce résultat pourrait être lié à l'utilisation du système de refroidissement (pad cooling) pour le contrôle de la température à l'intérieur du bâtiment d'élevage. En effet, ce système de refroidissement est capable de réduire la température quotidienne maximale de 4 à 7 °C [306,307], une réduction qui semble capable de maintenir une plage de température acceptable pour les lapines. De plus, selon Zotte *et al.* [308], la perte de poids observée entre les saisons pourrait être liée à l'incapacité de la femelle à récupérer son poids suite à la mobilisation énergétique nécessaire notamment pour une plus grande production du lait. L'absence d'effet saison sur le poids de la femelle montre la bonne adaptation de la souche ITELV2006 aux variations climatiques locales. D'autres études, notamment en absence du système de refroidissement ou de chauffage, sont nécessaires pour confirmer ces observations.

L'effet de la **lactation** est significatif sur **le poids de la femelle**. Les femelles non allaitantes montrent un poids à la saillie, à la palpation, à la mise bas et également durant la première semaine *post partum* significativement plus élevé comparé à celui des femelles allaitantes. Un tel résultat serait lié à la détérioration des performances de

la lapine engendrée par la production laitière chez la femelle simultanément gestante et allaitante [94]. Cela est lié principalement à la faible disponibilité des nutriments nécessaires pour assurer simultanément la production laitière, les besoins corporels et de gestation, impliquant une mobilisation des réserves corporelles et donc une perte de poids [309]. Par ailleurs, selon Xiccato [310], la chute de poids entre la saillie et la parturition peut être expliquée par la proportion du contenu du tube digestif, plus faible à la mise bas puisque les femelles réduisent leur ingestion alimentaire durant la dernière semaine de gestation.

A partir du 14^{ème} jour *post partum*, l'écart du poids qui existait entre les deux groupes de femelles perd sa signification. Ceci peut être expliqué par l'augmentation de l'ingéré alimentaire des femelles allaitantes d'une façon progressive et compensatrice (60 à 70%), après le pic de lactation (alentours du J14) et donc diminution progressive de la mobilisation des réserves énergétiques pour la production laitière [227]. De plus, pour la même période on note une diminution graduelle de l'ingestion du lait par les lapereaux en introduisant l'aliment solide en plusieurs repas par jour [311].

Les poids de la femelle à la saillie, palpation et mise bas sont significativement influencés par la **parité** de celle-ci, et les femelles nullipares présentent le poids le plus léger. Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature [21,66]. Cependant, à partir du 5^{ème} jour *post partum*, nous n'avons noté aucune différence significative pour le poids des femelles entre les 3 parités étudiées. Les femelles nullipares présentent un poids plus faible que les multipares (2 et plus), leur faible poids jusqu'à la mise bas est expliqué par la concurrence entre les besoins de leur croissance et ceux de la gestation [227]. En revanche, l'ingéré alimentaire n'est pas affecté par l'ordre de parité [312, 313] ce qui pourrait expliquer la similitude des poids des femelles entre les trois parités.

Performances de la souche ITELV2006...

...une prolificité élevée mais un poids faible

Chez les femelles de la souche ITELV2006, **la taille de la portée** mesurée par le nombre de lapereaux nés totaux est de 8,15 lapereaux. Elle est similaire à celle enregistrée par plusieurs auteurs sur la même souche [25, 62,66]. Cependant, Boudour *et al* .[27] rapportent une valeur de la taille de portée chez les femelles de même origine

génétique supérieure à celle mesurée dans notre étude (+1,35 lapereaux). Par ailleurs, comparée aux deux autres types génétiques composant les élevages cunicoles algériens, la taille de la portée des lapines de la souche ITELV2006 est nettement supérieure à celle des lapines de population locale ou de souche blanche [67, 257,304]. Elle est également supérieure à celle de la souche synthétique française A9070 [314].

Le poids moyen des lapereaux à la naissance est de 54g. Il est comparable à celui rapporté par Zerrouki *et al.* [24] sur les lapins de même génotype, mais supérieur à celui enregistré sur les lapins de population locale algérienne (49,4g) [15]. Il est toutefois inférieur aux poids moyens des lapereaux de huit races de différentes origines génétiques étudiées par Bolet *et al.* [79], variant entre 69 à 85g.

D'autre part, **le nombre des lapereaux vivants** montre des valeurs décroissantes entre la naissance et le sevrage. Ceci corrobore avec la littérature [17, 221,315].

La survie des lapereaux entre la naissance et le sevrage est en moyenne de 79%. Elle est inférieure à celle obtenue par Boudour *et al.* [27] sur des lapines de même origine génétique ou par Fadare et Fatoba [316] sur la race Havana Black. Par contre, elle est nettement supérieure à celle des femelles de race Californienne (61%) [316]. Dans la littérature, plusieurs facteurs affectant la survie en pré-sevrage sont signalés. Notons ainsi, la capacité maternelle et la lactation de la femelle [28], la saison de naissance [267], l'ordre de la parité [317], l'hétérogénéité de la portée [318], le poids individuel à la naissance [318] et le génotype de la femelle [299]. Les valeurs de survie des lapereaux diminuent progressivement de la naissance (88%) au sevrage (74%), résultats en accord avec la littérature [318]. Enfin, le poids individuel moyen des lapereaux montre une grande variabilité comparée à celle notée pour le nombre des lapereaux vivants.

Une diminution de la prolificité (nés vivants) entre la naissance et le sevrage, notée dans la présente étude, et accompagnée d'une augmentation du poids individuel et qui s'accélère vers la 2^{ème} semaine et jusqu'au sevrage (35 jours). D'une part, tous les auteurs s'accordent pour mettre en évidence une relation négative, chez le lapin, entre la taille de portée à la naissance et le poids moyen des lapereaux au sevrage [45, 87,232]. Il est connu que la taille de la portée influence le poids à la naissance, mais aussi la croissance de la naissance au sevrage [35]. Ceci explique la variabilité entre le nombre des nés vivants et le poids individuel des lapereaux en pré-sevrage. D'autre

part, nos résultats montrent que la croissance du lapereau est pratiquement linéaire durant les trois premières semaines, en accord avec Lebas [245]. Ce dernier auteur ajoute que le gain moyen quotidien est de 11 à 13g par jour au sein d'une portée de 10 lapereaux pendant cette période.

Par ailleurs, la croissance du lapereau de la naissance jusqu'au sevrage est limitée par la production laitière de la femelle [267]. Selon Coureaud *et al.* [319], les lapereaux nouveau-nés sont généralement très efficaces, puisqu'ils parviennent à ingérer jusqu'à 25% de leur poids en lait (5 à 10 g le jour de la naissance). Il n'est cependant pas à négliger l'hétérogénéité des poids des lapereaux au sein de la portée qui est étroitement liée à la compétition pour l'accès au lait [87]. La bonne aptitude laitière des femelles de la souche synthétique est démontrée préalablement par Amroun *et al.* [28]. Bolet *et al.* [87] rapportent un effet positif du nombre de lapereaux nés sur l'induction de la production laitière pendant les deux premières semaines.

L'augmentation du poids individuel après cette période (autours du 18^{ème} jour d'âge) est expliquée par le fait que les lapereaux commencent à ingérer de l'aliment solide en plus du lait fourni par la mère et l'apparition donc de la cœcotrophie quelques jours après [311]. Il est à noter que la quantité du lait disponible semble jouer un rôle important sur le démarrage de cette ingestion solide et sur la quantité totale d'aliment consommée avant le sevrage : les lapereaux dont la consommation de lait est la plus faible (plus faible capacité laitière des mères ou taille de portée élevée) compensent en commençant à ingérer de l'aliment solide un peu plus tôt mais surtout en plus grande quantité [311].

A 25 jours d'âge, la production laitière décroît. Fortun-Lamonthe *et al.* [320] indiquent qu'à cette période le lapereau consomme en moyenne 25 à 30 g d'aliment granulé. Les quantités d'aliment solide ingérées s'accroissent ensuite rapidement (>5 g/J/lapin). Le comportement alimentaire est fortement modifié au cours de cette période, le lapereau passe d'une seule tétée par jour à plusieurs repas solides et liquides [104]. A partir du 25^{ème} jour, la croissance du lapereau s'accélère pour atteindre 35 à 38g de gain moyen par jour quand la part du solide dans l'alimentation devient conséquente [320]. Au cours de la 4^{ème} semaine de vie, l'ingestion d'aliment solide et d'eau devient prédominante par rapport à celle du lait.

Facteurs de variation des paramètres de la portée...

...absence de l'effet saison sur la majorité des paramètres

La saison ne semble pas affecter **la taille de la portée** (nés totaux ou vivants) entre la naissance et le sevrage. Nos résultats sont en contradiction avec les données de la littérature qui soulignent un effet défavorable de la saison chaude sur la taille de la portée. En effet, selon Boudour *et al.* [27], les paramètres de la taille de la portée (nés totaux, nés vivants et sevrés) sont négativement affectés en saison chaude. Ces derniers auteurs ajoutent, que les meilleures valeurs de la taille de la portée sont enregistrées durant la période fraîche suivie par l'automne. Les variations notées pour l'effet de la saison entre les différentes études pourraient être liées aux différentes conditions d'élevage et à la température moyenne de chaque saison selon les expérimentations.

L'automne semble être la saison la plus favorable pour **le poids individuel des nés totaux** à la mise bas (+13%). Cela corrobore avec la bibliographie relevant un effet défavorable de la saison chaude sur les paramètres de la portée. A la naissance, Boudour *et al.* [27], rapportent un effet hautement significatif et négatif de l'été sur le poids individuel des lapins de souche ITELV2006. De même, un effet significatif du stress thermique sur le poids des lapereaux est rapporté par Tuma *et al.* [267]. Ceci est expliqué par une réduction de la production laitière pendant cette saison [279]. Ces auteurs ont obtenu des résultats similaires à nos résultats indiquant un poids moyen à la naissance élevé en automne qu'en été. Le stress thermique est souvent associé à une perte du gain du poids, une altération de la conversion alimentaire et même l'augmentation des incidents pathologiques [135,279]. Cependant, un poids plus élevé en automne est probablement lié au poids de la femelle et à sa production laitière. Nos résultats montrent un poids des femelles plus élevé en automne qu'en été, mais un écart qui reste non significatif. Les résultats obtenus par Elmaghraby *et al.* [321] et Yamani *et al.* [279], démontrent que les lapereaux les plus lourds sont ceux élevés par des femelles également lourdes à la saillie. Aussi, Rommers *et al.* [322] citent que les femelles reproductrices lourdes ont des lapereaux lourds au 16^{ème} jour de lactation.

La lactation et les paramètres de la portée...

...effet significatif sur le nombre et le poids des lapereaux vivants

L'effet de **la lactation** sur les paramètres de la portée est significatif sur le **nombre des lapereaux vivants** entre la naissance et le sevrage, en faveur des femelles non allaitantes. Un tel résultat pourrait être lié à un meilleur bilan énergétique et une consommation élevée d'aliment chez les femelles non allaitantes par rapport aux femelles allaitantes [268]. De plus, pendant la lactation, le rendement énergétique élevé associé à la production de lait n'est pas entièrement compensé par l'ingestion d'aliments et la lapine comble ce déficit énergétique en augmentant la mobilisation des réserves corporelles [219] et cette perte d'énergie corporelle, influence négativement sur les performances de reproduction [323].

Dans nos conditions expérimentales, les lapereaux issus des femelles allaitantes présentent un **poids individuel** significativement plus élevé que celui noté sur les lapereaux issus de femelles non allaitantes du 5^{ème} jour *post partum* au sevrage. Ceci est contradictoire à la littérature notant un poids individuel des lapereaux plutôt élevé chez les femelles non allaitantes, impliquant l'effet défavorable de la lactation [92,270]. Cependant, la supériorité du poids individuel des lapereaux issus des femelles allaitantes dans notre étude est une conséquence à la faible prolificité des femelles allaitantes (nombre des vivants) pendant toute la période d'allaitement et jusqu'au sevrage, et ce qui est en accord avec Poujardieu *et al.* [324]. En outre, le poids individuel est corrélé négativement avec la taille de la portée [223,224].

Il est à noter que le nombre des nés vivants est significativement plus faible chez les femelles allaitantes depuis la naissance jusqu'au sevrage, en accord avec les résultats des recherches ultérieurs. Ceci est lié à l'effet défavorable de la lactation sur les performances de la femelle [259,270].

Parité et paramètres de la portée de la souche ITELV2006...

...effet sur le poids individuel des lapereaux à partir de J14

Dans cette étude, la **parité** n'influence pas significativement **les paramètres de la portée** à la naissance. Nos résultats sont en accord avec ceux d'Abdelli-Larbi *et*

al.[325] chez la population locale algérienne et ceux de Singh *et al.* [326] chez le lapin de race Angora. Cependant, chez les lapines de population locale et de souche synthétique, la parité affecte significativement la majorité des paramètres de la portée, les plus faibles performances sont enregistrées chez les lapines primipares [5,21]. Selon ces auteurs, la différence de poids de la portée est liée à un faible poids des femelles primipares en comparaison avec les femelles multipares [5]. L'absence d'effet parité sur les paramètres de la portée dans notre étude pourrait être liée à un âge tardif de la mise à la reproduction des femelles (7 à 8 mois) et donc un poids élevé au stade primipare.

Par ailleurs, la **parité** affecte significativement le **poids individuel moyen** des lapereaux vivants à partir du 14^{ème} jour d'âge, le poids le plus faible est noté chez les nullipares. Nos résultats concordent avec ceux des travaux ultérieurs. Selon Bignon *et al.* [327], la parité influence significativement la croissance et les lapereaux issus de lapines nullipares, sont significativement plus légers, comparés aux lapereaux issus des primipares ou de multipares. Aussi, Rouvier *et al.* [138] et Abdelli-Larbi *et al.* [325] trouvent un effet significatif de la parité sur le poids des lapereaux respectivement à l'âge de 21 et 28 jours. Selon ces derniers auteurs, le poids le plus faible des lapereaux est noté chez les femelles nullipares. En période de pré-sevrage, le poids du lapereau dépend principalement de sa consommation individuelle en lait qui est relativement variable [328]. Au fil du temps, une consommation alimentaire plus élevée de la femelle et, par la suite, une augmentation de leur production laitière, pourraient expliquer l'augmentation du poids individuel du lapereau en pré-sevrage par rapport à l'ordre de parité [94].

Dans nos conditions expérimentales, durant les 2 premières semaines d'âge, le poids individuel moyen des lapereaux est comparable entre les trois parités étudiées. Il est à noter que jusqu'à 14 jours d'âge, les lapereaux occupent leur nid et leur croissance dépend uniquement du lait maternel. Par contre, entre 14 et 21 jours, ils commencent à quitter le nid et rejoindre leur mère dans la cage, de ce fait, l'introduction d'aliment supplémentaire au lait maternel pourrait expliquer les différences des poids et des gains, observées à partir de cette période [321].

Etude descriptive de la croissance du lapereau...

...résultats comparables aux données de la littérature

Le poids individuel des lapereaux nés vivants est similaire à celui obtenu par Sid *et al.* [62], mais inférieur à celui mesuré par Boudour *et al.* [27] sur la même souche du lapin. Par ailleurs, le poids des lapereaux vivants et leur gain de poids sont plus élevés par rapport à ceux des lapereaux morts, ceci quelle que soit la période de mesure. Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature [329]. En effet, les lapereaux lourds réussissent toujours la tétée, leur croissance est meilleure et survivent plus comparés aux lapereaux ayant un poids faible [35, 251,318]. La littérature montre également que les lapereaux les plus légers sont susceptibles de mourir très vite ou, s'ils survivent, seront plus sensibles aux maladies [35].

La croissance individuelle des lapereaux...

...meilleur poids individuel en automne

Dans notre expérience, **la saison** montre un effet significatif sur le poids individuel des lapereaux (totaux et vivants) uniquement pendant la première semaine de leur vie. En effet, le poids des lapereaux qui naissent en automne est significativement plus élevé à celui des lapereaux nés en été. Nos résultats sont en accord avec ceux de plusieurs auteurs soulignant un effet négatif de la saison estivale sur le poids et la croissance des lapereaux [279, 330,331]. Ceci pourrait être expliqué par un poids faible des femelles en été comparé celui noté en l'automne, lui-même lié à un faible ingéré alimentaire ce qui réduit la croissance *in utéro* des lapereaux [274]. De plus, le gain du poids journalier et l'ingéré alimentaire des lapereaux en croissance décroît durant les hautes températures [332].

En revanche, Elmaghraby *et al.* [321] et Zerrouki *et al.* [70] n'ont pas trouvé un effet significatif de la saison sur le poids et le gain de poids qu'à J28 ou au sevrage. Jusqu'à 21 jours d'âge, les lapereaux dépendent du lait maternel réduisant ainsi l'effet de la saison sur la croissance (poids et gain) [321]. L'introduction d'aliments solides par la suite peut expliquer les différences des poids et des gains du poids, observées entre les saisons [333].

Lactation et croissance sous la mère...

...meilleures performances chez les femelles non allaitantes

L'effet de la ***lactation*** sur l'évolution de la croissance des lapereaux en pré-sevrage est significatif à partir du 5^{ème} jour après la mise-bas, en faveur des femelles non allaitantes. Plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que les femelles non allaitantes au moment de la saillie donnent les meilleures performances (prolificité et croissance des lapereaux en pré-sevrage) [92, 270,334]. Selon Castellini *et al.* [323], la dégradation de l'état corporel des lapines allaitantes peut avoir une incidence sur les performances de viabilité et de croissance de leurs lapereaux. Notre étude a montré que l'effet significatif entre les deux groupes des femelles disparaît en introduisant le nombre des nés totaux ou vivants comme covariable. Ceci indique que la différence de la croissance entre les lapereaux est liée à la taille de la portée entre les femelles allaitantes et non allaitantes, ceci entre la naissance et le sevrage. Cependant l'étude des facteurs de variation des traits de la portée préalablement présentée a montré un nombre des lapereaux vivants plus faibles chez les femelles allaitantes que celles non allaitantes. Résumons nos résultats, les femelles non allaitantes ont montré un nombre élevé de lapereaux vivants avec un poids individuel et un gain élevés, ce qui est en désaccord avec la littérature [247,321].

L'effet de la parité sur la croissance des lapereaux...

...faible poids chez les lapereaux issus des nullipares

L'***ordre de parité*** montre un effet significatif sur la croissance des lapereaux sous la mère pour toute la durée d'étude, avec un poids individuel faible chez les lapereaux issus des nullipares. Cette différence persiste même après l'introduction du nombre de lapereaux nés totaux et vivants comme covariables. Nos résultats rejoignent ceux de Zerrouki *et al.* [70] sur la population locale montrant un effet significatif de la parité sur le poids des lapereaux entre la naissance et 14 jours d'âge. Cependant, de 21 à 28 jours d'âge, le poids reste toujours faible pour les lapereaux issus des nullipares, mais la différence n'est pas significative. Elmaghraby *et al.* [321] ont noté que les femelles multipares élèvent des lapereaux plus lourds à la naissance. Cependant, à partir de 21 jours d'âge, les résultats ne diffèrent pas statistiquement entre les parités, par contre, les femelles multipares (parité 2 et plus) semblent avoir des portées plus uniformes,

avec un poids plus important et un gain corporel élevé comparés aux femelles des autres parités.

Par ailleurs, Ouyed *et al.* [335] indiquent que seul le poids moyen des lapereaux à la naissance et au sevrage varie significativement en fonction du numéro de la portée. Ils ajoutent qu'en moyenne, les lapereaux pèsent 13g de plus à la naissance et 171g de plus au sevrage dans les portées de rangs 4 et 5 comparativement à la 1^{ère} portée.

