

UNIVERSITE BLIDA 1

Institut des Sciences Vétérinaires

THESE DE DOCTORAT ES-SCIENCES

en Science Vétérinaires

Spécialité : Sciences Vétérinaires

CARACTERISATION DES PERFORMANCES DE REPRODUCTION CHEZ LE LAPIN

DE POPULATION LOCALE

Par

Rafik BELABBAS

Devant le jury composé de :

M. Bachir-Pacha	Professeur, U. Blida 1	Président
N. Sahraoui	Professeur, U. Blida 1	Examinatrice
S. Temim	Professeur, E.N.S.V. Alger	Examinatrice
A. Lamara	Maître de conférences A	Examineur
H. Ainbaziz	Professeur, E.N.S.V. Alger	Promotrice
A. Berbar	Professeur, U. Blida 1	Co-promoteur
M.J. Argente	Professeur, U.M.H. Espagne	Invitée d'honneur

Blida, Janvier 2016

RESUME

La création de la souche synthétique (SS) par croisement entre le lapin de population locale (PL) et la souche INRA 2666 a été proposée afin d'améliorer la production cunicole en Algérie. Cette nouvelle souche montre une prolificité plus élevée que celle des lapines PL (+28%). Ce travail a pour objectif d'étudier les composantes responsables de cette amélioration de la taille de la portée. Trois expériences comparatives des deux génotypes ont été réalisées durant la période allant de juillet 2013 à janvier 2015. La première expérience (**Exp1**) a pour objectifs d'étudier le taux d'ovulation, de fertilisation et le développement embryonnaire précoce à 72 heures *post coïtum*. Au cours de la seconde (**Exp2**), la capacité utérine et quelques facteurs de variation du poids foetal sont étudiés au 25^{ème} jour de gestation. Enfin, la troisième expérience (**Exp3**) a pour but d'estimer le taux d'ovulation et la mortalité prénatale tout au long de la gestation.

Dans l'Exp1, 24 lapines SS et 23 PL multipares sont saillies puis sacrifiées à 72h *post coïtum* afin de récolter les embryons en développement. Chez les femelles SS, le taux d'ovulation et le nombre d'embryons récoltés sont significativement plus élevés (+ 4,4 et +3,9 respectivement). Le taux de fertilisation et de survie embryonnaire précoce sont comparables. Les femelles SS montrent un faible pourcentage d'embryons normaux (- 2,8%) et un pourcentage d'œuf non fécondés élevé (+ 0,7). Le développement embryonnaire est tardif chez les femelles SS, celles-ci présentent un pourcentage élevé de morula précoce et faible de morula compactée ($P < 0,05$). La taille de la portée à la naissance est de + 20% plus élevée chez les femelles SS.

Dans l'Exp2, 47 lapines multipares et uniovariectomisées (27 SS et 25 PL) sont saillies puis sacrifiées au 25^{ème} jour de gestation, les composantes de l'appareil génital sont alors mesurées. Chez les femelles SS, le taux d'ovulation et le nombre d'embryons implantés sont plus élevés (+26% en moyenne ; $P < 0,001$). Au même taux d'ovulation, ce dernier écart perd sa signification. Les taux de survie embryonnaire, foetale et prénatale sont comparables entre les deux groupes. Les foetus SS présentent un poids faible (- 20 % ; $P < 0,001$), une taille réduite (- 3% ; $P < 0,01$), un faible développement des organes internes (- 22,9 % en moyenne ; $P < 0,01$), un poids du tissu adipeux brun plus léger (0,15 vs 0,17 ; $P < 0,05$) et un

faible développement des placentas (- 18,8% ; $P < 0,001$). Quelque soit le génotype, les fœtus implantés en position oviductale montrent un meilleur poids contrairement à ceux implantés en position médiane de la corne utérine (+ 5%; $P < 0,05$). De même, les poids des organes fœtaux, l'espace vital, le volume du liquide amniotique et le poids du placenta fœtal sont liés à la position *in utero*, les meilleures performances sont enregistrées pour les fœtus implantés près de l'oviducte. L'effet de la vascularisation fœtale est hautement significatif sur tous les paramètres mesurés en faveur des fœtus recevant un nombre de vaisseaux sanguins ≥ 6 . Aucun effet significatif du sexe des fœtus n'est enregistré sur l'ensemble des paramètres mesurés. La taille de la portée mesurée au cours des trois premières parités est supérieure chez les femelles SS (+24%).

L'Exp3 est réalisée sur 32 SS et 34 femelles PL nullipares. A la 3^{ème} parité, les femelles gestantes subissent une endoscopie à 12 jours. Chez les femelles SS, le taux d'ovulation et le nombre total d'embryons implantés sont significativement plus élevés (+ 23% en moyenne ; $P < ,0001$). La survie embryonnaire, fœtale et prénatale est comparable entre les deux groupes. Par ailleurs, les femelles SS présentent un nombre de lapereaux nés totaux élevé (+16% ; $P < 0,05$). Enfin, le nombre de lapereaux morts par mise bas, le pourcentage de mortinatalité et de la survie néonatale sont comparables entre les femelles SS et PL.

En conclusion, les résultats de notre étude suggèrent que l'amélioration de la taille de la portée à la naissance observée chez les lapines SS serait liée à un taux d'ovulation plus élevé plutôt qu'à des modifications du développement embryonnaire précoce, de la mortalité prénatale et de la capacité utérine.

Mots clés: lapin, population locale, souche synthétique, croisement, prolificité, ovulation, développement embryonnaire, mortalité prénatale, capacité utérine.