La littérature relie cet effet de parité sur le poids des lapereaux à la naissance aux changements de l'efficacité physiologique de la mère, en particulier, ceux liés à l'alimentation et à l'environnement intra-utérin fournis pendant la gestation avec l'avancement des parités [86]. De plus, la production laitière de la lapine augmente au fil des parités. Ceci se répercute sur le gain corporel des lapereaux [209,336]. Courreau *et al.* [319] ont montré que la femelle primipare peut réagir plus agressivement aux stimuli émis par ses petits. Cela peut affecter sa volonté de se positionner adéquatement sur sa portée pour l'allaiter. Ces derniers auteurs ajoutent que le fait de subir un premier cycle maternel complet peut stimuler la fonction du système de chimio émission impliqué dans la production et l'émission des signaux phéromonaux et qui dirige le comportement de recherche des tétines et d'allaitement chez la progéniture. De plus, Khalil *et al.* [135] montrent que le comportement maternel s'améliore avec l'avancement des parités jusqu'à la 6^{ème} portée, puis reste constant pendant une période et diminue par la suite en raison du vieillissement de la femelle

L'effet de la qualité du nid sur l'évolution de la croissance...

...résultats contradictoires aux données de la littérature

Les évolutions du poids et du gain du poids individuels des lapereaux, de la naissance à 7 jours d'âge et en fonction de la ***qualité du nid*** montrent une différence significative en faveur de ceux qui naissent dans un nid d'une mauvaise qualité. Nos résultats sont en contradiction à ceux de Canali *et al.* [337] rapportant que les lapereaux qui sont nés dans un nid de bonne qualité montrent le meilleur développement en termes de poids au 5^{ème} jour d'âge. Un poids faible des lapereaux qui naissent dans un nid d'une bonne qualité serait lié à des facteurs autres que la qualité du nid. En effet, le poids à la naissance est affecté par plusieurs facteurs *in utéro* notamment, le nombre

de vaisseaux sanguins irrigant chaque site d'implantation [98], espace utérin et position du fœtus [215,236], ou d'autres facteurs tels que le poids de la femelle [217], la parité [87,221] et la taille de la portée [225,226].

De plus, le poids à la naissance joue un rôle important sur la croissance et la survie des lapereaux en péri-sevrage [35,338]. Selon Mucino *et al.* [339], les lapereaux les plus lourds, concourent plus efficacement pour le lait maternel, occupent les endroits les plus chauds du nid et poussent plus vite. Un tel constat pourrait laisser penser que le poids élevé des lapereaux à compenser l'effet défavorable de la mauvaise qualité du nid sur le développement des lapereaux durant les 5 premiers jours de vie. Il est à noter que l'absence de construction du nid chez la lapine varie entre 2,3 à 9% [251]. Ce phénomène n'est pas lié au manque d'expérience de la femelle, mais il peut être dû à des stimuli spécifiques tels que le changement endocrinien, facteurs environnementaux y compris la saison [340], et génétiques y compris la race qui semble être liée aux différences de sensibilités hormonales aux œstrogènes et à la prolactine [341].

De J14 et J21, les poids et les gains de poids sont comparables entre les trois classes du nid. Cependant, entre J21 et J28 et entre J28 et J35, les lapereaux qui naissent dans un nid d'une excellente qualité montrent le meilleur gain du poids. Les lapereaux issus des nids d'excellente et moyenne qualité semblent récupérer le retard de croissance, en accord avec les résultats de Canali *et al.* [337]

Au sevrage (J35), le meilleur poids est noté chez les lapereaux issus des nids d'excellente qualité, ceci rejoint les observations de Canali *et al.* [337] montrant que le groupe de lapereaux élevés dans un nid de meilleure qualité montrent le poids et le nombre le plus élevé à 30 jours d'âge. Cependant, la correction statistique avec le nombre des nés vivants fait disparaître la signification, d'une part entre les poids des différentes classes à J35, et d'autre part, entre les gains corporels notés entre J21 et J35. Nos résultats sont en accord avec la bibliographie relevant un effet significatif du nombre des lapereaux vivants par portée sur la croissance en pré-sevrage [218, 316,342].

La croissance des lapereaux nés hors ou dans le nid...

...un gain du poids similaire à partir du 7^{ème} jour d'âge

L'étude de l'effet du *lieu de mise bas* sur l'évolution de la croissance en pré-sevrage montre que les lapereaux nés hors du nid sont caractérisés par un poids plus élevé à la naissance. Ce résultat corrobore avec celui de Briens [78] qui note un poids des lapereaux nés sur grillage significativement plus élevé à celui des lapereaux nés dans le nid (56,6 vs 53,7g).

De même, le poids des lapereaux nés vivants est plus élevé lorsqu'ils naissent hors du nid. Cependant, lorsque le nombre de lapereaux nés totaux est utilisé comme covariable, nous n'avons noté aucune différence significative entre les deux groupes étudiés (mise bas hors ou dans le nid). Cela indique que la différence du poids est liée principalement au nombre des lapereaux nés totaux. D'après Vicente *et al.* [218] et Di Meo *et al.* [343], le poids à la naissance décroît avec l'augmentation de la taille de la portée.

Par ailleurs, de J0 à J14, les écarts de poids individuel notés initialement en faveur des lapereaux nés hors du nid persistent. Ceci est lié à leur poids à la naissance élevé, ce qui favorise une meilleure croissance. De même, le gain du poids entre J0 et J5 est significativement plus élevé chez les lapereaux qui naissent hors du nid. Cependant, à partir de J7, les gains du poids mesurés entre les différentes dates deviennent comparables. Ceci pourrait être lié à un effet réduit du poids à la naissance sur la croissance des lapereaux. En effet, quel que soit le lieu de mise bas, une fois la portée est mise dans le nid, les lapereaux seront soumis aux mêmes conditions d'environnement. Leur croissance sera liée à la production laitière de leur mère et à leur aptitude à ingérer une quantité suffisante du lait pendant le court temps de l'allaitement [249].

L'effet du cannibalisme sur le développement des lapereaux...

...résultats difficiles à comparer aux données de la littérature

Dans nos conditions expérimentales, dans les portées qui ont enregistré un phénomène de cannibalisme, le poids individuel des lapereaux à la naissance (nés totaux et vivants) est plus élevé comparé à celui noté pour les portées qui n'ont noté aucun phénomène de cannibalisme. Cette différence serait liée plutôt aux différents facteurs affectant le poids à la naissance qu'au phénomène de cannibalisme. De plus, le phénomène de

cannibalisme est souvent signalé dans les portées ayant des lapereaux lourds, responsables de dystocies et un stress pour la femelle [340].

Malgré leur poids élevé à la naissance, les lapereaux issus de femelles qui présentent un phénomène de cannibalisme, montrent à J5 et J7, un poids comparable à celui des lapereaux issus de femelles qui n'ont pas présenté un cannibalisme. Par contre, le gain de poids entre J0 et J5 est plus élevé pour les lapereaux issus de femelles qui ne montrent pas un phénomène de cannibalisme à la mise bas.

A partir du 14^{ème} jour d'âge, les poids et les gains du poids enregistrés à différentes dates sont plus élevés pour les lapereaux issus des femelles qui ne présentent pas un phénomène de cannibalisme à la mise bas. La discussion de nos résultats par rapport aux données de la littérature est très difficile. En effet, à notre connaissance aucun travail n'a étudié l'effet du cannibalisme à la mise bas sur le développement ultérieur des lapereaux. Nos résultats laissent suggérer que les lapereaux survivants après un cannibalisme, malgré leur poids élevé, n'ont pas eu de gain de poids élevé. Ceci semble être lié au stress causé le jour de leur naissance. En effet, le stress des lapereaux peut causer une anorexie [344].

Il est à noter que le cannibalisme est lié au manque d'expérience des femelles, les primipares sont les plus touchées [340]. L'inhibition du comportement cannibale avec mutilation et consommation des parties saillantes ou du corps entier fait partie du développement de l'instinct maternel chez les lapines domestiques ou sauvage [345]. Ce dernier auteur ajoute, que chez certaines lignées de lapins, les femelles sont très nerveuses ou possèdent un instinct maternel peu développé avec une tendance à ignorer ou dévorer leurs petits. Dans ces cas, la formation du nid accueillant les nouveau-nés est souvent négligée et ne contient que peu ou pas de paille ou de poils.

La croissance des lapereaux en péri sevrage...

...comparable entre les mâles et les femelles

Le **sexe** n'a montré aucun effet significatif sur la croissance des lapereaux en pré-sevrage. Ceci est en accord avec la bibliographie. Agea *et al.* [318] ont rapporté que le poids des lapereaux à 4 jours d'âge est comparable entre les deux sexes. Aussi, Szendro *et al.* [251] ont montré que les différences du poids entre les deux sexes des lapins ne deviennent significatives qu'à l'âge de 12 semaines en faveur des femelles.

L'effet du sexe sur la croissance, en faveur des mâles, est en général faible, mais il peut être différent suivant le génotype [346]. Bolet *et al* [87] ont indiqué que les mâles sont significativement plus lourds que les femelles à la naissance (+ 4 g). Ils maintiennent leur supériorité au sevrage (+19,3 g), bien que leur vitesse de croissance ne soit significativement supérieure que pendant les deux premières semaines.

La relation entre le poids à la naissance et la survie du lapereau...

...effet significatif du poids de la naissance au sevrage

Notre étude a démontré l'effet hautement significatif ***du poids individuel du lapereau*** à la naissance sur la ***probabilité de sa survie***, et cela pour toutes les dates considérées dans la présente étude. Nos résultats sont en accord avec les données de la bibliographie. Au sein d'une race de lapin donnée, il existe une corrélation étroite entre le poids de la progéniture (la portée) à la naissance et sa viabilité [123]. Selon Poigner *et al.* [35] et Gynovai *et al.* [347], la viabilité des lapereaux est fortement influencée par leur poids individuel à la naissance. La probabilité de survie augmente avec le poids individuel à la naissance, elle est de plus de 90% à partir d'un poids de 60g [318].

D'autre part, Szendro *et al.* [251] rapportent que tous les lapins pesant entre 25-35 g et 50% des lapins pesant entre 35-45 g à la naissance meurent au cours de la première semaine de vie, et la mortalité devient plus élevée avec l'augmentation de la taille de la portée et la diminution du poids à la naissance. Une corrélation négative existe entre le poids individuel à la naissance et la mortalité. Les jeunes lapereaux de faible poids à la naissance ont un risque de mortalité avant le sevrage [316]. Ceci peut être expliqué par le fait que les lapereaux les plus lourds concourent plus efficacement pour le lait maternel, occupent les endroits les plus chauds dans la boîte à nid, poussent plus vite, et par conséquent, ils ont plus de chances de survie que les lapereaux légers [339]. De plus, après la naissance, dans les grandes portées, le nombre limité de tétines chez les lapines provoque une compétition entre les lapereaux pour le lait [338]. Les lapereaux à faible poids, non seulement n'ont pas de forte chance pour réussir face à leurs compagnons plus lourds (>48g), mais aussi ils ne semblent pas répondre à la stimulation de la phéromone mammaire pour retrouver les tétines de leur mère et donc le succès de la première tétée est manqué, affectant ainsi leur probabilité de survie [303]. Dans la même étude, il a été mentionné, au cours de la première semaine de vie,

un taux de mortalité de plus de 14% pour les lapereaux non-répondants à la phéromone mammaire en comparaison à ceux qui y répondent (4%).

Pour réduire l'hétérogénéité de la portée et augmenter les chances de survie, une homogénéisation par des transferts de lapereaux entre les portées peut être réalisée [348]. Aussi, une sélection pour réduire la variabilité du poids au sein de la portée a été proposée [255]. Elle permet d'augmenter d'une façon indirecte la survie des lapereaux [349]. Selon Garreau *et al.* [161], une sélection canalisante sur le poids de la portée a montré une augmentation de la survie des lapereaux sans réduire le poids moyen de la portée, car l'augmentation de l'homogénéité du poids réduit la compétition entre les lapereaux au sein de la portée et augmente ainsi leur viabilité.

Un poids du lapereau élevé à la naissance...

...réduit l'effet défavorable du cannibalisme sur la survie

Dans nos conditions expérimentales, nous avons mis en évidence la relation entre le **cannibalisme**, la **probabilité de survie** et le **poids individuel** du lapereau à la naissance. En effet, un poids élevé à la naissance a diminué l'effet défavorable du cannibalisme sur la survie du lapereau à la naissance. Un tel résultat pourrait être associé à l'absence de la première tétée des portées enregistrant un phénomène de cannibalisme à la mise bas. De ce fait, les lapereaux ayant un poids élevés à la mise bas auront plus de chance, de survivre grâce à leurs réserves corporelles comparés aux lapereaux avec un poids faible [37,246].

Il est à noter que le pourcentage de cannibalisme est d'environ 3,7% et 13,2% respectivement chez les lapines domestiques et sauvages [78,340]. Il varie notamment en fonction de la parité de la femelle et les lapines multipares montrent les pourcentages les plus faibles [350].

Mise bas de la femelle dans le nid...

...meilleure survie du lapereau en péri sevrage

Nos résultats ont montré aussi un effet hautement significatif du **lieu de la naissance** des lapereaux sur la probabilité de leur survie, et cela à la naissance et entre 21 à 35 jours d'âge. Le poids à la naissance des jeunes lapereaux, selon notre étude, semble augmenter les chances de survie en faveur des individus lourds malgré une naissance

hors du nid. Pour un poids de 45g, la probabilité de survie diffère de 30% lorsque le lapereau est né hors du nid. Il semble que l'effet du lieu de mise bas sur la survie des lapereaux est lié beaucoup plus à leur comportement au sein du nid, qui est normalement le lieu habituel de naissance. Le nid confère aux lapereaux glabres de naissance une protection provisoire grâce aux poils de leur mère utilisés pour confectionner le nid. Ces poils contenant une phéromone « apaisine » qui induit chez les lapereaux un sentiment de sécurité et de quiétude. Ils seront aussi une source de chaleur supplémentaire et complémentaire à leur tissu adipeux brun qui assure la thermorégulation [245]. De plus, les lapereaux qui naissent hors du nid échouent souvent leur première tétée du colostrum. L'absence de traces lactières à la naissance augmente la mortalité pendant la première semaine de vie du lapereau, quel que soit son poids à la naissance [318]. Ajoutons qu'un poids inférieur au poids optimal signifie des réserves énergétiques moindre et la capacité de thermorégulation sera réduite, et par conséquence une augmentation des mortalités en pré-sevrage [351].

L'augmentation des chances de survie pour les lapereaux lourds même nés en dehors du nid, confirme l'importance et les avantages du poids individuel élevé pour la croissance et la survie avant le sevrage. Bautista *et al.* [338] montrent que les lapereaux lourds ont un meilleur développement sensori-moteur et ils sembleraient être dominants sur les ressources alimentaires même après le sevrage.

La relation entre la saison, le poids et la survie...

...survie comparable entre l'été et l'automne

Notre étude n'a relevé aucun effet significatif de **la saison** sur la probabilité de survie en pré-sevrage. Ce résultat est contradictoire à la littérature qui associe l'effet significatif de la saison chaude (été) à la mortalité des lapereaux en période d'allaitement et qui semble être liée à une faible production lactière [28, 352,353].

L'absence d'effet saison est liée probablement au fait que notre expérimentation s'est déroulée pendant 2 saisons (été et automne), qui sembleraient d'après la littérature comparables [69, 299,308]. Cependant, pour Kpodekon *et al.* [354], l'effet de la saison sèche n'a pas été observé, expliquant que cela pourrait être lié aux interactions entre l'effet de l'élevage et celui de la saison de mise bas. Ils ont signalé que le taux de mortalité de la même saison a varié d'une année à l'autre. Les saisons n'ont donc pas

les mêmes conséquences d'une année à l'autre, ceci pourrait expliquer l'absence d'effet saison.

Lactation et probabilité de survie en péri sevrage...

...survie similaire entre les femelles allaitantes et non allaitantes

La survie des lapereaux n'a pas été affectée par la ***lactation*** dans la présente expérience, et ce qui est en accord avec Agea *et al.* [318]. Ces derniers auteurs ont indiqué que lorsque la lactation et la gestation se chevauchent, la probabilité de survie est faible mais non significative. De plus, Szendro *et al.* [251] ont rapporté que chez les espèces polytoques, l'effet maternel joue un rôle important sur la survie, le poids corporel des lapereaux allaités et en croissance. Chez le porc, il est démontré que la survie postnatale dépend fortement du comportement du porcelet et de la mère [294,317]. Ceci suggère que la survie des lapereaux n'est pas liée à l'état physiologique de la femelle pendant la gestation mais plutôt à son aptitude d'allaitement avec ses petits.

L'étude de la relation entre la parité et la survie...

...survie comparable entre les nullipares, primipares et multipares

En ce qui concerne ***la parité*** de la femelle et sa relation avec la survie des lapereaux, nos résultats ne montrent aucun effet significatif quelle que soit la date de mesure. Nos résultats sont en contradiction avec les données de la littérature. En effet, chez le lapin, plusieurs travaux ont soulevé l'effet de la parité sur la mortalité pour différents génotypes [335,354]. Les primipares ont moins de mortalité que les multipares [78]. Ouyed *et al.* [335] ont rapporté un taux de mortalité deux fois plus élevé en première parité que pour les parités suivantes. De même, le nombre des lapereaux échouant la première tétée est plus élevé chez les primipares que chez les multipares (18% vs 9%), et par conséquent, la mortalité est aussi plus élevée entre J0 et J10 selon l'ordre de parité [319]. Il semble aussi que la capacité locomotrice des lapereaux issus des multipares est meilleure que celle des lapereaux issus des nullipares [355] permettant une bonne concurrence pendant l'allaitement.

Elmaghraby *et al.* [321], a montré que les lapereaux issus des nullipares sont plus légers, à la naissance, que ceux issus des primipares et multipares, mais cet effet disparaît au sevrage. Ils ajoutent qu'aucune différence significative de survie n'a été observée entre les parités, malgré l'influence favorable des multipares sur les performances de la portée jusqu'au sevrage, ce qui est en accord avec nos résultats.

L'effet de la qualité du nid sur la survie...

...disparaît en présence d'un poids individuel important

La relation entre la probabilité de survie et le poids du lapereau selon la **qualité du nid** est significative à J5, en faveur de ceux nés dans un nid d'excellente qualité. Cependant, pour un poids individuel à partir de 50g, la probabilité de survie pour les 3 classes devient similaire.

La littérature a soulevé l'importance de la qualité du nid sur la survie des lapereaux particulièrement pendant la première semaine de leur vie, vu qu'ils naissent glabres [245, 246, 247,316]. Les multiples recherches le relient au maintien de la thermorégulation des lapereaux renforçant le rôle du tissu adipeux brun puisqu'une relation étroite est mise en évidence entre la température corporelle, le poids à la naissance et la mortalité. Ceci explique le résultat obtenu pour la probabilité de survie à J5 en faveur des lapereaux nés dans un nid de bonne qualité.

Une survie similaire entre les 3 types de nid à partir d'un poids de 50g, semble correspondre au poids optimal pour la survie du lapereau de la souche synthétique quelle que soit la quantité des poils utilisés pour la confection du nid. La synthèse de Szendro *et al.* [37], a indiqué plusieurs seuils de poids favorisant la survie des lapereaux qui diffèrent selon les souches et les conditions d'études, variant entre 40g et 48g. Cependant, Canalli *et al.* [337] ont enregistré un meilleur taux de survie chez les portées élevées dans un nid de bonne qualité et qui se répercute aussi sur la survie à J30. Inversement, les nids de mauvaise qualité sont caractérisés par le taux de mortalité le plus élevé.

La relation entre le sexe et la survie des lapereaux...

...absence d'effet significatif pour toutes les dates de mesure

Enfin, l'effet **sexe** montre une différence de probabilité de survie des lapereaux en pré-sevrage observée à J14, et ceci toujours en relation avec le poids à la naissance. Pour un poids inférieur à 75g, les lapereaux de sexe femelle semblent avoir de meilleures chances de survie que les lapereaux de sexe opposé. Cependant, ce résultat n'est pas statistiquement significatif. Au-delà d'un poids de 75g, la survie entre les deux sexes est comparable. Notre résultat rejoint celui d'Agea *et al.* [318] confirmant que le sexe n'a pas d'effet sur la survie des lapereaux en pré-sevrage.

L'héritabilité du poids du lapereau...

...valeurs faibles à modérées entre la naissance et le sevrage

Dans cette étude, l'héritabilité du poids à la naissance est de 0,11. Elle augmente en fonction de l'âge du lapereau pour atteindre des valeurs de 0,24 et 0,21, respectivement au 28^{ème} jour d'âge et au sevrage. Nos résultats sont tantôt en accord tantôt en contradiction avec les données de la littérature. Chez la population locale algérienne, l'héritabilité du poids individuel à la naissance est modérée avec une valeur de 0,26 [356]. Par contre, au sevrage, ce dernier auteur enregistre des valeurs comparables à celles notées dans notre étude. Testik *et al.* [357] rapportent, chez la V line et la Californienne, des valeurs d'héritabilité similaires à la naissance (0,10), mais faibles à J21 et au sevrage (45 jours) (0,10 et 0,15 respectivement). Argente *et al.* [248] ont rapporté des valeurs d'héritabilité plus élevées chez des lapines intactes et uni-ovariectomisées et qui sont, à la naissance, respectivement 0,26 et 0,21 et au sevrage 0,24 et 0,25. Toutefois, d'autres auteurs signalent des valeurs aux sevrages nettement supérieures à celles mesurées dans cette étude (0,42 chez le lapin Néo-Zélandais [358] et 0,34 chez une lignée maternelle [359]).

Pour un paramètre donné, une héritabilité suffisamment élevée permet de le prendre en compte dans un programme de sélection génétique [248,317]. La faible valeur d'héritabilité du poids à la naissance (0,11) reflète que ce dernier ne semble pas être le caractère adéquat pour une future sélection. Cependant, l'héritabilité du poids individuel à J5 et J7 est plus élevée qu'à la naissance offrant donc un avantage de réponse à la sélection plus intéressant qu'en J0. Les estimations d'héritabilité faibles pour le poids

individuels à la naissance (0,11) et modérées pour le même critère au sevrage (0,21) indiquent une faible influence génétique mais, une forte influence environnementale pour les critères reproductifs, et suggère que les facteurs non génétiques (facteurs environnementaux) affectent l'expression de ces critères [360].

Etude des corrélations génétiques et phénotypiques...

Dans les conditions de cette étude, les corrélations génétiques sont fortes entre le poids à la naissance et les poids enregistrés à J5 et J7, alors que pour les dates suivantes, elles sont faibles à modérées (entre 0,41 à 0,54). Ceci est en accord avec les résultats obtenus par Ayayi *et al.* [360]. Ces derniers auteurs notent des corrélations génétiques positives et leurs valeurs diminuent de la naissance au sevrage.

Nos résultats indiquent que la sélection sur le poids corporel individuel à un âge précoce, c'est-à-dire à la naissance ou pendant la période précédant le sevrage, conduira à des réponses corrélées en matière de gain de poids dans les tranches d'âge ultérieures. Ceci est en accord avec Khalil *et al.* [361] et Aboukhadiga *et al.* [19] qui rapportent que la sélection pour un poids élevé des portées à la naissance est généralement associée à une amélioration génétique du caractère pour des âges suivants.

En outre, les valeurs à J5 et J7 montrent des corrélations fortes et positives avec les différentes dates de pesées. Les estimations de corrélations génétiques élevées pourraient laisser suggérer que la plupart des gènes affectant le poids à ces différentes dates de mesure peuvent avoir un effet sur le caractère correspondant à des âges plus avancés [360].

Les corrélations phénotypiques sont fortes et positives entre les poids mesurés à différentes dates, variant entre +0,59 et +0,83. Cependant, les poids mesurés à 35 jours d'âge montrent des corrélations faibles à modérées (0,27 à 0,54), mais toujours positives avec les autres dates de mesure du poids. Ceci peut être lié à l'effet environnemental négatif sur l'association de ces paramètres à cet âge. En revanche, une augmentation du poids à J5 ou à J7 sera accompagnée d'une augmentation des poids pour les dates ultérieures en pré-sevrage. D'une autre manière, la sélection du poids individuel à J5 ou à J7 entraînera ainsi une amélioration du poids individuel et de la portée en pré-sevrage, comme suggérée précédemment par Odubot et Saumad

[362]. Par contre, Khalil *et al* [361] mentionnent qu'une corrélation phénotypique positive entre deux poids n'indique pas forcément qu'une sélection de l'un implique l'amélioration de l'autre, car un effet environnemental sur les deux poids pourrait être si fort et corrélé positivement qu'une relation négative puisse être masquée.

Sur la base des observations suscitées une sélection sur le poids individuel à J5 ou J7 semblerait être un critère promettant une amélioration des performances de la souche ITELV2006 en pré-sevrage.

Etude des paramètres génétiques...

Les estimations de l'effet commun de la portée (c^2) enregistrées dans cette expérience sont élevées pour toutes les dates de mesures (de 0,43 à 0,66) et sans aucune diminution entre les différentes dates pris en considération. De plus, les corrélations sont fortes et positives. Les données de la littérature concernant l'étude du poids individuel du lapereau et l'effet commun de la portée en pré-sevrage sont rares. Argente *et al.* [248] rapportent des valeurs plus faibles, variant de 0,39 à 0,33 à la naissance et de 0,58 à 0,53 au sevrage, respectivement chez des femelles intactes et uniovariectomisées. Les estimations élevées obtenues peuvent être expliquées du fait que pour chaque nouvelle mise bas, l'effet commun de la portée est élevé lié à l'environnement, mais uniquement à la femelle elle-même car les individus de la même portée sont allaités par la même mère et élevés dans la même cage [361]. De plus, l'effet commun de la portée (c^2) affecte négativement l'estimation de la valeur additive chez les animaux [133]. Les estimations élevées à J28 et à J35 comparées à celles de J5 et J7 appuient encore une fois notre proposition de sélection à des dates précoces en pré-sevrage. Parmi les effets non-génétiques de la femelle qui pourraient affecter le poids individuel et la taille de la portée, le comportement d'allaitement de la femelle et son aptitude laitière. Cet effet est lié à la femelle pendant la croissance de ses petits et reste exprimé en permanence à travers toutes ses portées [299].

En outre, il est important de rappeler la relation observée selon laquelle le poids moyen à la naissance diminue avec l'augmentation de la taille de la portée, à travers de multiples recherches [308,349] et la relation de la taille de la portée avec la production laitière [249] et l'effet du poids individuel à la naissance sur la production laitière et la consommation individuelle [249].

Nos résultats démontrent aussi une diminution des corrélations entre les poids individuels à la naissance et les poids individuels notés pour des dates ultérieures, et qui est expliquée par le nombre de jours entre les pesées. En effet, plus les dates de mesure des données sont rapprochées dans le temps, plus les corrélations seront importantes, car l'effet environnemental est le même.

Les estimations de l'effet environnemental permanent de la femelle (p^2) sont plus faibles que celles de l'effet commun de la portée (c^2). La valeur la plus élevée est notée à J14 et J21 (0,11) et la plus faible au sevrage (0,04). Cependant, l'ensemble des corrélations sont fortes et positives (+0,80 à +0,98). Les faibles estimations confirment l'effet de la taille de portée sur le poids individuel en pré-sevrage. De plus, les fortes corrélations indiquent la stabilité de l'effet environnemental de la femelle, car pour plusieurs tailles de portée, l'effet environnemental est le même et lié à la mère [74].

6.5. Conclusion :

A la lumière des résultats obtenus lors de notre seconde expérience, nous déduisons que :

Le poids des femelles de souche synthétique ITELV2006, entre la mise bas et le sevrage, est affecté par la lactation et la parité rejoignant les études ultérieures, ceci quel que soit le génotype pris en considération. De plus, l'absence de la variation du poids selon les saisons d'étude semblerait confirmer encore une fois la bonne adaptation aux changements climatiques locaux de la souche ITELV2006.

L'étude des performances de la souche ITELV2006, a relevé une **prolificité élevée** confirmant son amélioration. Cependant, **le poids** moyen individuel reste **faible**. La corrélation négative entre ces deux traits est largement discutée dans la littérature. D'autre part, la grande variabilité entre le nombre des lapereaux vivants et leur poids individuel en pré-sevrage de la présente étude pourrait être liée à l'effet de la taille de la portée sur la croissance et sur l'induction laitière, et la bonne aptitude laitière de la femelle de souche ITELV2006.

L'étude de **la croissance en pré-sevrage** montre que le **poids individuel** des lapereaux est affecté par les différents facteurs :

La **lactation** affecte la croissance des lapereaux en faveur des femelles non allaitantes, pourtant ce groupe est caractérisé par un nombre de lapereaux vivants élevé par rapport au groupe des allaitantes. La corrélation négative, citée en littérature, entre les deux paramètres ne semble pas exister.

L'effet de **l'ordre de parité** est en accord avec la littérature en montrant que les nullipares ont le poids individuel des lapereaux le plus faible pendant toute la période d'étude. Ceci est expliqué par les changements de l'efficacité physiologique de la mère, en particulier ceux liés à l'alimentation et à l'environnement intra-utérin fournis pendant la gestation avec l'avancement des parités, et d'autre part, par l'augmentation de la production laitière avec l'avancement des parités.

Bien que les résultats obtenus sur l'évolution du poids et du gain du poids individuels des lapereaux, pendant la première semaine de vie, en fonction de la **qualité du nid** et le **lieu de mise bas** paraissent contradictoires à la bibliographie, ils ont confirmé le rôle et l'importance du poids individuel à la naissance sur la croissance et la survie des

lapereaux en pré-sevrage. D'autre part, et en accord avec la littérature, l'effet du nombre des lapereaux vivants sur le poids au sevrage est confirmé.

L'étude de l'effet du **cannibalisme** est difficile en raison de la rareté des études de sa relation avec la croissance en pré-sevrage et pour des dates consécutives. Cependant, des explications ont pu être proposées. L'effet de la première tétée sur la croissance et le gain corporel des lapereaux issus des femelles n'ayant pas montré un phénomène de cannibalisme et ayant des lapereaux de faible poids est largement étudié. De plus, sous un stress tel que le cannibalisme, le poids individuel paraît moins important que l'ingestion du colostrum maternel. La littérature signale que le cannibalisme reflète la défaillance de l'instinct maternel vu que ce phénomène est noté aussi chez les femelles échouant à la préparation de leurs nids. Une hypothèse qui mérite d'être étudiée.

L'étude de la relation entre le **poids individuel et la probabilité de survie** sous l'effet de multiples facteurs montre :

Un effet hautement significatif du **poids individuel à la naissance** pour toutes les dates considérées, rappelant ainsi l'étroite corrélation entre la probabilité de survie des lapereaux et leurs poids individuels : A la naissance, l'augmentation du poids individuel des lapereaux peut être protecteur de deux manières: (1) l'augmentation de la masse adipeuse peut permettre aux lapereaux de manquer les avantages de la tétée sans effets indésirables ; et (2) une masse musculaire importante peut favoriser une réponse vigoureuse au défi comportemental des lapereaux pendant leur compétition au moment de l'allaitement.

L'intérêt du poids individuel en présence d'effet du **cannibalisme** est observé sur les chances de la survie en pré-sevrage. En effet, un poids élevé à la naissance diminue l'effet défavorable du cannibalisme sur la survie à la naissance.

La présence d'un effet hautement significatif du **lieu de la mise bas** sur la survie (naissance, J21 et J35) qui est lié, d'une part au confort environnemental du nid augmentant les chances de survie pour les lapereaux à faibles poids. D'autre part, la survie hors du nid est en faveur des lapereaux lourds confirmant son effet protecteur au biais de son tissu adipeux plus développé.

L'absence de l'effet de **la qualité du nid** sur la survie lorsque le poids individuel est important est lié à une bonne thermorégulation des lapereaux. Aussi, un poids optimal (50g) favorise la survie en pré-sevrage quel que soit la quantité des poils fournis pour la construction du nid. Dans cette étude, nous avons noté l'absence d'effet **parité**, **allaitement**, **saison** et **sexe** sur les probabilités de survie des lapereaux entre la naissance et le sevrage.

L'étude des **paramètres génétiques** de la souche ITELV2006 montre que :

L'héritabilité du poids individuel à la naissance (J0) est faible alors qu'elle est plus élevée à des âges ultérieurs montrant le faible intérêt de sélection sur le poids individuel à J0. Par ailleurs, les plus fortes **corrélations génétiques** sont enregistrées à J5 et J7 indiquant que la sélection sur le poids corporel individuel à cet âge conduira à des réponses corrélées en matière de gain du poids non seulement dans les tranches d'âge ultérieures mais aussi à la naissance (J0).

Les corrélations phénotypiques sont fortes et positives entre les poids mesurés à différentes dates sauf à J35 où elles sont faibles à modérées, écartant la possibilité de sélection au sevrage. Cependant, l'augmentation du poids à J5 ou J7 sera accompagnée d'une amélioration des poids pour les autres dates, affirmant que la sélection à ces âges semblerait bénéfique conformément à la littérature.

Les estimations de **l'effet commun de la portée (c^2)** sont élevées pour toutes les dates de mesures et les corrélations sont fortes et positives. Peu de données sont disponibles dans la littérature pour ce paramètre et en fonction des différentes dates de mesure en péri sevrage. Cependant, les valeurs élevées en fin de période d'étude (J28 et J35) montrent que la sélection semblerait être plus intéressante à J5 et J7 caractérisées par des valeurs plus faibles, car l'augmentation de l'effet commun de la portée affecte négativement la valeur additive chez les animaux.

L'effet environnemental permanent de la femelle (p^2) montre des estimations plus faibles que l'effet commun de la portée relevant l'effet de la taille de la portée sur le poids individuel en pré-sevrage ainsi les corrélations fortes et positives indiquent sa stabilité.

CHAPITRE 7

DISCUSSION GENERALE

La **création de lignées synthétiques** est adoptée comme une nouvelle stratégie pour **améliorer** la **production de lapin** dans les pays à **climat chaud**, comme l'Algérie, l'Égypte et l'Arabie saoudite [16, 17,20]. Ces lignées sont développées par croisement entre les lignées commerciales étrangères et les populations ou races locales, dans le but de parvenir à un compromis entre les performances des lignées commerciales exotiques et l'adaptation à la chaleur des populations locales [63].

En **Algérie**, en 2003, une souche synthétique, **ITELV2006**, est créée selon un schéma de croisement et de complémentarité entre les femelles de la population locale et les mâles de la souche française 2666. Par ailleurs, la sélection a pour effet positif à court terme d'augmenter la valeur moyenne des populations pour les caractères sélectionnés [157]. Dans ce sens, **la souche synthétique ITELV2006 est sélectionnée (de G0 à G3) sur la taille de la portée à la naissance et le poids vif à l'abattage** [23].

Cette souche synthétique montre une **bonne adaptation** aux conditions d'environnement locales. Elle montre **une prolificité élevée** (+28%) comparée à la population locale [21]. Elle présente **un poids plus élevé** (+15%), un **gain** de poids quotidien **supérieur** (+19%) et une **meilleure conversion alimentaire** (4,81 vs 3,92) par rapport à la population locale [26].

La prolificité est l'un des traits économiques les plus importants pour l'amélioration de la production des élevages, mais elle a une faible héritabilité [171]. Cependant, tous les auteurs s'accordent pour mettre en évidence une **relation négative**, chez le lapin, entre **la taille de portée** à la naissance et **le poids moyen** des lapereaux au sevrage [87,236]. De plus, le **poids individuel** du lapereau **à la naissance**, à côté d'autres facteurs, influence sur **sa survie en pré-sevrage** [123]. Cependant, peu de données sont disponibles dans la littérature sur les paramètres génétiques du poids individuel à la naissance, en pré-sevrage et surtout à des intervalles hebdomadaires.

Par ailleurs, tout **programme d'amélioration génétique** ne peut être établi qu'après la **détermination des paramètres génétiques** relatifs aux caractères quantitatifs qui sont l'héritabilité, la répétabilité et les corrélations [129,322].

C'est dans ce contexte que s'articule notre recherche, présentée en deux expérimentations. La première s'intéresse à l'évaluation, chez les lapines de souche synthétique ITELV2006, les performances de reproduction et leurs facteurs de variation à la 9^{ème} génération. Il s'agira également d'estimer les paramètres génétiques de la taille de la portée et ceux de la croissance pour dix générations (G0 à G9). La deuxième, quant à elle, étudie la croissance des lapereaux sous la mère et les facteurs affectant leur survie. Enfin, évaluer les paramètres génétiques du poids individuel des lapereaux en pré-sevrage, ainsi que les corrélations génétiques et celles des effets environnementaux entre les différents caractères.

A la lumière des résultats obtenus des deux expériences, le **poids des femelles** de la souche synthétique mises en reproduction est comparable à celui cité dans des recherches ultérieures pour le même génotype [21,24] et qui ont confirmé leur supériorité à la population locale et blanche [67, 258,259] témoignant donc l'amélioration du poids des femelles. Malgré son poids élevé comparé à celui des autres populations locales d'Egypte [55] et du Maroc [57], la souche synthétique reste plus légère par rapport à d'autres souches synthétiques [17,80].

La **taille de la portée à la naissance** de la souche synthétique est d'environ 8 lapereaux. Ceci est en accord avec certains résultats obtenus pour la même souche [56,304]. En revanche Chibah *et al.* [260] et Boudour *et al.*[27] ont noté une prolificité plus élevée avec un écart de + 1,35 lapereaux. L'amélioration de la prolificité semble être liée à un meilleur taux d'ovulation de la souche ITELV2006 [52]. Cette **amélioration** révèle encore une fois les effets bénéfiques du croisement de la population locale avec la souche INRA2666 et met en évidence les limites de la taille de la portée chez les lapines de population locale qui pourraient être d'ordre génétique.

Toutefois, la **prolificité au sevrage** est **faible** comparée à celle des différentes souches synthétiques européennes et saoudienne [17, 64, 80,171]. Cette faible taille de portée est liée à un pourcentage élevé de mortalité entre la naissance et le sevrage. Notons que la mortalité en pré-sevrage est liée au poids individuel des lapereaux à la

naissance. En effet, Szendro et Maertens [123] rapportent que la survie des lapereaux à la naissance est positivement corrélée à leur poids. Aussi, tous les lapereaux qui pèsent moins de 35g et la moitié présentant un poids entre 35-45g meurent dans la première semaine de leur vie [151].

Comparés aux différentes populations locales en Algérie, les **poids de la portée** aux différents âges sont similaires. Le croisement entre les lapines de population locale et la souche INRA 2666 n'a pas induit à une amélioration du poids des lapins et qui est en accord à la littérature pour le même génotype [24,26].

L'étude génétique des **performances de reproduction pour dix générations** (G0 à G9) a relevé un **progrès génétique** positif mais faible par rapport à ceux indiqués par la bibliographie. Néanmoins, il doit être considéré avec prudence, car la sélection de la souche synthétique n'a pas été menée de la même façon que celle des 3 premières générations, expliquant les fluctuations observées entre les générations. Aussi, nous avons noté une faible et décroissante valeur d'**héritabilité** pour la **prolificité** aux différents âges d'étude et qui peut être liée aux variations de l'effet maternel, La répétabilité de la taille de la portée est modérée à la naissance mais faible au sevrage, Enfin, une valeur faible et différente de zéro de **l'effet permanent (p^2)** signifiant la faible pression de sélection ou la dérive des gènes ou encore l'augmentation de la consanguinité [133]. La littérature a largement discuté l'efficacité de la sélection sur la taille de la portée qui a souvent été limitée. Ceci est lié à la faible héritabilité de la taille de la portée, faible intensité de sélection et les facteurs du milieu influençant les paramètres de reproduction chez le lapin. Nos résultats indiquent ainsi un effet environnemental important sur la taille de la portée et ceci corrobore à la bibliographie.