ABSTRACT

In order to develop rabbit meat production in Algeria, a Synthetic rabbit line (SL) has been created since 2003. This line was produced by crossing females from local population (LP) to male from a French INRA 2666 strain at Technical Institute for Animal Production. In a recent study, this new SL showed 28% more litter size than LP. The aim of this work is to study the component of litter size allowing this improvement in litter size. Three experiments were carried out in order to compare both genotypes and during the period from July 2013 to January 2015. The aim of the first experiment (Exp1) is to study the ovulation rate, the fertilization rate and the early embryo development at 74h *post coitum*. During the second experiment (Exp2), the uterine capacity and some factors affecting the fetal weight at 25d of pregnancy. Finally, the third experiment (Exp3) aims to estimate the ovulation rate and prenatal mortality throughout the pregnancy.

In Exp1, 24 SS and 23 PL multiparous rabbit does were mated and sacrificed at 72h in order to recover the embryos in development. The SS released more ova and embryos than LP (+ 4.42 and +3.92, respectively). The fertilization rate and early embryonic survival are similar. The SS presented lower percentage of normal embryos (-2.81%) and greater number of unfertilized oocytes (+0.7 oocytes). The SS showed a lesser embryonic stage of development at 72 h of gestation, showing a higher percentage of early morulae (+23.14%) and a lower percentage of compact morulae (-27.36%). However, SS displayed a 20% more litter size than LP.

In the Exp2, 47 uniovariectomized multiparous rabbits (27 SS and 25 PL) were mated then sacrificed on the 25th day of pregnancy. In SS females, the ovulation rate and the number of implanted embryos were higher (+ 26%, $P < 0.001$). At the same ovulation rate, no difference between both groups was noted for these two last parameters. Embryonic, fetal and prenatal survival rates were comparable between females. The SS fetuses had a lower weight (-20%, $P < 0.001$), reduced size (-3%, $P < 0.01$), poor development of internal organs (-22.9%, $P < 0.01$) and lower development of placentas (-18.8%, $P < 0.001$). The fetuses implanted in the oviductal position show a better weight compared to those implanted in the median position of the uterine horn (+ 5%, $P < 0.05$). Similarly, fetal organ weights,

available uterine space, amniotic liquid volume and fetal placenta weight are related to the intra uterine position, the best performances are recorded for the fetuses implanted near to oviduct. The effect of fetal vascularization is highly significant on all parameters measured in favor of fetuses receiving a number of blood vessels ≥ 6 . No significant effect of fetal sex was recorded. The litter size measured at the first three parities is higher in SS females (+ 24%).

The Exp3 was performed on nulliparous rabbit does (32 SS and 34 LP). At the 3rd parity, the pregnant females undergo endoscopy at 12 days. In SS females, the ovulation rate and the total number of implanted embryos are significantly higher (+ 23%, $P < .0001$). Embryonic, fetal and prenatal survival are comparable between the two groups. In addition, SS females show a higher total born kits (+ 16%, $P < 0.05$). Finally, the number of dead born kits, the percentage of stillborn kits and neonatal survival are comparable between SS and PL females.

In conclusion, the results of our study suggest that the improvement in litter size observed in the SS rabbits is related to a higher ovulation rate rather than to changes in early embryonic development, prenatal mortality and uterine capacity.

Keywords: rabbit, local population, synthetic line, crossbreeding, litter size, ovulation rate, embryo development, prenatal mortality, uterine capacity.

ملخص

فصيلة اصطناعية SS عن طريق التزاوج بين ارنب فصيلة محلية PL وفصيلة INRA 2666 تم طرحها من اجل تطوير انتاج الارنب في الجزائر . هذه الفصيلة الجديدة درجة خصوبتها مرتفعة مقارنة بالفصيلة المحلية للارنب . الهدف من هذا العمل هو دراسة العوامل المسؤولة عن زيادة صغار الارنب في كل حمل ، وذلك تم انجاز ثلاثة تجارب بالمقارنة خلال مدة زمنية الممتدة من جويلية 2013 الى جانفي 2015 . التجربة الاولى تهدف الى دراسة درجة الاباضة ، التلقيح وتطور الجنين الاولي خلال 72 ساعة pc . خلال التجربة الثانية تم دراسة قدر الرحم وكذا العوامل المؤثرة على وزن الجنين في اليوم 25 من بداية الحمل . في التجربة الثالثة تم قياس درجة الاباضة والاجهاض طوال مدة الحمل . التجربة رقم 01 : اخذنا 24 ارنبة SS و 23 PL بعد التلقيح تم ذبحها بعد 72 ساعة PC لجمع البويضات الملقحة وفي طريق النمو . عند الاناث SS درجة الاباضة وعدد البويضات الملقحة التي تم جمعها مرتفع بصفة ملموسة (+4.4 ، +3.9) . لا يوجد فرق بين درجة التلقيح ودرجة حياة الجنين . الارانب تتميز بنسبة منخفضة من الاجنة العادية (-2.8%) ونسبة مرتفعة من البويضات الغير ملقحة (+0.7%) . تطور الجنين متاخر عند الارانب حيث يتمتع بنسبة مرتفعة من morula precoce ومنخفضة من morula compactée (P<0.05) عدد صغار الارانب عند الولادة تكون اكثر من 20 % عند الارانب SS . التجربة رقم : 02 : أخذنا 47 ارنبة ولودة أحادية المبيض (. PL25 و SS27) تم تزاوجها وذبحها في يوم 25 من الحمل ن وتم قياس جهازها التناسلي . عند الارانب SS : درجة الاباضة وعدد الاجنة المغروسة مرتفعة (+26%) في المعدل (P<0.001) ، وفي نفس درجة الاباضة هذا الاخير يفقد اهميته . ولا يوجد فرق في درجة الحياة البيوضة، الجنين وقبل الولادة بين مجموعتين الجنين SS يتميز بوزن صغير (./. 20, P<0.001) وقامة قصيرة (./. -3 , P<0.001) ونمو ضعيف في الاعضاء الداخلية (P≤0.01 في المعدل -22.9%) ووزن ضعيف في النسيج الشحمي البني (0.1, 0.17, P<0.05) وضعف في نمو النسيج البلاستنا (18.8, P<0.001) . الجنين المغروس . في وضعية قناة البيض يظهر باحسن وزن بعكس المغروسة في وسط قرن الرحم (P<0.05,+5%) .يمثلهم وزن اعضاء الجنين ن مساحة عيش الجنين وحجم السائل السلاوي ووزن الاغشية الجنينية المرتبطة بوضعية الجنين في الرحم . احسن نتائج سجلت عند الاجنة المغروسة القريبة من قناة البيض . تأثير شرايين الجنين بشكل عالي وملموس على جميع اوعامل التي تم قياسها بالنسبة للاجنة التي تحصل على ≥ 6 من الشرايين الدموية . لا يوجد أي تأثير مسجل لجنس الجنين على مجموع هذه العوامل المدروسة . عدد الاجنة خلال ثلاثة مراحل من الحمل اكثر عند الارانب SS (+24%) .