De même, l'étude génétique des **performances de croissance** montre de faibles valeurs d'**héritabilité** et **répétabilité du poids** aux différents âges. En plus, l'**effet permanent** indique une décroissance des valeurs entre les âges, cependant, les estimations de **l'effet permanent de la portée** sont en accord à la littérature. Enfin, **les corrélations génétiques et phénotypiques** sont similaires en termes de signe et d'amplitude pour les caractères de reproduction et de croissance.

L'étude menée à la **génération G10** montre une **survie** entre la naissance et le sevrage de 79%, situé dans le rang rapporté par la littérature. Les valeurs de survie

diminuent progressivement entre la naissance et le sevrage. D'autre part, **le poids individuel moyen** des lapereaux montre une grande variabilité comparée à celle notée pour le nombre des lapereaux vivants.

L'étude de la **croissance** a exposé l'effet de multiples facteurs de variation du poids individuel. L'effet de la *lactation* a montré d'une part un poids individuel élevé des lapereaux issus des femelles non allaitantes et qui est en accord aux recherches ultérieures [270,334]. D'autre part, la corrélation négative, citée en littérature, entre le nombre des nés vivants et le poids individuel pour ce groupe de femelles ne semble pas exister.

L'importance du poids individuel à la naissance sur la croissance et la survie des lapereaux en pré-sevrage a pu être soulevée en étudiant l'effet de la **qualité du nid** et le *lieu de mise* bas sur l'évolution du poids et le gain du poids journalier des lapereaux. Il est rapporté que lapereaux les plus lourds, concourent plus efficacement pour le lait maternel, occupent les endroits les plus chauds du nid et poussent plus vite [338,339]. Ceux-ci nous a permis de déduire, d'après nos résultats obtenus, que les lapereaux lourds compensent les effets défavorables de l'environnement tels qu'une mauvaise qualité du nid ou naissance en dehors du nid.

A la naissance, le groupe de lapereaux touché par le phénomène de **cannibalisme** s'est caractérisé par un poids individuel élevé et un gain de poids plus important entre J0 et J5, contrairement à ceux qui n'ont noté aucun phénomène de cannibalisme.

Cependant, à partir du J14 les résultats s'inversent. Malgré la discussion pour ce facteur est limitée en raison de la rareté des recherches, nous pouvons supposer que l'absence de la première tétée (groupe cannibalisé) peut être impliquée et son effet important et vital rend le poids individuel moins important devant une situation de stress telle que le cannibalisme. Ajoutons qu'une anorexie peut être la conséquence d'un stress chez le lapin [344].

Parmi les objectifs fixés pour notre étude est la **relation** du **poids individuel** à la **survie** des lapereaux **en pré-sevrage** et sous l'effet de multiples facteurs :

Un effet hautement significatif du **poids individuel à la naissance** sur la probabilité de survie est obtenu pour toutes les dates considérées dans cette étude. Le résultat

corrobore à la bibliographie indiquant que la viabilité des lapereaux est fortement influencée par leur poids individuel à la naissance [35,]. Un faible poids diminue les chances de survie dans la première semaine de vie des lapereaux [251] et l'augmentation de la taille de la portée accroît la mortalité en raison de sa corrélation négative avec le poids individuel. Les lapereaux lourds ont l'avantage d'occuper les endroits les plus chaud [37], concourent efficacement pendant l'allaitement [338] et répondent aux stimulations de la phéromone mammaire [303].

Les femelles dévorant leurs portées créent un stress pour les survivants. Nos résultats ont indiqué qu'un poids individuel élevé à la naissance peut diminuer l'effet défavorable du **cannibalisme** en augmentant la probabilité de la survie du lapereau à la naissance. L'importante réserve corporelle offre aux lapereaux des énergies vitales remplaçant la première tétée échouée.

Les lapins font partie des espèces nidicoles dont résulte la nécessité de l'étude de l'effet du **lieu de mise bas** sur la survie. Un effet hautement significatif est soulevé sur la probabilité de survie à la naissance et entre J21 et J35, en faveur des lapereaux lourds même s'ils naissent en dehors du nid. Le nid augmente les chances de survie pour les lapereaux à faibles poids grâce à l'action des poils maternels en maintenant leur thermorégulation et d'autre part, par leur action calmante liée aux phéromones [245]. Par contre, la survie des lapereaux lourds nés sur cages, confirme l'importance et les avantages du poids individuel élevé pour la croissance et la survie avant le sevrage.

En liaison au facteur précédent, la **qualité du nid** affecte significativement la survie des lapereaux uniquement à J5 et en faveur de ceux nés dans un nid d'excellente qualité. Ceci est en accord aux explications citées en littérature indiquant qu'une bonne quantité de poils renforce l'action du tissu adipeux brun pour le maintien de l'équilibre thermique dans le nid. En revanche, notre expérience a indiqué une similitude de survie entre les trois classes de nid à partir de 50g de poids vif. Ceci dévoile qu'un poids optimal peut être suffisant pour éviter les pertes des portées en pré-sevrage et qui est en accord avec la synthèse présentée par Szendro *et al.* [37].

Le poids individuel du lapereau dans la présente recherche s'est caractérisé par une faible **héritabilité** à la naissance et qui augmente progressivement pour marquer une valeur modérée au sevrage. Les résultats obtenus sont similaires à celles de la

littérature pour certaines dates et inférieures pour d'autres. Cependant, la faible valeur d'héritabilité à la naissance ne permet pas une sélection génétique pour ce paramètre et montre l'intérêt du choix des autres dates tels que J5 ou J7 et implique l'effet non-génétique affectant l'expression des paramètres reproductifs au sevrage.

Des **corrélations génétiques** élevées notées à des âges précoces (J5 et J7) avec toutes les dates semblent promettant pour la sélection. Un accroissement du poids individuel à ces dates indique son augmentation à la naissance et au sevrage. Ceci implique une probabilité de survie élevée dans les premières heures de vie et un intérêt économique pour l'élevage. Cette supposition est renforcée par les **corrélations phénotypiques** positives et élevées pour les mêmes dates, tout en éliminant le poids au sevrage comme objectif de sélection vu les valeurs modérées obtenues.

L'étude de l'**effet commun de la portée** (c^2) montre des valeurs positives et élevées entre la naissance et le sevrage et des corrélations fortes et positives entre les différents poids. Comparées à celles de la bibliographie, nos estimations sont plus élevées. Cependant, il est important de rappeler l'effet négatif de ce paramètre sur la valeur additive [133], ce qui implique que les valeurs élevées marquées à un âge tardif (J28 et J35) sont désavantageuses, démontrant ainsi l'intérêt des valeurs plus faibles notées à J5 et J7.

Les estimations de l'**effet environnemental permanent de la femelle** (p^2) sont plus faibles que celles de l'effet commun de la portée (c^2), mais l'ensemble des corrélations sont fortes et positives. Les faibles estimations confirment l'effet de la taille de portée sur le poids individuel en pré-sevrage. De plus, les fortes corrélations indiquent la stabilité de l'effet environnemental de la femelle, car pour plusieurs tailles de portée, l'effet environnementale est le même et lié à la femelle reproductrice [74].

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

La présente thèse se caractérise par son originalité d'étudier sur dix générations (G0 à G9) de la souche synthétique les tendances génétiques pour les paramètres de reproduction et de croissance. Les critères génétiques indispensables pour tout programme de sélection sont également calculés et discutés. Aussi, une étude des facteurs de variation du poids individuel des lapereaux en pré-sevrage et à des dates hebdomadaires est réalisée afin de connaître l'origine des faibles performances observées chez les lapereaux de la souche synthétique ITELV2006.

D'autre part, notre recherche a soulevé pour la première fois la relation entre le poids individuel des lapereaux à la naissance et leur survie. Le but est d'étudier les facteurs affectant la probabilité de survie pendant les premières heures de vie des lapereaux et pendant leur croissance et jusqu'au sevrage. Des facteurs très peu étudiés en bibliographie, comme le cannibalisme et la qualité du nid sont abordés. L'étude des paramètres génétiques du poids individuel en pré-sevrage est réalisée dans le but de proposer un programme de sélection permettant d'améliorer les performances de cette souche.

A l'issu des résultats obtenus des deux expérimentations, nous pouvons conclure que :

La souche synthétique ITELV2006 confirme sa supériorité en termes de poids des femelles mises en reproduction et de prolificité à la naissance (+1 lapereau), mais au sevrage, sa taille de portée reste modeste. Pour les dix générations étudiées, le progrès génétique obtenu pour les performances de reproduction et de croissance est positif mais faible. Aussi, une faible héritabilité (h^2) de la taille de la portée, du poids et des petites valeurs de l'effet permanent (p^2) signifiant une faible pression de sélection ou la dérive des gènes ou encore l'augmentation de la consanguinité.

Le poids individuel des lapereaux en pré-sevrage, dans la deuxième expérience, est affecté par de multiples facteurs, à savoir, la lactation, la parité, la qualité du nid, lieu de mise bas et le cannibalisme.

Les facteurs affectant la probabilité de survie des lapereaux à la naissance et en pré-sevrage sont liés au poids individuel à la naissance qui montre un effet hautement significatif en accord avec la littérature. Un poids individuel élevé a permis d'augmenter les chances de survie dans les premières heures de vie, et par conséquent, tout au long de la période péri-sevrage. Il a permis aussi de limiter les effets défavorables de certains facteurs tels que le cannibalisme, mise bas hors du nid et la mauvaise qualité du nid. Un poids de 50g semble être le poids optimal pour une meilleure survie des lapereaux de souche synthétique ITELV2006.

L'étude des paramètres génétiques de la souche synthétique ITELV2006 montre une faible héritabilité du poids individuel à la naissance et au sevrage mais élevée à J5 ou J7. De ce fait, une sélection pour ces deux dernières dates semble être plus intéressante. Ceci est conforté par des corrélations génétiques fortes entre ces dates étudiées. Cependant, les corrélations phénotypiques sont fortes et positives à des dates précoces mais faibles au sevrage. De plus, des valeurs élevées, au sevrage, de l'effet commun de la portée sont notées et qui sont désavantageuses pour la valeur additive.

Les propositions formulées ci-après sont avancées sur la base des résultats et les conclusions obtenues de nos expériences :

- Etudier les causes de mortalité des lapereaux à la naissance afin de la réduire chez les femelles de la souche synthétique.
- Etudier la liaison entre le cannibalisme, la qualité du nid et la probabilité de survie des lapereaux en pré-sevrage.
- Proposer un programme de sélection sur le poids individuel des lapereaux à J5 ou à J7.
- Proposer une sélection génétique sur l'homogénéité du poids des lapereaux au sein de la portée à la naissance,
- ce qui augmenterait leur survie indirectement.
- Proposer une sélection de lignées indépendantes et non polyvalentes (lignée maternelle et paternelle).

REFERENCES

1. FAO, "Evolution de la production de viandes (tonnes) dans quelques pays méditerranéens (2011-2013) ", (2014), <https://faostat.fao.org>, accès le Décembre (2020).
2. Sanah, I., Becila, S., Djeghim, F., and Boudjellal, A., "Rabbit meat in the east of Algeria: motivation and obstacles to consumption ", World Rabbit Science, V. 28, (2020), 221-237.
3. Sadoud, M., "Place de l'activité bouchère dans la filière viande rouge algérienne", Archivos Zootecnia, V. 60, (2011), 309-312.
4. Chikhi, K., et Bencharif, A., "La consommation de produits carnés en Méditerranée : quelles perspectives pour l'Algérie ? ". In : Napoléone, M., Ben Salem, H., Boutonnet, J.P., López-Francos, A., and Gabiña D.(eds.), "The value chains of Mediterranean sheep and goat products. Organisation of the industry, marketing strategies, feeding and production systems, Zaragoza", CIHEAM, (2016), 435-440.
5. Zerrouki, N., Bolet, G., Berchiche, M., and Lebas, F., "Breeding performances of local Kabylia rabbits does in Algeria ", 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, (7-10 September) (2004), 371-377.
6. Lounaouci-Ouyed, G., Lakabi-loualitene, D., Berchiche, M., and Lebas, F., "Field beans and brewer's grains as protein source for growing rabbits in Algeria: first results on growth and carcass quality ". World Rabbit Congress, , Verona, Italy, (10-13 June), 2008.
7. Lebas, F., "Productivité et rentabilité des élevages cynicoles professionnels en 2006", Cuniculture magazine, V.34, (2007), 31-36.
8. Jentzer, A., "Performances moyennes des élevages cynicoles en 2007", Cuniculture magazine, V.35, (2008), 39 - 44.
9. Lebas, "Cuniculture, biologie du lapin", www.cuniculture.info (accès le 01/01/2021).
10. Marai, I.F.M., Abd El-Samee, A.M., and El-Gafarry, M.N., "Criteria of response and adaptation to high temperature for reproductive and growth traits in rabbits" Options Méditerranéennes, A. 17, (1991), 127-134.
11. Marai, I.F.M., Ayyat, M.S., and Abdel-Monem, U.M., "Young doe rabbit performance traits as affected by dietary zinc, copper, calcium or magnesium

- supplements, under winter and summer conditions of Egypt". In Proceeding 7th World Rabbit Congress, Valencia-Spain, V. C, (4-7 july), (2000), 313-318.
12. Fernandez, C.I., Blas, E., and Concha, C., "Growth and some carcass traits of adult rabbits under high ambient temperature ". Journal of World Rabbit Science, V. 2, (1994), 147–151.
 13. Berchiche, M., Zerroukhi, N., and Lebas, F., "Reproduction, performance of local Algerian does raised in rationnel condition ". 7th World Rabbit Congress, Valence, Espagne, (4-7 July). (2000b). World Rabbit Science, V.8 (supp. 1) B43 - 49.
 14. Zerrouki, N., Bolet, G., Berchiche, M., and Lebas, F., "Evaluation of breeding performance of a local Algeria rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia)". World Rabbit Science, V. 13, (2005a), 29-37.
 15. Zerrouki, N., Kadi, S. A., Berchiche, M., and Bolet, G., "Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale Algérienne, en station expérimentale et dans des élevages", 11^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, (29-30 Novembre), (2005b), 11-14.
 16. Youssef, Y.M.K., Iraqi M.M., El-Raffa A.M., Afifi E.A., Khalil M.H., García M.L., and Baselga M." A joint project to synthesize new lines of rabbits in Egypt and Saudi Arabia: emphasis for results and prospects". In: Proc. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 1637-1642.
 17. Brun, J.M., and Baselga, M., "Analysis of reproductive performances during the formation of a synthetic rabbit strain". World Rabbit Science, V. 13, (2005), 239-252.
 18. Khalil, M.H., and Al-Saef, A M., "Genetic groups comparisons for litter and lactational traits and feeding parameters in program of synthesizing new lines of rabbits. World Rabbit Science Association". In: Proceedings 10th World Rabbit Congress, (3-6 September), Sharm El- Sheikh, Egypt, (2012), 235 – 239.
 19. Abou Khadiga, G., Youssef, Y. M. K., Saleh, K., Nofal, R. Y and Baselga, M., "Genetic trend in selection for litter weight in two maternal lines of rabbits in Egypt ". World Rabbit Science, V. 18, (2010), 27-32
 20. Gacem, M., et Bolet, G., « Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie ». In : 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, (29-30 novembre), (2005).
 21. Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F., et Bolet G., "Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapin avec deux populations locales

- disponibles en Algérie”, 13èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, Novembre 17-18, (2009).
- 22.** Bidanel, J.P., « La gestion des populations : Comment exploiter la variabilité génétique entre races : du croisement simple à la souche synthétique ». INRA Productions animales, (1992), 249-254.
 - 23.** Bolet, G., Zerrouki, N., Gacem, M., Brun, J. M., and Lebas F., “Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria”. 10th World Rabbit Congress, Sharem El-Sheikh-Egypt (September 3-6), (2012), 195-199.
 - 24.** Zerrouki, N., Lebas, F., Gacem, M., Meftah, I., and Bolet, G., “Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations”. World Rabbit Sci, V. 22, (2014), 269–278.
 - 25.** Belabbas, R., García, M.L., Ainbaziz, H., Berbar, A., Zitouni, G., Lafri, M., Bouzouan, M., Merrouche, R., Ismail, D., Boumahdi, Z., Benali, N., and Argente M.J., “Ovulation rate and early embryonic survival rate in female rabbits of a synthetic line and a local Algerian population “. World Rabbit Science, V. 24, (2016), 275-282.
 - 26.** Belabbas R, García, M. L., Ainbaziz, H., Benali, N., Berbar, A., Boumahdi, Z and Argente M.J., “Growth performances, carcass traits, meat quality, and blood metabolic parameters in rabbits of local Algerian population and synthetic line “. (2019). Available at www.veterinaryworld.org/Vol.12/January-2019/7.pdf.
 - 27.** Boudour, K., Lankri, E., Daoudi Zerrouki, N., et Aichouni, A., “Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : effet de la saison“, Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, V. 73 (2), (2020), 91-98.
 - 28.** Amroun, T. T., Zerrouki-Daoudi, N., et Charlier M., « Mortalité des lapereaux sous la mère : effets de la saison de mise bas et de la production laitière des lapines de la population blanche et de la souche synthétique ». Livestock Research for Rural Development, V. 30,(1), (2018) .
 - 29.** Gomez, E.A., Rafel, O., and Ramon, J., “Genetic relationship between growth and litter size in traits at first parity in a specialised dam line in rabbits “. In: Hawarth, L., Little, M., and Schmidt, I. (Eds.), 6th World Congress Genetic Applied Livestock Productions, Armidale, Australia. V25, (1998), 552-555.

30. Garcia, M.L., and Baselga, M., "Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits". *World Rabbit Science*, V. 10, (2002b), 71-76.
31. Cartuche, L, Pascual, M, Gómez, EA, and Blasco, A., "Economic weights in rabbit meat production", *World Rabbit Science*, V.22, (2014), 165-177.
32. Prayaga, K.C., and Eady, S., "Rabbit farming for meat production in Australia: preliminary estimates of economic values for production traits", *Asian Australian Journal Animal Science*, V.13, (2000), 357-359.
33. Pollesel, M., Tassinari, M., Frabetti, A., Fornasini, D., and Cavallini D., "Effect of does parity order on litter homogeneity parameters ". *Italian Journal of Animal Science*, V.19, (1), (2020), 1189-1195.
34. García, M.L., and Argente, M.J., 2020. "The genetic improvement in meat rabbit. *Lagomorpha Characteristics*". Online, (September 30th), (2020). DOI: 10.5772/intechopen.93896.
35. Poigner, J., Szendrő, Z.S., Lévai, A., Radnai, I., and Biró-Németh, E., "Effect of birth weight and litter size on growth and mortality in rabbits ". *World Rabbit Science*, V. 8, (1), 2000, 17-22.
36. Prayaga, K.C., and Eady, S.J., "Factors affecting litter size and birth weight in rabbits", *Advence Animal Breeding Genetics*, (2002), 14.
37. Szendrő, Zs., Cullereb, M., Atkáric, T., and Dalle Zotte, A., "A review: The birth weight of rabbits: Influencing factors and effect on behavioural, productive and reproductive traits". *Livestock Science*, V. 230, (2019).
38. Ilatsia, E.D., Githinji, M.G., Muasya, T.K., Okeno, T.K. and Kahi, A.K., "Genetic parameter estimates for growth traits of Large White pigs in Kenya", *South African Journal of Animal Science*, V.38, (3), (2008), 166-173.
39. De Rochambeau, H., Bolet, G., and Tudela, F., "Long term selection. Comparison of two rabbit strains". *5e Congrès mondial de génétique appliquée aux productions animales*, Guelph, Canada, V. 19, (7-12 août), (1994), 265-267.
40. Bolet, G., « Problèmes liés à l'accroissement de la productivité chez la lapine reproductrice ». *INRA, Production Animale*, V.11, (1998), 235-238.
41. Abou Khadiga, G.S.M., "Performance of the Spanish synthetic line (V) and the local Baladi Black Rabbits and their crosses under Egyptian conditions", M. Sc.Thesis. Faculty Agriculture, Tanta University, Kafer El-Sheikh, Egypt, (2004).