التجربة رقم 03 : تم انجازها على 32 SS و 34 PL ولودة في المرحلة الثالثة من الحمل على الارانب الولودة حيث تم اجراء فحص التنظير على الحوامل في 12 يوم . هناك ارتفاع محسوس في درجة الاباضة عند الارانب SS و العدد الكلي للاجنة المغروسة (P<0.001 في المعدل +20%) . لا يوجد فرق بين مدة عيش البويضة الملقحة ، الاجنة وقبل الولادة بين المجموعتين . على عكس ذلك فان الأرناب SS تتميز بعد صغار الارانب المولودة اعلى بنسبة (+16% , P<0.05) . وأخيرا : لا يوجد فرق بين اناث SS و PL في عدد الارانب الصغار الميتة عند الولادة ، نسبة الارانب الميتة قبل الولادة ومدة الحياة بعد الولادة في الخلاصة : نتائج دراستنا تقترح تحسين حجم الصغار عند الحمل ملاحظ عند الارانب SS مرتبطة بالارتفاع درجة الاباضة وليس لاختلاف التطور المبكر للجنين ، درجة الوفاة اثناء الحمل وقدرة الرحم .

كلمات مفتاح: ارناب ، فصيلة محلية ، فصيلة اصطناعية ، تزاوج ، تكاثر ، اباضة ، تطور الجنين ، وفاة الجنين ،
قدرة الرحم .

REMERCIEMENTS

Bien que délicate, l'écriture des remerciements est un élément indispensable pour témoigner ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail. Je tiens tout d'abord à exprimer mes sincères remerciements aux membres du jury :

Pr Bachir Pacha Mohamed, 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.

Pr Sahraoui Naima, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université de Blida 1 pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'être membre de jury. Je la remercie également pour sa disponibilité et son écoute. Hommages respectueux.

Pr Temim Soraya, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire D'Alger pour avoir accepté d'examiner ce travail. Je la remercie également de m'avoir conseillé, soutenu et encouragé comme une grande sœur tout au long de mon cursus universitaire, de la graduation jusqu'à la finalisation de ma thèse de doctorat. Qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance et ma gratitude éternelle.

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

Pr AinBaziz Hacina, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger pour avoir accepté de diriger ce travail et assurer mon encadrement et mon initiation à la recherche scientifique. Votre présence et votre disponibilité m'ont été précieuses, votre exigence et votre souci du détail m'ont incité à approfondir ma réflexion. Permettez-moi de vous exprimer toute mon estime et mon admiration pour votre bonté, votre modestie, votre compréhension, ainsi que

vos qualités professionnelles qui ne peuvent que susciter ma grande estime et profond respect.

Mes remerciements s'adressent également à mon co-promoteur **Pr Berbar Ali**, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université de Blida 1 pour avoir accepté de codiriger ce travail, pour le soutien, les conseils avisés et l'attention apportée tout au long de sa réalisation. Je vous remercie infiniment.

Je remercie particulièrement ma co-promotrice **Pr Maria José Argenté**, Professeur à l'Université Miguel Hernandez. Je vous renouvelle ma profonde reconnaissance de m'avoir donné la possibilité d'évoluer sur le plan scientifique en apprenant plusieurs méthodes au sein de votre laboratoire, et pour tous les conseils constructifs. Enfin, merci pour votre confiance et votre disponibilité qui m'ont permis de mener à bien ce travail.

Au **Pr Mari Luz Garcia**, Professeur à l'Université Miguel Hernandez, Espagne. Vous m'avez accompagné avec bienveillance lors des traitements statistiques et l'interprétation des données, nous avons partagé des moments difficiles et des fous rires, vous êtes devenue une amie qui m'est chère. Merci pour tout ce que vous m'avez transmis. Merci pour votre écoute, votre disponibilité et votre bonne humeur.

A ma très chère amie et collègue **Dr. Bouamhdi-Mérad Zoubeida**, Maître de conférences A à l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida qui n'a cessé durant toutes ces années de m'encourager et soutenir, puisses-tu être toujours heureuse, et entourée de tes proches.

Mes sincères remerciements à **Madame Zitouni Ghania**, Chef de département des monogastriques à l'Institut Technique des élevages, Baba Ali, Alger, pour son aide et support dans la réalisation de cette thèse qui rentre dans le cadre d'une convention entre l'université de Blida et L'ITELV. Merci infiniment.

Je remercie **Pr Kaidi Rachid**, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires de l'Université de Blida 1 pour son écoute et ses conseils avisés tout au long de la réalisation de ce travail. Un hommages très respectueux.

J'exprime toute ma reconnaissance au **Pr Lafri Mohamed**, Professeur à l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida pour son aide au cours de la réalisation de ce travail. Hommages respectueux.

Je ne peux pas m'en tenir aux remerciements purement académiques et s'il y a une personne que je voudrais absolument remercier c'est bien **Dr Ilès Imen**, Maître de Conférences B à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger. Un grand et sincère merci pour le choix du sujet et tout ce que vous m'avez appris sur la physiologie de la reproduction chez la lapine, pour votre rigueur scientifique et vos conseils précieux. Hommages respectueux.

A **Raquel** ingénieur de laboratoire à l'Université Miguel Hernandez Espagne. Tu as toujours été présente pour me soutenir et m'encourager, tu es mon meilleur antidépresseur ! Tu as beaucoup participé à ce travail avec le mérite de me supporter dans mes moments de doutes et de stress. Merci tout simplement.

Toute ma gratitude au **Dr. Bouayad Leila** Maitres de conférences A l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger pour le soutien et les encouragements. Merci infiniment.

J'adresse mes sincères remerciements à mon ami **Mr Kaddour Rachid**, ingénieur au laboratoire d'anatomie pathologique de l'ENSV, pour les réalisation des coupes histologiques. Hommages respectueux.

Mes sincères remerciements vont également au **Dr Gharbi Ismail**, Maître de conférences B à l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida 1 pour son aide et soutien au cours de la réalisation des endoscopies. Hommages respectueux.

Je remercie toute l'équipe de la clinique vétérinaire de l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida 1 pour la réalisation des ovariectomies unilatérales : **Dr Adel Djallal, Dr Abbada Leila, Dr Selali Sabrina, Dr Djoudi Mustapha et Dr Ouakli Nadia.** Merci infiniment.

Une pensée particulière pour **Dr Dahmani Amina** Maître Assistante A ENSV, Alger, pour le dosage des métabolites sanguins. Merci de l'intérêt que tu as porté à mon travail et de ton enthousiasme.

Je remercie également le personnel de la station expérimentale de l'Université Saad Dahleb Blida : **Abdelkader, Mostapha, Youcef, Foudel, Ali, Walid, Ismail et Amine.**

Mes sincères remerciements vont également à mes très chers étudiants : **Mouhamed Ouchek, Belkacem Chikhi, Djellid Mustapha, Said Halfaoui, Hamed Khoja Nabil.** A tous, je vous souhaite le meilleur à venir.

J'adresse mes très vifs remerciements à mes chers étudiants et amis, **Merrouche Aissa, Belkacem Shikhi et Djamel Ismail** pour leur participation dans la partie expérimentale et leur soutien durant toutes ces années. Je vous souhaite le meilleur à venir. Cette étude n'aurait pu se faire sans vous, soyez assurés de ma reconnaissance.

Je ne pourrai d'aucune manière exprimer ma profonde et mon immense gratitude à mon ami et étudiant **Dr Bouzouan Mahdi**, pour son aide extrême, son soutien sans faille, sa patience à toute épreuve. Tous tes sacrifices consentis ont été pour moi une source de courage, de confiance et de patience. Qu'il me soit permis aujourd'hui de lui assurer ma profonde et ma grande reconnaissance

Je n'oublierai pas d'adresser également mes sincères remerciements à mes amis de l'Institut des Sciences Vétérinaires de Blida : **Dr. Salhi Omar, Dr Ammara Fatima Zahra, Dr Khaled H, Dr. Kalem Ammar, Dr. Bensid Abdelkader, Dr Ezzeroug Rym & madame Bounaas Karima.** Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à mes amis de l'Ecole Nationale

Supérieure Vétérinaire d'Alger : **Saidi Ahmed, Djabala Louisa, Henneb Mina, Berrabia Ismahan & Nadia Benali.**

J'adresse mes profonds remerciements à **Chirane Manel**, ingénieur du Laboratoire d'analyses fourragères de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger et **Saidi Samia**, ingénieur du Laboratoire d'analyses fourragères de l'Institut Technique des élevages pour leur contribution dans les analyses des aliments. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance. Merci infiniment

Comme on dit souvent on garde le meilleur pour la fin et ces remerciements ne seraient pas complets sans remercier **Madame Gouas Atika**, Maître Assistante A à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger pour ses conseils pertinents et son soutien moral. Je suis chanceux d'avoir deux mamans. Je t'aime.

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

LISTE DES TABLEAUX

N°		Page
La partie bibliographique		
Tableau 1.1	Taille de la portée en fonction de l'origine de l'animal (Synthèse des références bibliographiques).	32
Tableau 1.2	Variation de la mortalité en fonction de l'origine de l'animal (Synthèse des résultats bibliographiques).	34
Tableau 1.3	Evolution de la taille de la portée (nés vivants par mise bas) à la naissance en fonction de la parité (Synthèse des références bibliographiques).	36
Tableau 1.4	Variation de la prolificité à la naissance chez les lapines locales algériennes en fonction du stade physiologique.	37
Tableau 1.5	Variation de la taille de la portée en fonction de la saison chez les lapines de population locale algérienne.	39
Tableau 2.1	Le nombre d'ovocytes fertilisés au cours du <i>post partum</i> .	46
La partie expérimentale		
Tableau 5.1	Les dimensions des cages d'engraissement.	84
Tableau 5.2	Les dimensions des cages de maternité.	85
Tableau 5.3	Les cages pour mâles.	86
Tableau 5.4	La composition chimique de l'aliment utilisé au cours des expériences.	89
Tableau 6.1	Les paramètres mesurés et calculés chez les lapines.	98
Tableau 6.2	La taille de la portée, le taux de fertilisation, les caractéristiques des ovaires et des embryons chez les lapines de souche synthétique et de population locale (LSM ± ES).	103
Tableau 6.3	Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les deux groupes de lapines.	105
Tableau 6.4	Corrélations entre les différents paramètres mesurés pour l'ensemble des lapines.	109
Tableau 7.1	Les paramètres mesurés et calculés chez les lapines au moment de l'abattage.	138
Tableau 7.2	Les paramètres mesurés et calculés chez les fœtus.	139
Tableau 7.3	Prolificité moyenne mesurée chez les femelle de souche synthétique et de population locale au cours des trois premières parités (LSM ± ES).	143
Tableau 7.4	Taux d'ovulation, nombre de fœtus implantés et leurs caractéristiques chez les lapines de la souche synthétique et de population locale au 25 ^{ème} jour de la gestation (LSM ± ES).	144
Tableau 7.5	Survie embryonnaire, fœtale et prénatale chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (LSM ± ES).	145