42. Belhadi, S., "Characterization of locale rabbit performances in Algeria: environmental variation of litter size and weights". 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, (7-10 Sept), (2004), 218 – 223.
43. Nofal, R., Saleh, K., Younis, H., and Abou Khadiga, G., "Evaluation of Spanish synthetic line (V), Baladi Black Rabbits and their crosses under Egyptian conditions. 1.Litter size". In: Proceeding 4th International Conference Rabbit Production Hot Climates, Sharm El-Sheikh, Egypt, V. 13, (24-27 Feb), (2005), 23-29.
44. Mattaraia, V.G.M., Bianospino, E., Fernandes, S., Vasconcellos, J.L.M., and Moura, A.S.A., "Reproductive responses of rabbit do to a supplemental lighting program". Livestock Production Science, V. 94, (2005), 179-187.
45. De Rechambeau, H., « La génétique du lapin, producteur de viande ». INRA Productions Animales, Paris: INRA, V. 2, (4), (1989), 287-295.
46. Laborda, P., Mocé, M. L., Santacreu, M. A., and Blasco, A., "Selection for ovulation rate in rabbits: Genetic parameters, direct response, and correlated response on litter size". Journal of Animal Science, V. 89, (2011). 2981–2987.
47. Muelas, R., Cano, P., Garcia, M.L., Esquifino, A., and Argente, M.J., "Influence of FSH, LH and prolactin in the components of litter size in rabbits does", 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 405-410.
48. Armero, E., Baselga, M., and Cifre, J., "Selecting litter size in rabbits. Analysis of different strategies ". World Rabbit Sci. 3, (1995), 179-186.
49. De Rochambeau, H., « Objectifs et méthodes de gestion génétique des populations cunicoles d'effectif limité In: Races et populations locales méditerranéennes du lapin: gestion et génétique des performances zootechniques ». CIHAEM, série séminaire, N°8, (1990),19-27.
50. Garreau H., Piles, M., Larzul, C., Baselga, M., and Rochambeau, H., "Selection of maternal lines: last results and prospects". 8th W.R.C. Puebla, Mexico, (September), (2004a),14-25.
51. Lebas, F., « Productivité et rentabilité des élevages cunicoles professionnels en 2003 ». Cuniculture Magazine, V.32 (2005),14-17.
52. Belabbas, R., García, M.L., Ainbaziz, H., Berbar, A., Zitouni, G., Lafri, M., Bouzouan, M., Merrouche, R., Ismail, D., Boumahdi, Z., Benali, N., and Argente M.J., "Ovulation rate and early embryonic survival rate in female rabbits of a synthetic line and a local Algerian population ". World Rabbit Science, V. 24, (2016), 275-282.

53. Djellal, F., Mouhous, A., et Kadi, S.A., « Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie ». *Livestock Research for Rural Development*, V. 18, (7), (2006).
54. Saidj, D., S Aliouat, S., Arabi, F., Kirouani, S., Merzem, K., Merzoud, S., Merzoud, I., et Ain Baziz, H., « La cuniculture fermière en Algérie : une source de viande non négligeable pour les familles rurales ». *Livestock Research for Rural Development*, V. 25, (8), (2013).
55. Khalil, M. H., "The Baladi Rabbits(Egypt)". In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, ZARAGOZA, N°38, (2002), 37-50.*
56. Abdel-Kafy, E.M., Hassan, N.S., Morsy, W.A., Ali-Kh. A.A., El-Sawy, M.A., Hassanein, M.N.F., and Sabra, Z.A.M., "Genetic parameters of litter traits in a local Bladi Black rabbit in Egypt ". *World Rabbit Science Association Proceedings 10th World Rabbit Congress, Sharm El- Sheikh –Egypt, (September 3 – 6), (2012), 37-4.*
57. Barkok, A., et Djaouzi, T., "The Zemmouri rabbit (Marocco)". In *rabbit genetics resources in Mediterranean countries. Option Méditerranéennes, Série B, CIHEAM, Zaragoza, N° (38), (2002), 175-185.*
58. Bolet G., « Fauve de Bourgogne (France) ». In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N° 38, (2002a), 85-92.*
59. Lopez, M., and Sierra, I., "The Gigante de Espana Breed (Spain)". In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N° 38, (2002), 209-220.*
60. Lazzaroni, C., "The Carmagnola Grey rabbit (Italy)". In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N° 38, (2002), 141-150.*
61. Sivakumar, K., Thiruvankadan, A.K., Ramesh Saravana kumar, V., muralidharan, J, anandha PrakaSh Singh, D., Saravanan, R., and Jeyakumar, M., "Analysis of production and reproduction performances of soviet chinchilla and white giant rabbits in tropical climatic conditions of India". *World rabbit science, V. 21, (2013), 101-106.*
62. Sid, S., Benyoucef, M., T, Mefti., Korteby, H., et Boudjenah, H., « Performances de reproduction des lapins de souche synthétique et depopulation blanche locale en Algérie ». *Livestock Research for Rural Development, V. 30, (7), (2018a).*

- 63.** El-Raffa, A.M., Youssef, Y.K., Iraqi, M.M., Khalil, M.H., Garcia, M.L., and Baselga, M., “Developping rabbit lines for meat production in Egypt and Saudi Arabia: overview, synthesizing plan, descriptive performance and future prospects”. In Proc: The 4th International Conference on Rabbit Production in hot climates. Genetics Section N4. Sharm El-Sheikh, Egypt, (24-27 February), (2005).
- 64.** Khalil M.H., García, M.L., Al-Dobaib, S.N., AL-Homidan, A.H., and Baselga, M., “Genetic evaluation of crossbreeding project involving Saudi and Spanish V-line rabbits to synthesize new maternal lines in Saudi Arabia: I. Pre-weaning litter, lactation traits and feeding parameters”. In: Proc. 4th International Conference of Rabbit Production in Hot Climate, Sharm El-Sheikh, Egypt (February), (2005), 89-99.
- 65.** Abdel-Azeem, A. S., Abdel-Azim, A.M; Darwish, A.A., et Omar, E. M., “Litter traits in four pure breeds of rabbits and their crosses under prevailing environmental conditions of Egypt “. The 5th Inter.Con. on Rabbit Prod.in Hot Clim., Hurghada, Egypt, (2007), 39-51.
- 66.** Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F., and Bolet, G., “Strategy for developing rabbit meat production in Algeria: creation and selection of a synthetic strain”. In :9th World Rabbit Congress, Session: Genetics, Verona – Italy, (June 10-13), (2008).
- 67.** Berchiche, M., Cherfaoui, D., Lounaoui, G., et Kadi S.A., « Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie ». 3^{ème} Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie, Marrakech, Maroc, (6-10 novembre), (2012).
- 68.** Fellous, N., Bereksi Reguig, K., et Ain Baziz, H., « Evaluation des performances zootechniques de reproduction des lapines de population locale Algérienne élevées en station expérimentale ». Livestock Research for Rural Development, V. 24, (3), (2012).
- 69.** Moulla, F., et Yakhlef, H., « Evaluation des performances de reproduction d'une population locale de lapins en Algérie ». 12^{eme} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, (27-28 novembre), (2007), 45-48.
- 70.** Zerrouki, N., Hannachi, R., Lebas, F., and Saoudi A., “Characterization of a Kabyle population of rabbits raised in Algeria: Birth to winning, Growth performance”. World Rabbit Science, V. 15, (2007), 111-114.
- 71.** Lazzarouni C., Andrione, A., Luzi, F., et Zecchini, M., « Performances de reproduction du lapin Gris de Carmagnola : Influence de la saison et de l'âge des

- lapereaux au sevrage ». 8ème Journées de la Recherche Cunicole, France, Paris, (1999),151-154.
- 72.**Bolet G., « Argente de Champagne ». In rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N°38, (2002b), 93-100.
- 73.**Bolet G., “Flemish Giant”. In rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N°38, (2002c),101-107
- 74.**Abou Khadiga, G., and Youssef, Y. M. K., “Baselga M.characterization of 42 reproductive performance of The apri line of rabbits”, 10 th World Rabbit Congress; Sharm El- Sheikh –Egypt, (September 3 – 6), (2012), 743- 747.
- 75.**Rashwan, A. A., and Maria, I. F. M., “Mortality in young rabbits: A review”. World Rabbit Science, V. 8, (2000), 111-124.
- 76.**Jaouzi, T., Berkok, A., Bouzakraoui, A., and Bouymajjane, Z., “Evaluation of some production parameters in rabbit. Comparative study of local Moroccan rabbit and Californian breed in pure and cross breeding”. In: Proceeding 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, (7- 10 September), (2004), 1194- 1201.
- 77.**Garcia, M.L., Baselga, M., Lavara, R., Lavara, F. and Vicente, J. S., “Reproductive characters in crossbreeding among three maternal lines of rabbits”. In: 7thWorld Rabbits Congress, V.A, (6-7 July), (2000), 397-402.
- 78.**Briens, C., « Mortinatalité : Méthodologie diagnostiques en élevage cunicole et premiers résultats ». In : 14^{ème} Journées de la Recherche Cunicole. Le Means France, (22-23 novembre), (2011), 57-60.
- 79.**Bolet, G., Brun, J.M., Lechevestrier, S., Lopez M., and Boucher, S. “Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms”. Annales de Zootechnie, V. 53, (1), (January), (2004).
- 80.**Gómez, E.A., Rafel, O., Ramón, J., “The Prat Strain (Spain). Rabbit genetic resources in Mediterranean countries: Options Méditerranéennes, Série B”. Zaragoza CIHEAM : Etudes et Recherches ; N°. 38 (2002), 203-208.
- 81.**Baselga, M., “Line A (Spain) “. In rabbit genetic resources in Mediterranean countries. Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N°38, (2002), 221-230.
- 82.**Zimmerman, D.R., et Cunningham, P.J., “Selection for ovulation rate in swine: Population, procedure and ovulation response”. Journal Animal Science, V.40, (1975),61-69.

83. Gomez, E.A., Rafel, O., Raman, J., and Baselga, M., "A genetic study of a line selected on litter size at weaning", *Proceeding of 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, V.2, (1996),289-292.
84. De Rochambeau, H., "Genetics of the rabbit for meat production: What's new since". the World Rabbit Congress held in Budapest in 1988, A review, *World Rabbit Science*, V.5, (1997),77-82.
85. Hulot, F., et Martheron, G., « Effet du génotype ; de l'âge et de la saison sur les composantes de la reproduction chez la lapine ». *Annales de génétique et de sélection animale*, V. 13 (2), (1981),131-150.
86. Afifi, E.A., Khalil, M.H., and Emara, M.E., "Effect on maternal performance and litter preweaning traits in doe rabbits ", *Journal of Animal Breeding and Genetics*, V. 106, (1988), 358-362.
87. Bolet, G., Esparbié, J et Falières, J « Relations entre le nombre de fœtus par corne utérine, la taille de portée à la naissance et la croissance pondérale des lapereaux ». *Ann Zootech*, V. 45, (1996), 185-200.
88. Theau-Clement, M., « Préparation de la lapine à l'insémination : analyse bibliographique ». 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, (29-30 novembre), (2005).
89. Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, P., et De Rochambeau, H., « Le Lapin : Elevage et pathologie », *Collection FAO*, (1984), 298.
90. Baselga, M., Gomez, E., Cifre, P., and Cammacho, J., "Genetic diversity of litter size traits between parities in rabbits ". *Journal of Applied Rabbit Research*, V.15, (1992), 198-205.
91. Theau-Clément, M., Weissman, D., Davoust, C., Galliot, P., Souchet, C., Bignon, L., and Fortun-Lamonthe, L., "Productivity and body composition of rabbit does subjected to three breeding systems", 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Shiekh, Egypt, (September 3-6), (2012), 401-405.
92. Theau-Clément, M., et Pujardiau, B., « Influence du mode de reproduction, de la réceptivité et du stade physiologique sur les composantes de la taille de portée des lapines ». 6^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle, France, V.1, (6-7 Décembre), (1994), 187-194.
93. Fortun-Lamonthe, L., Prunier, A., Etienne, M., and Lebas, F., "Influence of the nutritional deficit on fetal survival and growth and plasma metabolites in rabbit does", *Reproduction Nutrition Development*, V.34, (1994), 201-211.

94. Rebollar, P.G., Perez-Cabal, M.A., Pereda, N., Lorenzo, P.L., Arias-Alvares, M., and GarciaRebollar, P., "Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems". *Livestock science*, V. 121, (2009), 227-233.
95. Parigi-Binoi, R., Xiccato, G., and Cinetto M., « Répartition de l'énergie alimentaire chez la lapine non gestante pendant la première lactation ». 5ème Journée de Recherche Cunicole, France, Paris, Communication n°47, (1990).
96. Castellini, G., « Gestione della riproduzione nelle fattri cunicole, Riv ». *Di Conigcoltura*, V.32, n°10, (1995), 21-27.
97. Fortun-Lamonthe, L., and Lebas, F., "Estimation of the energy balance in concurrently pregnant and lactating rabbit does during their second pregnancy". *Reproduction Nutrition Development*, V.34, (1994),632.
98. Argente, M.J., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco, A., "Effect of intra uterine crowding on available uterine space per fetus in rabbit ", *Livestock Science*, V.114, (2008), 211-219.
99. Durand, P., et Djiane, J., "Lactogenic activity in the serum of rabbits during pregnancy and lactation". *Endocrinology*, V.75, (1977), 33-42.
100. Durand, P., et Djiane, J., "Lactogenic activity in the serum of rabbits during pregnancy and lactation". *Endocrinology*, V.75, (1977), 33-42.
101. Boiti, C., Besebfelder, U., Brecchia, G., Theau-Clément, M., and Zerani, M., "Reproductive physiopathology of the rabbit doe". In L. Maertens and P. Coudert: *Recent advances in rabbit sciences. Cost action*, V. 848, (2006). 3-20.
102. Hulot, F., et Mariana, J.C., « Effet du génotype, de l'âge et de la saison sur les follicules préovulatoires de la lapine 8 heures après la saillie ». *Reproduction Nutrition Développement*, V. 25, (1A), (1985), 17-32.
103. Rodriguez De Lara, R., and Fellas, L.M., « Environmental factors and physiological factors influencing kindling rates and litter size at birth in artificially inseminated does rabbits". *World Rabbit Science*, 7, (4), (1999), 191-196
104. Prud'hon, M., Rouvier, R., Cael, J., et Bel, L., « Influence de l'intervalle entre la parturition et la saillie sur la fertilité et la prolificité des lapins ». *Annales de zootechnie*, V. 18, (3), (1969), 317-329.
105. Theau-Clément, M., Biti, C., Mercier, P., and Falieres, J., "Description of the ovarian status and fertilizing ability of primiparous rabbit does at different lactation stage". 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain, (4-7july), (2000), 259-266.

106. Gomez, E. A., Baselga, M., and Cifre, J., « Influence des effets maternels sur la sélection de la taille de portée chez le lapin », 6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, V. 1, (6-7 Décembre), (1994), 217-224.
107. Sittmann, D.B., Rollins, W.C., Sittmann, K., and Casady, RR., " Seasonal variation on reproductive traits of the New-Zealand white rabbits". Journal of Reproduction and Fertility, V. 8, (1964), 29-37.
108. Kamawanja, L.A., and Hauser, E.R., " The influence of photoperiod on the onset puberty in the female rabbit". Journal of Animal Science, V. 56, (6), (1983), 1370-1375.
109. Abdel-Azeem, A. S., Abdel-Azim, A.M; Darwish, A.A et Omar, E. M., "Litter traits in four pure breeds of rabbits and their crosses under prevailing environmental conditions of Egypt ". The 5th Inter.Con. on Rabbit Prod.in Hot Clim., Hurghada, Egypt, (2007), 39-51.
110. Joly, T et Theau-Clément, M., « Reproduction et physiologie de la reproduction ». 7^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture. « Ombres et lumières » Thème Reproduction. Valencia, (5-8 décembre), (2000).
111. Walter, W.R., Martinet, L., Moret, B., and Thibault, C., « Régulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin mâle et femelle ». Archives Anatomie Histologie et Embryologie, V.51, (1968), 773-780.
112. Quinton, H., and Ergon, L., "Maitrise de la reproduction chez la lapine ». Le point vétérinaire, (Août-septembre), N°218, (2001), 29-33.
113. Theau-Clément, M., and Mercier, P., "Influence of lighting programs on the productivity of rabbit does of two genetic types". 8th W.R.C. Puebla. Mexico, (2004), 365-385.
114. Schuddemage, M., Lnage, K., and Hoy, S., "Investigations on influence of different artificial light regimes in comparison to natural daylight on reproductive parameters in female rabbits". 11th symposium on housing and diseases of rabbits, furbear and pet animals. Celle(Germany), V. 24, (1-2), (1999), 167-174.
115. Szendrő, Z.S., Gerencser, Z.S., Gyovai, M., Metzger, S.Z., Radani, I., and Bironemeth, E., "Effect of photoperiod on the reproductive traits of rabbit does". 8th World Rabbit Congress, Puebla-Mexico. (September), (2004).
116. Prunier A, quesne L H, quiniou N, et Le denmat M., « Effets du niveau d'alimentation sur la concentration plasmatique de progestérone et sur la mortalité embryonnaire chez la cochette ». Journées de recherche porcine en France, 31, (1999), 17-22.

- 117.**Armstrong, J.D., and Bbitt, J.H., “Nutritionally-induced anestrus in gilts: metabolic and endocrine changes associated with cessation and resumption of estrous cycles “. *Journal of Animal Science*, V. 65, (1987), 508-523.
- 118.**Quesnel, H., « Etat nutritionnel et reproduction chez la truie allaitante ». INRA, Agro campus Rennes, UMR systèmes d'élevage, nutrition animale et humaine, F-35590 Saint Gilles, V. 18 (4), (2005), 277-286.
- 119.**Fortun-Lamonthe, L., and Lebas, F., “Effect of dietary energy level and source of fetal development and energy balance in concurrently pregnant and lactating primiparous rabbit does”, *Animal Science*, V. 62, (1996),615-620.
- 120.**Viudes De Castro, P., Santacreu, M.A., and Vicente, J.S., « Effet de la concentration énergétique de l'alimentation sur les pertes embryonnaires et fœtales chez les lapines ». *Reproduction Nutrition Development*, V. 31, (1991),525-534.
- 121.**Nafeaa, A., Abd-Elfattah, Ahmed, S, and Fat-Hallah, S., “Effect of Feed Restriction during Pregnancy on Performance and Productivity of NewZealand White Rabbit Does”. *Veterinary Medicine International*, V. (2011).
- 122.**Robinson, J. S., Owens, J. A., and Owens, P. C., “Fetal growth and growth retardation”. In *Textbook of Fetal Physiology*, G. D. Thorburn and R. Harding, Eds., Oxford University Press, New York, NY, USA, (1994), 83–94.
- 123.**Szendró, ZS., and Maertens. L., “Maternal effects during pregnancy and lactation in rabbits,” *Acta Agraria Kaposvariensis*, V. 5, (2), (2001),1–21.
- 124.**Holdas, H and Szendro, Z, “Breeds of rabbits”. In *Breeds of Domestic Animals*, S. Mihok, Ed., Mez'ogazdaKiad'o, Budapest, Hungary, (2001).
- 125.**Brecchia, G., Bananno, A., Galeatic, G., Dallaglio, C., Di Grigoli, A., Parrillof, and Boiti, C., “Effect of short and long term fasting on the ovarian axis and reproductive performance pf rabbit does”. 8th World Rabbit Congress. Puebla Mexico, (September), (2004), 231-237.
- 126.**Berchiche, M., Kadi, S.A et Lounaouci, G., « Elevage rationnel du lapin de population locale : Alimentation, croissance et rendement à l'abattage ». 3^{ème} Journées de Recherche sur les Productions Animales conduite et performance de l'élevage Tizi-Ouzou (13-15 novembre), (2000a),293-298.
- 127.**Chapman, A.B., « General and quantitative genetics », (1985), 408p. ISBN 0 444 42203 X.