Tableau 7.6	Caractéristiques des cornes utérines chez les femelles de souche synthétique et de population locale (LSM ± ES).	146
Tableau 7.7	Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique (n = 27 femelles).	147
Tableau 7.8	Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de population locale (n = 25 femelles).	150
Tableau 7.9	Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (n = 52 femelles).	152
Tableau 7.10	Effets des variables fixes sur les paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique et de population au 25 ^{ème} jour de la gestation (n = 448).	156
Tableau 7.11	Effet du génotype de la femelle sur le développement des fœtus et de leurs organes internes (LSM ± ES).	157
Tableau 7.12	Effet du type génétique de la femelle sur l'espace vital, le développement des placentas et sur l'efficacité placentaire (LSM ± ES).	158
Tableau 7.13	Effet du type génétique de la femelle sur le pourcentage de fœtus vivants et morts.	159
Tableau 7.14	Effet de la position <i>in utero</i> sur le développement des fœtus et de leurs organes internes (LSM ± ES).	160
Tableau 7.15	Effet de la position intra utérine sur l'espace vital, le développement des placentas et l'efficacité placentaire (LSM ± ES).	161
Tableau 7.16	Effet de la position intra utérine sur le pourcentage de fœtus vivants et morts.	162
Tableau 7.17	Effet du sexe sur le développement des fœtus et de leurs organes internes (LSM ± ES).	162
Tableau 7.18	Effet du sexe fœtal sur l'espace vital et le développement placentaire (LSM ± ES).	163
Tableau 7.19	Effet du sexe sur le pourcentage de fœtus vivants et morts.	163
Tableau 7.20	Effet de la vascularisation sur le développement des fœtus et des organes internes (LSM ± ES).	164
Tableau 7.21	Effet de la vascularisation sur l'espace vital et le développement placentaire (LSM ± ES).	165
Tableau 7.22	Effet du nombre de vaisseaux sanguins irriguant les sites d'implantation sur le pourcentage de fœtus vivants et morts.	167
Tableau 7.23	Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les fœtus de souche synthétique (n = 223).	166
Tableau 7.24	Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les fœtus de population locale (n = 181).	170
Tableau 7.25	Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez le fœtus de souche synthétique et de population locale (n = 404).	172

Tableau 7.26	Effets de la population, de la position <i>in utéro</i> , du sexe foetal et de la vascularisation sur la composition corporelle des foetus.	175
Tableau 7.27	Effet de la population sur la composition corporelle des foetus (LSM \pm ES).	175
Tableau 7.28	Effet de la position intra uterine sur la composition corporelle des foetus (LSM \pm ES) (n = 42).	176
Tableau 7.29	Effet de la vascularisation sur la composition corporelle des foetus (LSM \pm ES) (n = 42).	178
Tableau 7.30	Effet du sexe sur la composition corporelle (LSM \pm ES).	177
Tableau 7.31	Corrélations entre les différents paramètres mesurés et la composition corporelle chez les foetus (n = 42).	180
Tableau 8.1	Les paramètres mesurés chez les lapines.	212
Tableau 8.2	Les performances moyennes des trois premières parités chez des femelles de population locale et souche synthétique (LSM \pm ES).	215
Tableau 8.3	La prolificité et ses composantes biologiques mesurées à la 3 ^{ème} parité chez les lapines de la souche synthétique et de population locale (LSM \pm ES).	221
Tableau 8.4	Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique (n = 32).	222
Tableau 8.5	Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de population locale (n = 34).	225
Tableau 8.6	Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (n = 66).	229

LISTE DES FIGURES

N°		Page
La partie bibliographique		
Figure 1.1	Effet de la taille de la portée sur la production laitière.	42
Figure 2.1	Les performances de reproduction. Ecart entre les lapines allaitantes et les lapines non allaitantes (nombre de références).	52
Figure 3.1	Vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation de la corne utérine droite d'une lapine hémiovariectomisée.	74
Figure 3.2	Représentation schématique des positions de fœtus dans un utérus.	75
La partie expérimentale		
Figure 5.1	Schéma du bâtiment cunicole	83
Figure 5.2	Le bâtiment d'élevage cunicole.	83
Figure 5.3	Salle d'engraissement.	84
Figure 5.4	Salle de maternité (I).	85
Figure 5.5	Salle de maternité (II).	86
Figure 5.6	Les cages pour mâles.	86
Figure 5.7	Les lapins de population locale.	88
Figure 5.8	Les lapins de souche synthétique.	88
Figure 6.1	Ovaires à 72 heures <i>post coïtum</i> .	94
Figure 6.2	Séparation des cornes utérines avant la récolte des embryons.	95
Figure 6.3	Collecte des embryons.	95
Figure 6.4	Ovocyte (X10).	96
Figure 6.5	Morula précoce (X10).	96
Figure 6.6	Morula compactée (X10).	97
Figure 6.7	Jeune blastocyste (X10).	97
Figure 6.8	Embryon anormal (X10).	98
Figure 6.9	Les différents stades du développement embryonnaire chez les lapines de souche synthétique et de population locale.	104
Figure 6.10	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique.	106
Figure 6.11	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la population locale.	108
Figure 6.12	Analyses en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (composante 1 et 2).	110
Figure 6.13	Analyse en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (composante 2 et 3).	112
Figure 7.1	Fixation des champs opératoires.	126
Figure 7.2	Incision du plan cutané.	127
Figure 7.3	La dilacération du plan sous-cutané à l'aide d'un	127

	ciseau de MAYO.	
Figure 7.4	Incision des muscles de l'abdomen.	128
Figure 7.5	Recherche et extériorisation de l'ovaire.	128
Figure 7.6	L'hémostase chirurgicale au moyen de deux ligatures.	129
Figure 7.7	Suture du péritoine et du muscle abdominal.	130
Figure 7.8	Suture de la peau.	130
Figure 7.9	Nettoyage de la plaie opératoire par une solution de polyvidone iodée.	131
Figure 7.10	Pulvérisation superficielle d'ALUSPRAY®.	131
Figure 7.11	Corps jaunes et follicules préovulatoires sur l'ovaire.	132
Figure 7.12	Dénombrement des vaisseaux sanguins au niveau des sites d'implantation.	133
Figure 7.13	Fœtus mort et vivant.	134
Figure 7.14	Sites d'implantation au niveau d'une corne utérine.	134
Figure 7.15	Position des fœtus au niveau de la corne utérine.	135
Figure 7.16	Détermination de la taille des fœtus à l'aide d'un pied à coulisse.	136
Figure 7.17	Le tissu adipeux brun du fœtus.	136
Figure 7.18	L'espace vital par fœtus mesuré sur la corne utérine.	137
Figure 7.19	Fœtus vivant avec ses placentas (maternel et foetal).	138
Figure 7.20	Follicule préovulatoire (H&E X 400).	140
Figure 7.21	Survie au cours des différents stades de la gestation chez les femelles de souche synthétique et de population locale.	145
Figure 7.22	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique (composantes 1 et 2).	148
Figure 7.23	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique (composantes 2 et 3).	149
Figure 7.24	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de population locale (composantes 1 et 2).	151
Figure 7.25	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de population locale (composantes 2 et 3).	153
Figure 7.26	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (composantes 1 et 2).	154
Figure 7.27	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (composantes 2 et 3).	155
Figure 7.28	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique (composantes 1 et 2).	168
Figure 7.29	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique (composantes 2 et 3).	169
Figure 7.30	Analyse en composantes principales des paramètres	171

	mesurés chez les fœtus de population locale (composantes 1 et 2).	
Figure 7.31	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de population locale (composantes 2 et 3).	173
Figure 7.32	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique et de la population locale (composantes 1 et 2).	174
Figure 7.33	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus et la composition corporelle (composantes 1 et 2).	181
Figure 7.34	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus et la composition corporelle (composantes 2 et 3).	181
Figure 8.1	Le projecteur de la lumière froide.	204
Figure 8.2	Le câble à fibre optique.	204
Figure 8.3	Structures internes et externes de l'endoscope rigide.	205
Figure 8.4	Le compresseur d'air.	206
Figure 8.5	L'aspect du ventre après rasage.	206
Figure 8.6	Désinfection du matériel utilisé pour l'endoscopie.	206
Figure 8.7	Ensemble des pièces utilisées pour l'endoscopie.	207
Figure 8.8	Méthode de vidange de la vessie.	207
Figure 8.9	Attachement et mobilisation de la femelle sur une table d'endoscopie.	208
Figure 8.10	Etapes de l'asepsie.	208
Figure 8.11	Insufflation du CO ₂ .	209
Figure 8.12	Etapes de la mise en place du premier trocart.	210
Figure 8.13	Etapes de mise en place du deuxième trocart.	211
Figure 8.14	Observation du tractus génital.	211
Figure 8.15	Soins postopératoires.	212
Figure 8.16	L'évolution du poids moyen à la saillie des femelles des deux génotypes en fonction de leur parité.	216
Figure 8.17	La variation du poids des femelles avant la saillie en fonction de leur état physiologique (allaitante ou non allaitante).	217
Figure 8.18	La taille de la portée moyenne des nés totaux chez les femelles de souche synthétique et de population locale algérienne.	218
Figure 8.19	La taille de la portée des nés vivants chez les femelles de souche synthétique et de population locale.	218
Figure 8.20	Survie au cours des différents stades de la gestation chez les femelles de souche synthétique et de population locale.	220
Figure 8.21	Taille de la portée chez les femelles de souche synthétique et de population locale.	221
Figure 8.22	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique	224

	(composantes 1 et 2).	
Figure 8.23	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique (composantes 2 et 3).	226
Figure 8.24	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la population locale (composantes 1 et 2).	228
Figure 8.25	Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la population locale (composantes 2 et 3).	228
Figure 8.26	Analyse en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (composantes 1 et 2).	231
Figure 8.27	Analyse en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (composantes 2 et 3).	231

TABLES DES MATIERES

RESUME	02
ABSTRACT	04
REMERCIEMENTS	06
TABLE DES MATIERES	11
LISTE DES TABLEAUX	19
LISTE DES FIGURES	22
INTRODUCTION	26
1. LA PROLIFICITE ET SES FACTEURS DE VARIATION	31
1.1. La prolificité	31
1.1.1. La taille de la portée à la naissance	31
1.1.2. Le nombre de lapereaux nés vivants par portée	33
1.1.3. La mortalité	33
1.2. Facteurs de variation de la prolificité	35
1.2.1. L'effet des composantes de l'état physiologique de la femelle	35
1.2.1.1. La parité	35
1.2.1.2. L'allaitement	36
1.2.1.3. La réceptivité	37
1.2.2. L'effet du rythme de reproduction	38
1.2.3. Les facteurs de l'environnement	39
1.2.3.1. La saison	39
1.2.3.2. L'éclairage et la photopériode	40
1.2.3.3. L'alimentation	40
1.2.4. L'interaction génotype-milieu	41
1.2.5. L'effet de la taille de portée sur certains paramètres	41
1.2.5.1. La mortalité à la naissance	41
1.2.5.2. La production et la consommation de lait	42
1.2.5.3. Le poids corporel et le gain de poids	42
1.2.5.4. Les performances des lapines	43
2. LES COMPOSANTES BIOLOGIQUES DE LA PROLIFICITE ET LEURS FACTEURS DE VARIATION	44
2.1. Le taux de fertilisation et ses facteurs de variation	46