- 128.** Węzyk, S., and Szwaczkowski, T., « Application of mixed model methodology in breeding strategies for laying fowl”. World's Poultry Science Journal, V. 53, (1997), 325–336.
- 129.** Poujardieu, B., et Mallard, « Les bases de la génétique quantitative. Les méthodes d'estimation de l'héritabilité et des corrélations génétiques ». INRA production Animal. Hors-série, (1992), 87-92.
- 130.** Jussiau, R., Montméas, L., et Papet, A., « Amélioration génétique des animaux d'élevage » Base scientifique, sélection et croisement. Ed. Educagri, (2006), 322p.
- 131.** Lukefahr, S.D., et Hamilton. H., « Heritability and repetability estimates of maternal performance traits in purebred and crossbred”. World Rabbit Science, V. 5, (3), (1997), 99-105.
- 132.** Waltiaux et Howard., (2003) « Reproduction et sélection génétique : principes de sélection, essentiels laitiers ». Babcock Institute www.yumpu.com/fr/document/view/47192835/principe.
- 133.** Falconer, D.S et Mackay, T.F.C., « Introduction à la génétique quantitative ». Editorial Acribia SA Saragosse Espagne, (2001).
- 134.** Minvielle, F., “Principes d'amélioration génétiques des animaux domestiques ». Ed. INRA. Les presses de l'université Laval, (1990).
- 135.** Khalil, M.H., Own, J.B., and Affifi, E.A., “A genetic analysis of litter traits in Bauscat et Giza White rabbits”. Animal Production, V. 45, (1987), 135-145.
- 136.** Walters, Rex., « Hétérosis (vigreur hybride) et consanguinité : Bénéfices et risques de l'hétérosis et de la consanguinité en production porcine ».333 Génétique et reproduction, (5 Aout), (2015). <https://www.3trois3.com/articles/heterosis-vigreur-hybride-et-consanguinite-10981>.
- 137.** Khalil, M. H.; Afifi, E.A.; Youssef, Y. M. K. and Khadr, A.F., “Heterosis, maternal and direct genetic effects for litter performance and reproductive intervals in rabbit crosses”. World Rabbit Science, V. 3, (1995), 99- 105.
- 138.** Rouvier, R., Poujardieu, B., et Vrillon, J. L., « Analyse statistique des performances d'élevage des lapines. Facteurs de milieu, corrélations et répétabilité », Annale de Génétique de Sélection Animale, V. 5 (1), (1973), 83-107.
- 139.** Iraqi, M. M., “Estimation of Genetic parameters for post-weaning growth traits of Gabali rabbits in Egypt”. Livestock Research for Rural Development, V. 20 (5), (2008).

- 140.** Piles, M., Garreau, H., Rafel, O., Larzul, C., Ramon, J., and Ducrocq, V., "Survival analysis in two lines of rabbits selected for reproductive traits". *Journal of Animal Science*, V. 84, (2006), 1658-1665.
- 141.** De Rochambeau, H., « Les principes de l'amélioration génétique des animaux domestiques ». *Concepts in animal breeding*. C.R. Acad. Agric. N°2, (2007), 93.
- 142.** Baselga, M., "Genetic improvement of meat rabbits. Programmes and diffusion ". In: *Proc. 8th World Rabbit Congress, Puebla, Mexico*, (2004), 1-13
- 143.** Brun, J.M., and Baselga, M., "Analysis of reproductive performances during the formation of a rabbit synthetic strain". *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, Puebla (Mexico)*, (September), (2004), 32-37.
- 144.** Rageb, M., "Genetic Analyses of Reproductive Traits in Maternal Lines of Rabbits and in their Diallel Cross". PhD Thesis. Instituto de Ciencia y Tecnología Animal Universidad Politécnica de Valencia, (May 2012), 182p.
- 145.** Baselga, M., Blasco, A., et Estany, J. « Índice de sélection de caractères reproductivos con información variable ». En *Proc. 3rd World Rabbit Congress*. Rome, Italy, V.I, (1984), 62–65.
- 146.** David, I., Canario, L., Demars, J., and Combes, S., "Comprendre pour contrôler les facteurs génétiques et non génétiques de la transmission des caractères maternels". In: *Proceeding 17èmes Journées de la Recherche Cunicole*. Le Mans, France (21 et 22 novembre), (2017), 61-67.
- 147.** Goddard, M. E., and Whitelaw, E., "The use of epigenetic phenomena for the improvement of sheep and cattle". *Frontiers in genetics*, V. 5, (2014), 247.
- 148.** Hanocq, E., Tiphine, L., et Bibe, B., « Le point sur la connexion en génétique animale ». *INRA, Production Animale*, V. 12, (1999), 101-111.
- 149.** Torres, C., Baselga, M., and Gomez, E.A., "The effect of weight daily gain selection on gross feed efficiency in rabbit". In: *Proceeding 5th Rabbit Congress*. Corvallis, USA, V. B, (1992), 884-88.
- 150.** Blasco, A., "Genetics of litter size and does fertility in the rabbit ». In: *Proc. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France*, V. 2, (1996), 219-227.
- 151.** Matheron, G., et Rouvier, R., « Optimisation du progrès génétique sur la prolificité chez le Lapin ». *Annales de génétique et de sélection animale*, INRA Editions, 9,(3), (1977), 393-405.
- 152.** De Rochambeau, H., "Genetics of the rabbit for wool and meat production". *4e Congrès de la WRSA, Budapest*, (10-14 octobre), (1988).

- 153.**Baselga, M., García, M.L., Sánchez, J.P., Vicente, J.S., and Lavara, R., "Analysis of reproductive traits in crosses among maternal lines of rabbits ". *Animal Research*, V. 52, (2003), 473-479.
- 154.**Piles, M., Rafael, O., Ramon, J., and Gomez E.A., "Crossbreeding parameters of some productive traits in meat rabbits". *World Rabbit Science*, V. 12, (2004), 139-148
- 155.**Dickerson, G. E.," Techniques for research in quantitative animal genetics". In *Techniques and Procedures in Animal Production Research*. American Society of Animal Science, New York, (1969), 36-79.
- 156.**Hallais, J.P., « Bases de génétiques et de sélection animale », (2012). 83p.
- 157.**Verrier, E., et Rognon, X., « Utilisation des marqueurs pour la gestion de la variabilité génétique des populations ». *INRA. Production Animale. Hors-série*, (2000), 253-257.
- 158.**Fernández, E., Martínez, R, et Genre., E. « Caractères reproducteurs dans l'amélioration des lapins pour la viande ». *Vétérinaire Agriculture - V. 19*, (315), (Juin), (2014).
- 159.**Khalil, M.H., and Al Saef, A.M., "Methods, criteria, technics and genetic responses for rabbit selection", 9th W. R. C. Verona. Italy, (2008), 1-22.
- 160.**Larzul, B., et De Rechambeau, H., "Selection for residual feed consumption in the rabbit". *Livestock Production Science*, V. 95, (2005), 67-72.
- 161.**Garreau, H., Brun, J, M., Theau-Clement, M.,et Bolet, G., « Evolution des axes de recherche à l'INRA pour l'amélioration génétique du lapin de chair ». *INRA Production Animal*, V. 21, (3), (2008), 269-276.
- 162.**Blasco, A., Nagy, I., and Hernández, P., "Genetics of growth, carcass and meat quality in rabbits", *Meat Science*, V.145, (2018), 178-185.
- 163.**Bonnes, G., Darre A., Fugit G., Gadoud., Jussiau R., Mangeol B., Nadreau N., Papet A., et Valognes R., « Amélioration génétique des animaux d'élevages. Collection ». *INRA Production*, édition Foucher, (1991), p288.
- 164.**Rouvier, R., « Les travaux de recherche français sur la sélection du lapin au cours des 10 dernières années (1970-1980) ». *Comptes-rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, (1981), 509-524.
- 165.**Mefti-Kortbay, H., "Caractérisation zootechnique et génétique du lapin local", thèse de doctorat en sciences agronomiques. Spécialité : Zootechnie, Université Saad Dahlab de Blida, Département des sciences agronomiques, (2011),143p.

- 166.** Garcia, M.L., and Baselga, M., “Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population”. *Livestock Science*, V. 74, (2002a), 45-53.
- 167.** Eady, S.J., and Garreau, H., “An enterprise gross margin model to explore the influence of selection criteria for breeding programs and changes to management systems”. In *9th World Rabbit Congress, Session: Genetics*, (2008), 61-65.
- 168.** Mínguez, C., Sánchez, J. P., Ragab, M., El Nagar, A.G., and Baselga M., “Growth traits in four maternal rabbit lines. Proceedings”. *10 th World Rabbit Congress, Sharm El- Sheikh, Egypt, (September 3 – 6), (2012), 55- 59.*
- 169.** Ferraz, J. B. S., Johnson, R. K., and Van Vleck, L. D., “Estimation of genetic trends and genetic parameters for reproductive and growth traits of rabbits raised in subtropics with animal models”. *Journal of applied rabbit research*, V. 15, (1992),131-142.
- 170.** Rastogi, R.K., Lukefahr, S.D., and Lauckner, F.B., “Maternal heritability and repeatability for litter traits in rabbits in a humid tropical environment”. *Livestock Production Science*, V. 67, (2000), 123–128.
- 171.** Al-Saef, A.M., Khali, M.H.I., Al-Homidan, A.H., Al-Dobaib, S.N., Al-Sobayil, K.A., García, M.L., and Baselga, M., “Crossbreeding effects for litter and lactation traits in a Saudi project to develop new lines of rabbits suitable for hot climates”, *Livestock Science*, V.118, (2008b), 238-246.
- 172.** García, M.L., and Baselga, M., “Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits”, *world rabbit science*, V. 10, (2), (2010), 71-76.
- 173.** Ragab, M., and Baselga, M.,” A comparison of reproductive traits of four maternal lines of rabbits selected for litter size at weaning and founded on different criteria”. *Livestock Science*, V. 136, (2011), 201–206.
- 174.** Robert, R., Li, M., and Garreau, H., “Comparison of the genetic parameters and evolution of two raised populations separately but with the same origin and renewed from the same nucleus”. *Proceedings 11th World Rabbit Congress – Qingdao – China, (June 15-18), (2016), 111-114.*
- 175.** Blasco, A., Martínez Álvaro, M., García, M.L., Ibáñez Escriche, N., and Argente, M.J., “Selection for environmental variance of litter size in rabbits”. *Genetics Selection Evolution*, (2017), 49:48.

- 176.**El-Deghadi, A.S., “Factors affecting milk production and using application selection indices to improve productive traits of does in New Zealand white rabbits”. *Egyptian Journal of Rabbit Science*, V. 29 (1), (2019), 61 – 78.
- 177.**Hanaa, A.M., El-Raffa, A., Shebl, M.K., El-Delebshany, A., and El-Sayed, N.A., “Genetic evaluation of some economic traits in a maternal line of rabbits”. *Egyptian Poultry Science*, V. 34, (1), (2014), 85–98.
- 178.**Garreau, H., et De Rochambeau, H., « La sélection des qualités maternelles pour la croissance du lapereau ». In 10^{ème} Journées Recherches Cunicoles, France, Paris, (19-20 novembre), (2003), 61-64.
- 179.**Cifre, J., Baselga, M., García-Ximénez, F. and Vicente, J. S., « Performance of a hyperprolific rabbit line I. Litter size traits”. *Journal of Animal Breeding Genet*, V. 115, (1998), 131–138.
- 180.**Mészáros, G., Pálos, J., Ducrocq, V., and Sölkner, J., « Heritability of longevity in Large White and Landrace sows using continuous time and grouped data models”. *Journal of Genetics Selection Evolution*, V. 42, (2010), 1–13.
- 181.**Sánchez J.P., Baselga, M., Silvestre, M. A., Sahuquillo, J., “Direct and correlated responses to selection for daily gain in rabbits”. *Proceedings: 8th world rabbit congress, Puebla, Mexico, (September 7-10), (2004).*
- 182.**Ibanez, N., Santacreu, M.A., Martinez, M., Climent, A., Blasco, A., “Selection for ovulation rate in rabbits”. *Livestock Science*, V. 101, (2006), 126 – 133.
- 183.**Mocé, M. L., Santacreu, M. A., Climent, A. et al., “Selection for ovulation rate: coorelated response”. *Journal of Animal Science*, V. 83, (2005), 2308-2312.
- 184.**Gunia, M., Garreau H., “ Génétique et résistance aux maladies des lapins”. 16. Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France. ITAVI - Institut Technique de l’Aviculture, (2015), 264 p.
- 185.**Eady, S.J., Garreau, H., Gilmour A. R., “Heritability of resistance to bacterial infection in meat rabbits”. *Livestock Science*, V. 112(1–2), (2007), 90-98.
- 186.**Abrantes, J., van der Loo, W., Le Pendu, J., and Esteves, P.j., “Rabbit haemorrhagic disease (RHD) and rabbit haemorrhagic disease virus (RHDV): a review”. *Veterinary Research*, V. 43(12), (2012).
- 187.**Beaumont et Chapuis, H., « Génétique et sélection avicole : Evolution des méthodes et des caractères ». *INRA Production Animale*, V.17, (2004), 35-43
- 188.**Calleau, J.J., « Evaluation génétique des animaux d’élevage ». *INRA Production Animale ; hors-série*, (1996), 27-40.

- 189.** Elsen, J.M., « Sélection et introgression assistées par marqueurs ». INRA production Animale, hors-série « Génétique moléculaire : principe et application aux populations animales », (2000), 233-237.
- 190.** Mocé, M.L., and Santacreu, M.A., "Genetic improvement in litter size in rabbit". In: Proc. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Leipzig, Germany, (August), (2010).
- 191.** Garcia, M.L., and Baselga, M., "Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population". Livestock Science, V. 74, (2002a), 45-53.
- 192.** Tudela, F., Hurtaud, J., Garreau, H., and Rochambeau, H., « Comparaison des performances zootechniques des femelles parentales issues d'une souche témoin et d'une souche sélectionnée pour la productivité numérique ». 10èmes Jour. Recherche Cunicole. Paris, France, (2003), 53-56.
- 193.** Baselga, M., and Garcia, M.L., "Evaluation the response selection in meat rabbit programmers ». In: Proceeding 3rd International Conference Rabbit Production Hot Climates, Hurghada, Egypt, (8-11 Oct), (2002), 1-10.
- 194.** Garcia, M.L., and Baselga, M., "Estimation of correlated response on growth traits to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population and genetic trends". Livestock Production Science, V. 78, (2002c) 91-98.
- 195.** Garcia, M. L., Lavara, R., Viudes de Castro, M. P. and Vicente, J. S., "Litter size components from two selected lines of rabbits". World Rabbits Science, V. 10 (2), (2002), 71-76.
- 196.** De Rochambeau, H., « La femelle parentale issue des souches expérimentales de l'INRA évolutions génétiques et perspectives ». Proc. Journées de la Recherche Cunicole, INRA, Lyon, France. (1998), 3–14.
- 197.** Blasco, A., Bidanel, J.P., Bolet, G., Haley, C.S., and Santacreu, M. A., "The genetics of prenatal survival of pigs and rabbits: A review". Livestock Production Science, V. 37, (1993), 1-21.
- 198.** Fernández, E.N., Birchmeier, A.M., Baselga, M., and García, M.L., "Estimation of genetic parameters for litter size at weaning, including dominance effects, in a maternal line of rabbits". En 4to Congreso de Cunicultura de las Américas, Córdoba, Argentina, (2010).
- 199.** Antonini, A. G., and Cordiviola, C., "Genetic improvement in meat rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)". Journal of Basic and Applied Genetics, V. 21(2), (2010),1-7.

- 200.** Masoero, G., "Breeding and crossbreeding to improve growth rate, feed efficiency and carcass characteristics in rabbit meat production". 2^{ème} Congrès mondial de génétique appliquée aux productions animales, Madrid, V. 6, (4-8 Octobre), (1982), 499-512.
- 201.** Brun, J, M and Saleil., "Une estimation, en fermes, de l'heterosis sur les performances de reproduction entre les souches de lapin INRA A2066 et A1077". In Proceedings of the 6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Rochelle, France, (6–7 December), (1994), 203–210.
- 202.** Laborda P., Santacreu M.A., García E., Mocé E., Mocé M.L., "Oocyt glutathione concentration in a rabbit line selected for ovulation rate" In Proceeding: 9th World Rabbit Congress, Reproduction. Verona – Italy, (June 10-13), (2008).
- 203.** Badawy A.Y., Peiró, R., Blasco, A., Santacreu, M.A., "Effect of increased ovulation rate on embryo and foetal survival as a model for selection by ovulation rate in rabbits". World Rabbit Science, V. 24, (2016), 87-94.
- 204.** Rothschild, M. F and Bidanel, J. P., "Biology and genetics of reproduction". In: The genetics of the pig, Rothschild M.F., A. Ruvinsky (eds). Wallingford(UK):CAB International, (1998),313-343.
- 205.** Reyes-Camacho, D., Vinyeta, E., Pérez, J.F., Aumiller, T., Criado, L., Palade, L.M., Taranu I., Folch, J.M., Calvo, M.A., Van der Klis, J. D.d., and Solà-Oriol, D., "Phytogetic actives supplemented in hyperprolific sows: effects on maternal transfer of phytogetic compounds, colostrum and milk features, performance and antioxidant status of sows and their offspring, and piglet intestinal gene expression". (2020), Manuscrit accepté in Journal of Animal Science: <https://doi.org/10.1093/jas/skz390>.
- 206.** Garreau, h., San cristobal, m., Hhurtaud, j., Bodin, l., Ros, m., Robert-granié c., Saleil, g., and Bolet, g., "Can we select on within litter homogeneity in rabbit birth weight? A divergent selection experiment". Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, WRSA ed. Puebla (Mexico), (September), (2004b), 63-68.
- 207.** Baselga, M., Ragab, M., Minguez, C., and El Nagar, A.g., "Analysis of methods to found new rabbit lines". (2017), Egyptian journal of rabbit science, 27(2):155-169
- 208.** Nofel, R.Y., Toth, S., and Virág, G.Y., "Evaluation of seven breeds groups of rabbits for litter traits". In: Proceeding 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, V. 2, (9-12 July), (1996), 335-339.
- 209.** Lukefahr, W. D., Hohenboken, P. R., Cheeke, N. M., Patton, W. H., and Kennick., "Carcass and Meat Characteristics of Flemish Giant and New Zealand

- White Purebred and Terminal-Cross Rabbits Steven". *Journal of Animal Science*, V. 54(6), (1982), 1169–1174.
- 210.** Khalil, M.H. and Afifi, E.A., Heterosis, maternal and direct additive effects for litter performance and post-weaning growth in Gabali rabbits and their F1 crosses with New Zealand White. In: *Proceedings of the 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain, 4-7 July 2000, Volume A:431-437.*
- 211.** Marai, I. F. M., Habeeb, A. A. M., and Gad, A. E., "Reproductive traits of female rabbits as affected by heat stress and lighting regime under subtropical conditions of Egypt", *Animal Science*, (2004) , 78: 119-127.
- 212.** Brun, J.M., and Poujardhieu, B., « Influence de la prolificité et du format de la lapine sur la biomasse des lapereaux sevrés ». In *7ème Journées Recherches Cunicoles, France, Lyon, (1998), 23-26.*
- 213.** Iraqi, M M., Ibrahim, M K., Hassan N. S .H., and El-Deghadi, A. S., "Evaluation of litter traits in purebred and crossbred rabbits raised under Egyptian conditions", *Livestock Research for Rural Development*, (2006), V. 18(6),
- 214.** Salvetti, P., Theau-Clement, M., Beckers, J.F., Hurtaud, J., Guerin, P., Neto, V., Falieres, J., and Joly, T. (2007). "Effect of the luteinizing hormone on embryo production in superovulated rabbit does". *Theriogenology*, V.67, (2007), 1185–1193,
- 215.** Bautista, A., Rödel, G.H., Monclús, R., Juárez-Romero, M., Cruz-Sánchez, E., Martínez Gómez, M., and Hudson, R., "Intrauterine position as a predictor of postnatal growth and survival in the rabbit ». *Physiol. Behav*, V. 138, (2015), 101–106.
- 216.** Belabbas, R., Ilès I. , Ain-Baziz, H. ., Boumahdi, Z. , Boulbina, I. , Benali, N. , and Temim, S., "Influence of parity order on available uterine space per fetus, placental and fetal development in rabbits" *World Rabbit Science Association In: Proceedings 10 th World Rabbit Congress, Sharm El- Sheikh –Egypt (September 3 – 6), (2012), 363- 366.*
- 217.** Jimoh, A.O., and Ewuola, O.E., "Milk yield and kit development of four breeds of rabbit in Ibadan, Nigeria". *Journal of Animal Science and Technology*, V. 59, (2017), 25–32.
- 218.** Vicente, J.S., Garcia-Ximénez, F., and Viudes-de-Castro, M.P., "Maternal performance in 3 lines of rabbit (litter size, litter and individual weights)". *Ann. Zootech*, V. 44, (1995), 255–261.