2.1.1. Le taux de fertilisation	46
2.1.2. Les principaux facteurs de variation	46
2.1.2.1. Le stade physiologique	46
2.1.2.2. La réceptivité	46
2.1.2.3. La lactation	47
2.1.2.4. La parité	48
2.1.2.5. Le milieu utérin	48
2.1.2.6. Le génotype	48
2.1.2.7. La photopériode	49
2.2. Le taux d'ovulation et ses facteurs de variation	49
2.2.1. Le taux d'ovulation	49
2.2.2. Les principaux facteurs de variation du taux d'ovulation	50
2.2.2.1. Le stade <i>post partum</i>	50
2.2.2.2. La réceptivité	50
2.2.2.3. La parité	50
2.2.2.4. L'allaitement	51
2.2.2.5. Le rythme de reproduction	53
2.2.2.6. Le statut énergétique	53
2.2.2.7. Le poids de la femelle avant la saillie	54
2.2.2.8. Le type génétique	54
2.2.2.9. La saison et la photopériode	55
2.2.2.10. L'alimentation	55
2.2.3. L'effet de la sélection sur le taux d'ovulation	56
2.3. La mortalité embryonnaire et fœtale	57
2.3.1. La répartition de la mortalité au cours de la gestation	58
2.3.1.1. Les pertes avant l'implantation	58
2.3.1.2. Les pertes durant la placentation	58
2.3.1.3. Les pertes post placentation	59
2.3.2. Les principaux facteurs de variation	60
2.3.2.1. La parité	60
2.3.2.2. Le rythme de reproduction	61
2.3.2.3. L'allaitement	61
2.3.2.4. Le génotype	63

2.3.2.5. Le milieu utérin et la qualité ovocytaire	64
2.3.2.6. La vascularisation utérine	64
2.3.2.7. L'espace vital	65
2.3.2.8. La position intra utérine et le nombre de fœtus par corne	65
2.3.2.9. La qualité de la semence	65
2.3.2.10. L'alimentation	65
2.3.2.11. La température	66
3. CAPACITE UTERINE ET POSITION <i>IN UTERO</i>	68
3.1. La capacité utérine	68
3.1.1. Définition de la capacité utérine	68
3.1.2. Méthodes de mesures de la capacité utérine	69
3.2. L'ovariectomie unilatérale (OUL) et ses effets sur les paramètres de reproduction	70
3.2.1. La croissance folliculaire	70
3.2.2. Le poids et la taille de la portée	70
3.2.3. La survie prénatale	71
3.2.4. Le développement des placentas et la vascularisation	72
3.2.5. L'espace vital	72
3.3. La sélection sur la capacité utérine	73
3.4. La position <i>in utéro</i> et ses effets sur les paramètres de reproduction.	74
3.4.1. La position <i>in utéro</i>	74
3.4.2. Les effets de la position <i>in utéro</i>	75
3.4.2.1. Le développement fœtal et placentaire	75
3.4.2.2. La physiologie de la reproduction	76
3.4.2.3. La morphologie	77
3.4.2.4. Le comportement sexuel	78
CONCLUSION DE LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	80
4. OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION	82
5. CONDITIONS EXPERIMENTALES COMMUNES AUX ESSAIS	83
5.1. Le bâtiment et le matériel d'élevage	83
5.2. Les animaux	87
5.2.1. Les lapins de population locale	87

5.2.2. Les lapins de la souche synthétique	88
5.3. L'alimentation	88
5.4. Saillie et évaluation de la réceptivité	89
6. EXPERIENCE 1	92
6.1. L'objectif	92
6.2. Matériel et méthodes	92
6.2.1. Durée et paramètres d'ambiance de l'expérimentation	92
6.2.2. Les animaux	92
6.2.3. Le protocole expérimental	93
6.2.3.1. La saillie	93
6.2.3.2. Abattage des femelles	94
6.2.3.3. Taux d'ovulation et caractéristiques des ovaires	94
6.2.3.4. Lavage des cornes utérines et récolte d'embryons	94
6.2.3.5. Identification et classification des embryons	96
6.2.3.5.1. Ovocytes	96
6.2.3.5.2. Morula précoce	96
6.2.3.5.3. Morula compactée	97
6.2.3.5.4. Jeune blastocyste	97
6.2.3.5.5. Embryon anormal	98
6.2.3.5.6. Les paramètres mesurés et calculés	98
6.3. Analyse statistique	100
6.3.1. La taille de la portée	100
6.3.2. Les paramètres mesurés au moment de l'abattage	100
6.4. Résultats	102
6.4.1. Taille de portée, ovulation et caractéristiques des embryons	102
6.4.2. Corrélations entre les différents paramètres étudiés	104
6.4.2.1. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique	104
6.4.2.2. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de population locale	107
6.4.2.3. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les deux groupes de lapines	108
6.5. Discussion	113

6.6. Conclusion	120
7. EXPERIENCE 2	122
7.1. L'objectif	122
7.2. Matériel et méthodes	122
7.2.1. La durée de l'expérimentation et paramètres d'ambiance	122
7.2.2. Les animaux	122
7.2.3. La conduite expérimentale	124
7.2.3.1. L'ovariectomie unilatérale	12
7.2.3.1.1. Préparation de l'animal	125
7.2.3.1.2. Technique opératoire	125
7.2.3.1.2.1. La laparotomie	126
7.2.3.1.2.2. Recherche et extériorisation de l'ovaire	128
7.2.3.1.2.3. L'exérèse de l'ovaire	129
7.2.3.1.2.4. Suture de la paroi abdominale	129
7.2.3.1.2.5. Les soins post opératoires	130
7.2.3.2. La mise à la reproduction et le contrôle des performances zootechniques	131
7.2.3.3. Mesure de la capacité utérine	131
7.2.3.3.1. Les caractéristiques de l'ovaire	132
7.2.3.3.2. Etude de la vascularisation	132
7.2.3.3.3. Etude de l'implantation et du développement foetal	133
7.2.3.3.4. Le prélèvement du liquide amniotique	134
7.2.3.3.5. Etude des effets de la position intra utérine	135
7.2.3.3.6. Etude des caractéristiques fœtales	135
7.2.3.3.7. Calcul de l'espace vital	136
7.2.3.4. Les paramètres mesurés et calculés chez la femelle et chez les fœtus	138
7.2.3.5. Etude histologique des ovaires	140
7.2.3.6. Détermination de la composition corporelle des fœtus	140
7.3. Analyse statistique	141
7.3.1. Paramètres mesurés chez la femelle	141
7.3.2. Paramètres mesurés chez les fœtus	142