- 219.** Xiccato, G., Trocino, A., Sartori, A., and Queaue, P.I., “Effect of parity order and litter weaning age on the performance and energy balance of rabbit does”. *Livestock Production Science*, V. 85, (2004), 239–251
- 220.** Vasquez, R., Petersen, J., Mennicken, L., “Der Einfluss des Alters der Häsinsowie deren Milchleistung und des Geburtsentwicklung während der Mastperiode”. In: *Proceedings of the 10th Symp. on Housing and Diseases of Rabbits, Furbearing animals and Pet animals*. Celle, Germany, (1997), 18–23.
- 221.** Hassanien, H.H.M., and Baiomy, A.A., “Effect Of Breed And Parity On Growth Performance, Litter Size, Litter Weight, Conception Rate And Semen Characteristics Of Medium Size Rabbits In Hot Climates”, (2011).
- 222.** Apori, S.O., Hagan, J.K., and Osei, D., “The growth and reproductive performance of different breed of rabbit kept under warm and humid environments in Ghana “. *Journal of Animal and Feed Research*, V. 4, (2014), 51-59.
- 223.** Bolet, G; Santacreu, M.A; Argente, M.J; Climent, A; and Blasco, A., “Divergent selection for uterine efficiency in unilaterally ovariectomized rabbits. I. Phenotypic and genetic parameters”, 5th World Rabbit Congress, Genetic Applied to Livestock Production, Guelph, V.19, (1994), 261.
- 224.** Von Holst, D., Hutzelmayer, H., Kaetze, P., Khashei, M., Rodel, H.G., and Schrutka, H., “Social rank fecundity and life time reproductive success in wild European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*)”. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, V. 51, (2002), 245–254.
- 225.** Poigner, J., Szendrő, Z.S., Lévai, A., Radnai, I., and Biró-Németh, E., « Effect of birth weight and litter size at suckling age on reproductive performance in does as adult”. *World Rabbit Science*, V. 8, (2000a), 103–109.
- 226.** Lenoir, G., Garreau, H., and Banville, M., “Estimation of genetic parameters and trends for birth weight criteria in Hycole D line”. In: *Proceeding of 10th Rabbit Congress*, Sharm El Chikh, Egypt, (September 3-6), (2012), 183-187.
- 227.** Fortun –Lamonthe, L., “Energy balance and reproductive performance in rabbit does”. *Animal Reproduction Science*, V. 93, (2006), 1-15.
- 228.** Farougou, S., Kpodékon, M., Koutinhoui, B., Brahi O.D.H., Djago, Y., Lebas, F., and Coudert, P., “Impact of immediate postnatal sucking on mortality and growth of sucklings in field condition”. *World Rabbit Sci.* 14, (2006), 167 – 173.

- 229.** Sallam, M.T., Toson, M.A., and Uohana, B.A., "Effect of crossing Egyptian local baladi wiyh New Zealand White rabbits on preweaning litter performance". *Egyptian Poultry Science Journal*, V. 19, (1999), 71-83.
- 230.** Poigner, J., Szendr, ZS., Lévai, A., Biró-Németh, E., and Radnai, I., "Weight of new-born rabbits in relation to their number and position within the uterus in unilaterally ovariectomised does". In: *Proceeding of the 7th Rabbit Congress, Valencia-Spain*, V. A (4-7 July), (2000b), 231-237.
- 231.** Pàlos, J., Szendro, Zs., and Kustos, K., "Effect of number and position of embryos in the uterine horns on their weight at 30 days of pregnancy". In the *6th World Rabbit Congress, Toulous, France*, V. 2, (9-12 July), (1996), 97-102.
- 232.** Argente, J.M., Santacreu, A.M., Climent, A., and Blasco, A., "Relationships between uterine and fetal traits in rabbits selected on uterine capacity ". *Journal of Animal Science*, V. 81, (2003a), 1265–1273.
- 233.** Hafez, E.S.E., "Effects of over-crowding in utero on implantation and fetal development in the rabbit". *J. Expl. Zool*, V. 156, (1964), 269–288.
- 234.** Argente, J.M., Santacreu, A.M., Climent, A., and Blasco, A., "Influence of available uterine space per fetus on fetal development and prenatal survival in rabbits selected for uterine capacity ". *Livestock Science*, V. 102, (2006), 83–91.
- 235.** Mocé, M. L., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco, A., « The effect of divergent selection for uterine capacity on fetal and placental development at term in rabbits: Maternal and embryonic genetic effects". *Livestock Science*, V. 82, (2004). 1046-1052.
- 236.** Argente, M.J., Blasco, A., Ortega, J.A., Haley, C.S., and Visscher, P.M. 2003." Analyses for the presence of a major gene affecting uterine capacity in unilaterally ovariectomized rabbits". *Genetics*, V. 163, (2003b), 1061–1068.
- 237.** Lebas, F., « Etude chez les lapines l'influence du niveau alimentaire durant la gestation ». *Annales de zootechnie, INRA/EDP Sciences*, V. 24 (2), (1975), 267-279.
- 238.** Pascual, J. J., Cervera, C., Blas, E., and Fernandez-Carmona, J., "Milk yield and composition in rabbit does using high fat diets". In: *Proceeding 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France*, V. 1, (9-12 July), (1996), 259-262.
- 239.** Gidenne, T., Combes, S., Feugier, A., Jehl, N., Arveux, P., Boisot, P., Briens, C., Corrent, E., Fortune, H., Montessuy, S., and Verdelhan, S., "Feed restriction strategy in the growing rabbit. 2. Impact on digestive health, growth and carcass characteristics". *Animal*, V. 3, (2009), 509–515.

- 240.**Manal, A.F., Tonyb, A.M., and Ezzoc, H.O., “Feed restriction of pregnant nulliparous rabbit does: consequences on reproductive performance and maternal behaviour”. *Animal Reproduction Science*, V. 120, (2010), 179–186.
- 241.**Lublin, A., Wolfenson, D., and Berman, A., “Sex differences in blood flow distribution of normothermic and heat-stressed rabbits”. *American Journal of Physiology*, V. 268, (1995), 66–71.
- 242.**Abdel-Monem, M.U., Mahrose, M.Kh., and Darwish, S.M., “Responses of New Zealand White and Californian rabbit does to different dietary protein levels under Egyptian conditions “. *Animal Production Research Advances*, V. 4, (2008), 19–25.
- 243.**Abdel-Samee, A.M., “Using some antibiotics and probiotics for alleviating heat stress on growing and doe rabbits in Egypt “. *World Rabbit Science*, V. 3, (1995), 107–111.
- 244.**Abdel-Samee, A.M., “Response of New Zealand white rabbits to thermal stress and its amelioration during winter and summer of North Sinai, Egypt “. *Journal of Arid Environments*, V. 36, (1997), 333–342.
- 245.**Lebas, F., « La biologie du lapin. 7.4. Reproduction : les lapereaux de la conception au sevrage. <http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>. Dernière révision 29 Fev, (2016).
- 246.**García-Torres, E., Hudson, R., Castelán, F., Martínez-Gómez, M., and Bautista, A., “Differential metabolism of brown adipose tissue in newborn rabbits in relation to position in the litter huddle”. *Journal of Thermal Biology*, V. 51, (2015), 33–41.
- 247.**Bautista, A., García-Torres,E., Martínez-Gómez,M., and Hudson,R., “Do newborn domestic rabbits *Oryctolagus cuniculus* compete for thermally advantageous positions in the litter huddle” *Behav. Ecol. Sociobiol* V :62, (2008), 331–339.
- 248.**Argente, M.J., Santacreu, A.M., Climent, A., and Blasco, A., “Phenotypic and genetic parameters of birth weight and weaning weight of rabbits born from unilaterally ovariectomized and intact does “. *Livestock Production Science*, V. 57, (1999), 159–167.
- 249.**Zerrouki N., Chibah K., Amroun T.,and Lebas F., “Effect of the average kits birth weight and of the number of born alive per litter on the milk production of Algerian white population rabbit does”. 10 th World Rabbit Congress. Sharm El-Sheikh – Egypt, (September 3 – 6), (2012), 351- 355.

- 250.** Szendrőa, Z.S., Gyovai, M., Maertens, L., Biróné-Németh, E., Radnai, I., Matics, Zs., Princz, Z., Gerencsér, Z.s., and Horn, P., “Influence of birth weight and nutrient supply before and after weaning on the performance of rabbit does to age of the first mating”. *livestock Science*, V. 103, (2006), 54–64.
- 251.** Szendrőa, ZS., Pálos, J., Radnai, I., Birò-Németh, E., and Romvári, R., “Effect of litter size and birth weight on the mortality and weight gain of suckling and growing rabbits. In: Proceeding 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, V. 2, (9-12 Jul), (1996), 365-369.
- 252.** Metzger, Sz., Bianchi, M., Cavani, C., Petracci, M., Szabó, A., Gyovai, M., Biró-Németh, E., Radnai, I., and Szendrő, Z.S., “Effect of nutritional status of rabbit kits on their productive performance, carcass and meat quality traits”. *Livestock Science*, V. 137, (2011), 210–218.
- 253.** Gynovai, M., Szendro, Zs., Radnai, I., and Matics, Zs.,” Effect of different rearing methods on the weight of rabbit”. *Agriculturae Conspectus scientificus*, V. 68, (2006), 261-268. [http://refhub.elsevier.com/S1871-1413\(19\)30987-4/sbref0050](http://refhub.elsevier.com/S1871-1413(19)30987-4/sbref0050)
- 254.** Bodin, L., Robert-Granié, C., Larzul, C., Allain, D., Bolet, G., Elsen, J.M., Garreau, H., Rochambeau de H., and San Cristobal, M., “Twelve remarks on canalization in livestock production “. In: *Proc. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Montpellier, Vol. 32, (19-23 August), (2002). 19-03.
- 255.** Bolet, G., Garreau, H., Joly, T., Theau-Clement, M., Falieres, J., Hurtaud, J., and Bodin, L., “Canalising selection on within litter variability of birth weight in rabbits: responses to selection and characteristics of the uterus of the does”. [Livestock Science, V. 111, Issues 1–2](#), (2007), 28-32.
- 256.** AFNOR, « Recueil de normes françaises, méthodes d’analyses françaises et communautaires aliments des animaux », 2ème Edition, (1985),200p.
- 257.** Legarra, A., Varona, L., and Lopez de Maturana, E., “TM user’s guide”. [Accessed 2017 Nov 12]. (2011). <http://snp.toulouse.inra.fr/~alegarra/manualtm.pdf>. [Google Scholar]
- 258.** Cherfaoui, d., and Berchiche, m., “feed intake of reproductive rabbit does of two populations raised in algerian conditions”. In: *proceedings 10 th world rabbit congress. sharm el- sheikh –Egypt*, (3-6 September), (2012), 385 – 388.
- 259.** Mazouzi-Hadid, F., Abdelli-Larbi, O., Lebas, F., Berchiche, M., and Bolet, G., “Influence of coat colour, season and physiological status on reproduction of

- rabbit does in an Algerian local population”, *Animal Reproduction Science*, V. 150, (2014), 30-34.
- 260.** Chibah-Ait, Bouziad, K., and Zerrouki-Daoudi, N., “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”, *Livestock Research for Rural Development*, V. 27, (11), (2015).
- 261.** Coudert, P., “La pathologie du lapin. Cours CIHEAM "systemes de production de viande de lapin", Saragosse -Espagne, (Decembre), (2003).
- 262.** Ikhlef, L., Kaidi, R., Benidir, M., and Ghozlane, F., “Kinetics of genetic progress on growth performance in a synthetic strain of rabbit”, *Indian Journal Of Animal Research*, April (2018), DOI: 10.18805/ijar. B-693.
- 263.** El-Sabrou, K., Aggag, S., and El-Raffa, A., “Comparison of milk production and milk composition for an exotic and a local synthetic rabbit lines”, *Veterinary World*, V. 10, (5), (2017), 526-529.
- 264.** Cherfaoui, d., and Berchiche, m., “feed intake of reproductive rabbit does of two populations raised in algerian conditions”. In: proceedings 10 th world rabbit congress. sharm el- sheikh –Egypt, (3-6 September), (2012), 385 – 388.
- 265.** Raffel, O., Tran, G., Utrillas, M., Ramon, J., Perucho, O., Ducrocq, V., and Bosch, A., “Sélection pour un objectif global (poids de la portée à 60 jours) en générations chevauchantes dans une lignée blanche synthétique de lapins. Etude de la variabilité non génétique de la taille et du poids de portée à différents stades”, *Options Méditerranéennes, Série Séminaires*, V. 8, (1990), 75-82.
- 266.** Mazouzi-Hadid, F., Lebas, F., Berchiche, M., and Bolet, G., “Influence of coat colour, season and physiological status on reproduction of rabbit does of an algerian local population”, 10 th World Rabbit Congress, Sharm El- Sheikh – Egypt, (September 3 – 6), (2012), 425 – 429.
- 267.** Tůma, J.T., Umová, E., and Valášek, V., “The effect of season and parity order on fertility of rabbit does and kit growth”, *Czech Journal of Animal Science*, V. 55, (8), (2010), 330-336.
- 268.** Lebas, F., and Fortun-Lamothe, L., “Effects of dietary energy level and origin (starch vs oil) on performance of rabbit does and their litters: average situation after 4 weanings”, 6th World Rabbit Congress, Toulouse, V.1, (1996), 217-222.
- 269.** Akpo, Y., Kpodékon, T.M., Tanimomo, E., Djago, A.Y., Youssao, A.K.I., and Coudert, P., “Evaluation of the reproductive performance of a local population of

- rabbits in south Benin “. In: 9 th World Rabbit Congress. Verona – Italy. June, (2008), 10-13.
- 270.** Fortun-Lamothe, L., and Bolet, G., “Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine”, *Inra Productions Animales*, V. 8(1), (1995), 49-56.
- 271.** Marongiu, M.L., and Dimauro, C., “Preliminary study on factors influencing rabbit doe reproductive efficiency: Effect of parity, day of mating, and suckling on ovarian status and estrogen levels at day 6 of pregnancy”, *Canadian Journal of Veterinary Research*, V.77, (2), (2013), 126-130.
- 272.** Zerrouki, N., Hannachi, R., Lebas, F., and Berchiche, M., “Pruductivity of rabbit does of white population in Algeria”. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, June 10-13, (2008), 29-34.
- 273.** Lebas, F., Gacem, M., Meftah, I., Zerrouki, N., and Bolet, G., “Comparison of reproduction performances of a rabbit synthetic line and of rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations - First results”, 6th International Conference on Rabbit Production in Hot Climates, Assiut, Egypt, (1- 4 February), (2010), 6.
- 274.** Nardone, A. B., Ronchi, N., Lacetera, M., Ranieri, S., and Bernabucci, U., Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems, *Livestock Science*, V. 130, (2010), 57-69.
- 275.** Khalil, M. H., “Genetic evaluation of the lactational performance of Giza White rabbits does using New Zealand White rabbit as a reference breed”. *Minufiya Journal Agriculture Research*, V. 26, (1993), 1211-1219.
- 276.** Cifre, J., Vicente, J.S., Baselga, M., and Garcíá-Ximénez, F., “Ovulation rate in lines of rabbits selected on different criteria”. In: Baselga, M., and Marai, I. F. M. (Eds.). In: *Proceeding 1st International Conference Rabbit Production in Hot Climates*, Cairo, Egypt, (6-8 September), (1994), 247 - 251.
- 277.** Ghosh, S.K., Das, A., Bujarbaruah, K.M., Das, Asit, Dhiman, K.R., and Singh, N.P., “Effect of breed and season on rabbit production under subtropical climate”, *World Rabbit Science*, V.16, (2008), 29 -33.
- 278.** Belhadi, S., Boukir, M., and Amriou, L., “Non genetic factors affecting rabbit production in Algeria”, *World Rabbit Science*, V. 10(3), (2002), 103-109.
- 279.** Yamani, K. A. O., Daader, A.H., and Askar, A.A.,” Non genetic factors affecting rabbit production in Egypt”. *Option Méditerranéenne, Série Séminaires*, N°17, (1991), 159-172.

- 280.** Abdel-Ghafar Yasmein, Z., El-Wardany, I., Abdo Marwa, Sh., Darwish Samah, F and Abd El-Kafy, E.M., "Effect of season on growth performance and immunity traits in rabbits ". Arab Univ. Journal of Agricultural. Science, V. 26 (2), (2018).
- 281.** Khan, K., Suhail, S.M., Ahmad, I., Ahmad, If., Ijaz, A., Abdullah, A., Hussain, S., Khan, S., and Ahmad, N., "Growth traits and genetic potential of local rabbits". International Journal of Biosciences, V.13(4), (2018), 444-449.
- 282.** Khalil, M.H., "Rabbit genetic resources in Egypt". Animal Genetic Resources Information, V. 26, (1999), 95-111.
- 283.** Pla, M., Fernández-Carmona, J., Blas, E., and Cervera, C., "Growth and some carcass traits of adult rabbits under high ambient temperature". World Rabbit Science, V. 2, (1994), 147–151.
- 284.** Chekiken, H.A., " Etude retrospective et cinétique du progress génétique des performances de reproduction de la souche synthétique ITELV2606". Thèse de magistère en sciences agrovétérinaire. Ecole doctorale : Production, hygiène et santé animale. Option : Amélioration Génétique et reproduction des animaux(AGAD). Ecole nationale supérieure vétérinaire, El-Harach Alger, (2015), 66p.
- 285.** Saidj, D., "Performances de reproduction et paramètres génétiques d'une lignée maternelle d'une population de lapin local sélectionnée en G0 ", Mémoire de magistère en médecine vétérinaire, Option : zootechnie, Ecole nationale vétérinaire El-Harrach-Alger, (2006),106p.
- 286.** Chaou,T., « Etude des paramètres zootechniques et génétique d'une lignée paternel sélectionnée mise en place en G0 et sa descendance du lapin local " Oryctolagus Cunicumus". Mémoire de magistère (2006). Ecole nationale veterinaire, Algérie, 129p.
- 287.** Camacho, J and Baselga, M. "Genetic correlation between reproductive and growth traits in rabbits". (1990.), p366-369. Affiliation author :Depto. Ciencia Animal, Universidad Politcnica de Valencia Camino de Vera 14, 46020 Valencia. SPAIN. www.wcgalp.org/system/files/proceedings/1990/genetic
- 288.** Nofal, R., Hassan, N., Abdel-Ghany, A., and Gyorgyi, V., "Estimation of genetic parameters for litter size and weight traits in nzw rabbits raised in hungary". 9 th World Rabbit Congress Section Genetic. Verona, Italy, (June 10-13), (2008).
- 289.** Nguyen, T.N., Farkas, J., Szendrő, Z., and Nagy, I., "Genetic evaluation of litter size traits in Pannon Large rabbits". Animal Science Papers and Reports, V. 35(2), (2017),181-192.

- 290.** Piles M., Garcí, M. L., Rafel, O., Ramon, J., and Baselga, M., “Genetics of litter size in three maternal lines of rabbits: Repeatability versus multiple-trait models”. *Journal of Animal Science*, V. 84, (2006b), 2309–2315.
- 291.** Mantovani, R., Sartori, A., Mezzadri, M., and Lenarduzzi, M., “Genetics of maternal traits in a new synthetic rabbit line under selection”. *Proc. World Rabbit Congress, World Rabbit Science Association, Verona, Italy, (2008), 10–13.*
- 292.** Lenoir, G., and Garreau, H., « Estimation des paramètres génétiques de la fertilité et du nombre de lapereaux nés vivants chez des lapines d’une lignée femelle Hycole ». *Proc. Journées de la Recherche Cunicole, INRA, Le Mans, France, (2009), 17–18.*
- 293.** Chiang, C.F., Rodger, K. J., and Nielsen, K.M., “Selection for maternal behavior in mice direct and correlated responses”. *Applied Animal Behaviour Science*, V. 79(4), (2002), 311-323.
- 294.** Roehe, R., Shrestha, N.P., Mekkiawy, W., Baxter, E.M., Knap, P.W., Smurthwaite, K.M., Jarvis, S., Lawrence, A. B., and Edwards, S.A., “Genetic analyses of piglet survival and individual birth weight on first generation data of a selection experiment for piglet survival under outdoor conditions”. *Livestock Science*, V. 121, (2009), 173–181.
- 295.** Matheron, G., and Poujardieu, B., « Expérience de sélection de la taille de la portée chez le lapin », 3th World Rabbit Congress, (Rome), V.1, (1984), 66-78.
- 296.** Argente, M.J., “Major components in limiting litter size”. In: Payan-Carreira R, editor. *Insights from animal reproduction*. London, UK: InTech, (2016), 87-114.
- 297.** Haley, C S., Avalos, G., and Smith, C., “Selection for litter size in pig”. *Animal Breeding Abstarct*, V. 56, (1998), 317-332.
- 298.** Furstoss, V., Berthelot, F., Plat, M., Venturi, E., Royer, E., Elleboudt, F., and Martinat-Botté, F., “Genetic and non-genetic parameters related to embryo production in superovulated Large White (LW) gilts”. *Animal Reproduction Science*, V. 134, (2012) 177–183.
- 299.** Sorensen, P., Kjaer, J.P., Brenoe, U.T., and Su, G., “Estimates of genetic parameters in Danish white rabbits using an animal model: II. Litter traits”, *World Rabbit Science*, V. 9, N.1, (2001), 33-38.
- 300.** Su, G., Kjaer, J.B., Brenoe, U.T., and Sorensen, P., “Estimates of genetic parameters in Danish White rabbits using an animal model. I. Growth and carcass traits”. *World Rabbit Sci*, V. 7(2), (1999), 59–64.

- 301.** Adeolu, A.I., Oleforuh-Okoleh, V.U., Mathew, W., Onyeneke, R.U., Nwose, R.N., Oko-Isu, A., and Ogbuagu, K.P., “Genetic Parameters for Pre-Weaning Litter Traits in Heterogeneous Population of Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) Raised in the Humid Tropics”. *Indian Journal of Animal Research*, V. 54(10), (2020), 1206-1209.
- 302.** Rödel H.G., Starkloff A., Seltmann M. W., Prager G., Von Holst D..Causes and predictors of nest mortality in a European rabbit population. *Mammalian Biology* (2009),V 74: 200-211.
- 303.** Combes, S., Gidenne, T., Boucher, S., Fortun-lamothe, L., Bolet, G., and Coureaud, G., « Pour des lapereaux plus robustes au sevrage : des bases biologiques aux leviers d’action en élevage », *INRA Productions Animales*, V. 31(2), (2018), 105-116.
- 304.** Sid, S., Benyoucef, M.T., Mefti-korteby, H.,et Boudjenah, H., « Variation de la prolificité des lapines locales en fonction du génotype (souche synthétique et la population blanche) », *Revue Agrobiologia* (2018b) 8(2): 1001-1008.
- 305.** Moumen, S., Ain Baziz, H., et Temim, S. « ,Effet du rythme de reproduction sur les performances zootechniques des lapines de population locale Algérienne (*Oryctolagus cuniculus*) ». *Livestock Research for Rural Development* 21 (8) (2009).
- 306.** Dağtekin, M., Karaca, C., and Yıldız, Y. Performance characteristics of a pad evaporative cooling system in a broiler house in a Mediterranean climate. *Biosystème Energies.*, (2009). 103: 100- 104.
- 307.** Lebas, F., Maîtrise des conditions d’ambiance en élevage cunicole, Réunion formation GIPAC, Conférence Paper. Tunisia, (24-25 juin), (2009).
- 308.** Zotte, A. D., and Paci, G., “Influence of Rabbit Sire Genetic Origin, Season of Birth and Parity Order on Doe and Litter Performance in an Organic Production System” *Asian-Australian Journal Animal Science*, V. 26, (1), (2013), 43-49.
- 309.** Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M.,and Dalle Zotte, A., “Energy and protein utilization and partition in rabbit does concurrently pregnant and lactating”. *Animal Production*, V. 55, (1992), 153–162.
- 310.** Xiccato.G, Bernadini, M., Castellini, C., and Dalle-Zotte, A., “Effect of postweaning on the performance and energy balance of female rabbits at different physiological states”. *Journal of Animal Science*, V. 77, (1999), 416-426.

- 311.** Fortun-lamothe, L., and Gidenne, T., « Besoins nutritionnels du lapereau et stratégies d'alimentation autour du sevrage », *INRA Production Animale*, V. 16, (1), (2003), 39-47.
- 312.** Parigi-Bini R., and Xiccato, G., « Recherches sur l'interaction entre alimentation, reproduction et lactation chez la lapine ». *World Rabbit Sci*, V. 1 (4), (1993), 155-161.
- 313.** Rizzi, C., Chiericato, G. M., and Dalle Zotte, A., "Reproductive and physiological responses of rabbit does under different nutritive levels before the first parturition". In *Proc: 9th World Rabbit Congr. Verona, Italy, (10-13 June)*, , (2008), 438-441.
- 314.** Brun, Jm., « Paramètres du croisement entre 3 souches de lapin et analyse de la réponse à une sélection sur la taille de portée : caractères des portées à la naissance et au sevrage », *Genetics Selection Evolution, BioMedical Central*, V. 25 (5), (1993), 459-474.
- 315.** Akinsola, O.M., Nwagu , B.I., Orunmuyi, M., Iyeghe-Erakpotobor, G.T., Abanikannda, O.T.F., Shoyombo, A.J., and Louis, U., "Factors influencing litter traits and body weight at pre-weaning ages among temperate rabbit breeds in the tropical conditions of Nigeria". *Annals of Experimental Biology*, V. 2 (2), (2014), 58-60.
- 316.** Fadare, A.O., and Fatoba, T.J., "Reproductive performance of four breeds of rabbit in the humid tropics", *Livestock Research for Rural Development*, V. 30 (7) 2018.
- 317.** Roehe, R., Shrestha, NP., Mekkiawy, W., Baxter, EM., Knap, PW., Smurthwaite, KM., Jarvis, S., Lawrence, AB & Edwards, SA., "Genetic parameters of piglet survival and birth weight from a two-generation crossbreeding experiment under outdoor conditions designed to disentangle direct and maternal effects" *Journal of Animal Science*, V. 88, (4), (2010), 1276-1285.
- 318.** Agea, I., García, M.L., Blasco, A., and Argente, M, J., "Litter Survival Differences between Divergently Selected Lines for Environmental Sensitivity". *Rabbits. Animals*, V. 9, (2019), 603.
- 319.** Coureaud, G., Schaal, B., Coudert, P., Rideaud, P., Fortun-lamothe, L., Hudson, R., and Orgeur, P., "Immediate postnatal sucking in the rabbit: Its influence on pup survival and growth Reproduction". *Nutrition Development*, V. 40 (2000) 19–32.

- 320.** Fortun-Lamothe L., Gidenne T., Chalaye F., et Debray L., « Stratégie d'alimentation autour du sevrage : effet du ratio amidon/fibres ». 9èmes Journée de recherches cynicoles France, G. Bolet (ed), ITAVI éditions, Paris, (2001).
- 321.** Elmaghraby, M, M, A., Helal, M, A., and El-Sheikh, A, I., "Maximum number of kits a rabbit doe should nurse for optimum litter performance up to weaning". 4th Scientific Conference for Veterinary Medical Researches, Faculty. Veterinary. Medicine., Alexander. University., (October 2 – 4), (2004), 658–672.
- 322.** Rommers, J.M., Meijerhof, R., Noordhuizen, J.P.T.M. and Kemp, B., "The effect of level of feeding in early gestation on reproductive success in young rabbit does". *Anim. Reprod. Sci*, V. 81(1–2), (2004), 151–158.
- 323.** Castellini, C., Boscoa, A., Arias-Álvarez, M., Lorenzo, P. L., Cardinali, R., and Rebollar, P.G., "The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: A review ", *Animal Reproduction Science*, (2010), 174-282.
- 324.** Poujardieu, B., and Theau-Clement, M., 1995. « Productivité de la lapine et état physiologique ». *Ann. Zootech.* 44, 29–39.
- 325.** Abdelli-Larbi, O., Mazouzi-Hadid, F., Berchiche M., Bolet G., Garreau H., and Lebas, F.," Pre-weaning growth performance of kits of a local Algerian rabbit population: influence of dam coat color, parity and kindling season ", *World Rabbit Science*, V. 22, (2014), 231-240.
- 326.** Singh, U., Umesh, S., Sharma, S.R., Kumar, D., Bhatt R.S., Risam, K.S., Davendra, K., Sawal, R.K., and Swain, N., "Effect of parity on reproductive performance of German Angora Rabbits". *Indian Journal of Animal Sciences*, V. 75, (2004), 547-549.
- 327.** Bignon, L., Bourin, M., Galliot, P., Souchet, C., and Travel, A., « Impact du nombre de lapereaux laissés au nid sur la carrière des femelles et les performances des jeunes ». 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans (19-20 Nov), (2013), 101-104.
- 328.** Fortun-Lamothe, L., and Gidenne, T., "Recent advances in the digestive physiology of the growing rabbit. In: Maertens, L., Coudert, P. (Eds.), *Recent Advances in Rabbit Sciences. In the Framework of COST 848: "Multifaceted research in rabbits: a model to develop a healthy and safe production in respect with animal welfare"*. Institute for Agricultural and Fisheries Research, Animal Science Unit, (ILVO), Melle-Belgium, (2006), 201–211.

- 329.** Gualterio, L., Valentini, A., and Bagliacca, M., "Effect of season and of parturition order on mortality rate at birth in the nest". In: Proc.4rd World Rabbit Congr., Budapest, Hungary, (1), (1982),182-188.
- 330.** Gidenne, T., et Lebas, F., « Le comportement alimentaire du Lapin ». In Proc : 11èmes Journées de la Recherche cunicole, Paris, (29-30 nov). (2005), ITAVI édit., 183-196.
- 331.** Marai, I.F.M., Askar, A.A., and Bahgat, L.B., "Tolerance of New Zealand White and Californian doe rabbits at first parity to the sub-tropical environment of Egypt", *Livestock Science*, V. 104, (1–2), (2006), 165-172.
- 332.** Marai, I.F.M., Ayyat, M.S., and Abd el-Monem, U.M., "Growth performance and reproductive trans at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation under Egyptian conditions". *Tropical Animal Health and Production*, V. 33, (2001), 451–462.
- 333.** Gidenne, T., and Fortun-Lamothe, L., "Feeding strategy for young rabbits around weaning: a review of digestive capacity and nutritional needs", *Animal Science*, V. 75, (2002), 169-184.
- 334.** García-Ximénez, F.; Vicente, J., and Viudes-De-Castro, M., "Neonatal performances in 3 lines of rabbit (litter sizes, litter and individual weights)". *Anim. Res*, V. 44, (1995), 255–261.
- 335.** Ouyed, A., Lebas, F., Lefrançois, M., and Rivest, J., « Performances de reproduction de lapines de races Néo-Zélandais Blanc, Californien et Géant Blanc du Bouscat ou croisées, en élevage assaini au Québec ». 12èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, (27-28 novembre), (2007).
- 336.** McClellan, H. L., Miller, S. J., and Hartmann, P. E., "Evolution of lactation: nutrition v. protection with special reference to five mammalian species". *Nutrition Research Reviews*, V. 21, (2008), 97-116.
- 337.** Canali, E., Ferrante, V., Todeschini, R., Verga, M., and Carenzi, C., "Rabbit nest construction and its relationship with litter development". *Applied Animal Behaviour Science*, V. 31, (1991), 259-266.
- 338.** Bautista, A., Mendoza-Degante, M., Coureaud, G., Martinez-Gómez, M., and Hudson, R., 2005 "Scramble competition in newborn domestic rabbits for restricted milk supply". *Animal Behaviour*, V.70, 2005, 1011-1021.

- 339.** Mucino, E., Bautista, A., Jiménez, I., Martínez-Gómez, M., and Hudson, R., “Differential development of body equilibrium among litter mates in the newborn rabbit”. *Developmental Psychobiology*, V. 51, (2009), 24-33.
- 340.** González-Redondo, P., “Maternal behaviour in peripartum influences preweaning kit mortality in cage-bred wild rabbits”. *World Rabbit Science*, V. 18, (2010), 91-102.
- 341.** González-Mariscal, G., McNitt , J.I. Lukefahr, S.D., “ Maternal care of rabbits in the lab and on the farm: Endocrine regulation of behavior and productivity”, *Hormones and Behavior*, (2007) V.52, 86–91
- 342.** Rommers , J. M. , Kemp, B. , Meijerhof, R., and JNoordhuizen . P. T. M., “The effect of litter size before weaning on subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of young rabbit does¹”, *Journal of Animal Science*, V. 79, (2001), 1973–1982.
- 343.** Di Meo, C., Gazaneo, M. P., Racca, C., Bovera, F., Piccolo G., and Nizza, A.,” Effect of Birth Weight and Litter Size on Productive Performance of Rabbits” *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, V. 17, (8), (2004) ,1158-1162.
- 344.** Harcourt-Brown, F., “The rabbit consultation and clinical techniques”. *Textbook of Rabbit Medicine*, (2002), 52–93. doi:10.1016/b978-075064002-2.50006-0.
- 345.** Praag, E.V., « Comportement mutilateur de certain lapin(e)s ». [MediRabbit.com](http://www.medirabbit.com/) [http://www.medirabbit.com/ Mars](http://www.medirabbit.com/), (2015).
- 346.** Blasco, A., and Gomez, E.,” A note on growth curves of rabbit lines selected on growth rate or litter size”. *Animal Production*, V. 57, (1993) , 332-334.
- 347.** Gyovai, P., Nagy, I., Gerencsér, Zs., Matics, Zs. ,Radnai, I., Donkó, T., Bokor, Á., Farkas, J., and Szendrő, Zs., « Genetic parameters for litter weight, average daily gain and thigh muscle volume measured by in vivo Computer Tomography technique in Pannon White rabbits “, *Livestock Science*, V. 144 (2012), 119-123.
- 348.** PERRIER, G., 2003. “Influence de l'homogénéité de la portée sur la croissance et la viabilité des lapereaux de faible poids à la naissance ». 10èmes Journées de la recherche cunicole, Paris, ITAVI, (19–20 novembre), (2003), 119– 122.
- 349.** Wolf, J., E. Zakova, and E. Groeneveld., “Within-litter variation of birth weight in hyperprolific Czech Large White sows and its relation to litter size traits, stillborn piglets and losses until weaning”. *Livestock Science*, V. 115, (2008), 195–205.
- 350.** Easson, W., “A review of rabbit and rodent production medicine”. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*, V. 10, (2001), 131-139.

- 351.** García-Ximénez, F., Vicente, J., and Viudes-De-Castro, M., “Neonatal performances in 3 lines of rabbit (litter sizes, litter and individual weights)”. *Anim. Res*, V. 44, (1995), 255–261.
- 352.** Zerrouki, N., Kadi, S. A., Berchiche, M., et Bolet, G., « Étude de la mortalité naissance sevrage des lapereaux de la lignée kabyle » In Proc : 10èmes Journées de la Recherche Cunicole. Paris, (2003), 115-118.
- 353.** Maertens, L., Lebas, F., and Szendrő, Zs., “rabbit milk: a review of quantity, quality and non-dietary affecting factors”, *World Rabbit Sci*, V. 14, (2006), 205-230.
- 354.** Kpodekon, M., Youssao, A. K. I., Koutinhoun, B., Djago, Y., Houezo, M., and Coudert, P., “Influence of non–genetic factors on the mortality of young rabbits in the south of Benin”. *Annales de Medicine Veterinaire*, V. 150, (2006), 197–201.
- 355.** Verga, M., Canali, E., Pizzi, F., and Crimella, C., “Induced reactions in young rabbits of dams of different parity and reared on two different nursing schedules, Appl”. *Anim. Behav. Sci*, V. 16, (1986), 285–293.
- 356.** Mefti, K.H., “Heritability and correlation of the zootechnical performance of the Algerian local rabbit”, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(5), (2016), 36-41.
- 357.** Testik, A., Baselga, M., Yavuz, C., and García, M.L., “Growth performances of California and line V rabbits reared in Turkey”. In: Testik A. (ed.), Baselga M. (ed.). 2. International Conference on Rabbit Production in Hot Climates Zaragoza: CIHEAM Cahiers Options Méditerranéennes; n. 41 (1999), 159-162.
- 358.** Sakthivel, M., Balasubramanyam, D., Kumarasamy P., Gopi, H., Raja, A., Anilkumar, R., and Devaki, A., “Estimates of (co)variance components and genetic parameters for body weights and growth efficiency traits in the new zealand white rabbit” *World Rabbit Science*, V. 25 (2017), 329-338.
- 359.** Shrestha, M., Garreau, H., Balmisse, E., Bed’hom, B., David, I., Guitton, E., Helloin, E., Lenoir, G., Maupin, M., Robert, R., Lantier, F., and Gunia, M., “Genetic parameters of resistance to pasteurellosis using novel response traits in rabbits”, *Genetics Selection Evolution*, V. 52, (2020), 34.
- 360.** Ajayi, B. A., Oseni, S. O. and Popoola, M. A., “Heritability estimates and genetic correlations of some reproductive traits in heterogeneous rabbit population in South-west Nigeria”, *Tropical Animal Production Investigation*, V. 17 (1), (2014), 52-57.

- 361.** KHalil, M.h., Owen, J.B., and Afifi, E.A., "Selection indices for rabbit improvement", *Jouranl Agriculture Science Cambridge*, V. 107, (1986), 537-545.
- 362.** Odubote, I.K., and Somad, B., "Genetic analysis of rabbit litter traits at birth and weaning", *Nigerian Journal of Animal Production*, V. 19, (1992), 64-69.