7.3.3. Analyse de la composition corporelle fœtale	142
7.4. Résultats	143
7.4.1. Paramètres mesurés chez la femelles uniovariectomisée	143
7.4.1.1. La taille de la portée	143
7.4.1.2. Ovulation, implantation et caractéristiques des fœtus	143
7.4.1.3. Survie au cours de la gestation	145
7.4.1.4. Les caractéristiques des cornes utérines	145
7.4.1.5. Etude de la relation entre les paramètres mesurés chez les lapines	146
7.4.1.5.1. Femelles de souche synthétique	146
7.4.1.5.2. Femelles de population locale	149
7.4.1.5.3. Femelles de la souche synthétique et de population locale	153
7.4.2. Paramètres mesurés chez les fœtus	155
7.4.2.1. Effet du génotype de la femelle	156
7.4.2.1.1. Effet sur le développement fœtal	156
7.4.2.1.2. Effet sur l'espace vital et le développement des placentas	157
7.4.2.1.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants	158
7.4.2.2. Effet de la position intra utérine	159
7.4.2.2.1. Effet sur le développement fœtal	159
7.4.2.2.2. Effet sur l'espace vital et le développement des placentas	160
7.4.2.2.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants	161
7.4.2.3. Effet du sexe fœtal	162
7.4.2.3.1. Effet sur le développement fœtal	162
7.4.2.3.2. Effet sur le développement des placentas et sur l'espace vital	162
7.4.2.3.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants	163
7.4.2.4. Effet de la vascularisation	163
7.4.2.4.1. Effet sur le développement fœtal	163
7.4.2.4.2. Effet sur l'espace vital et le développement des placentas	165
7.4.2.4.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants	167

7.4.2.5. Etude de la relation entre les paramètres mesurés chez les fœtus	167
7.4.2.5.1. Fœtus de la souche synthétique	167
7.4.2.5.2. Fœtus de population locale	169
7.4.2.5.3. Fœtus de souche synthétique et de population locale	173
7.4.3. Etude de la composition corporelle des fœtus	174
7.4.3.1. Effet de la population	175
7.4.3.2. Effet de la position intra utérine	177
7.4.3.3. Effet de la vascularisation	177
7.4.3.4. Effet du sexe fœtal	177
7.4.3.5. Eude de la relation entre les différents paramètres mesurés chez les fœtus et la composition corporelle	179
7.5. Discussion	182
7.6. Conclusion	198
8. EXPERIENCE 3	201
8.1. L'objectif	201
8.2. Matériel et méthodes	201
8.2.1. La durée de l'expérimentation et paramètres d'ambiance	201
8.2.2. Les animaux	201
8.2.3. La conduite expérimentale	202
8.2.3.1. La mise à la reproduction et le contrôle des performances zootechniques	203
8.2.3.2. L'endoscopie	203
8.2.3.2.1. La description de l'endoscope	203
8.2.3.2.2. Phase préopératoire	206
8.2.3.2.3. Phase opératoire	207
8.2.3.2.4. Les soins post opératoires	211
8.2.4. Les paramètres mesurés et calculés	212
8.3. Analyse statistique	213
8.4. Résultats	216
8.4.1. Les performances zootechniques des femelles	216
8.4.2. Les composantes biologiques de la prolificité	219

8.4.3. Etude des relations entre la prolificité et ses composantes biologiques	223
8.4.3.1. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les lapines de souche synthétique	223
8.4.3.2. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les lapines de population locale	226
8.4.3.3. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les deux groupes de lapines	228
8.5. Discussion	233
8.6. Conclusion	239
8. DISCUSSION GENERALE	240
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	244
APPENDICES	
A. Liste des abréviations	247
B. PROTOCOLE D'ANALYSE DES ALIMENTS	248
C. TECHNIQUE DE LA REALISATION DES COUPES HISTOLOGIQUES	258
D. ANALYSE DE LA COMPOSITION CORPORELLE	261
REFERENCES	264

INTRODUCTION

Situation de la cuniculture...

...Hausse de la production mondiale

Selon les statistiques les plus récentes de **la FAO** [1], la production mondiale de viande de lapin est estimée à **1,8 million de tonnes**, soit une hausse de **17 % en 5 ans**, essentiellement due au développement de la production chinoise (**+ 25 % depuis 2008**). **Le continent asiatique est la première zone productrice du monde** avec **49 %** de la production totale (Chine avec 735 000 tonnes et 40 % de la production mondiale), suivie par l'Union Européenne avec près de 489 000 tonnes (27 %), et l'Amérique du Sud avec près de 330 000 tonnes. La production est concentrée dans un petit nombre de pays : Chine, Venezuela, Italie, Corée, Espagne, Egypte, France et République tchèque [1].

L'augmentation de la production cunicole est liée principalement à **la modernisation rapide des systèmes d'élevage**, à la mise en place **d'une organisation de la filière** et **l'émergence d'attentes sociétales** concernant les modes d'élevage, de transport et d'abattage des animaux. Elle est due également à la consommation de **la viande de lapin plus importante** qui suscite une demande, une gamme de produits prêts à cuire référencés par la grande distribution [2].

Par ailleurs, la promotion de la cuniculture se justifie par les avantages qu'offre l'élevage du lapin par rapport à d'autres animaux d'élevage. 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 [3,4]. En plus, réputée en tant que viande noble à l'échelle mondiale, la viande de lapin est connue pour ses vertus nutritives. Elle est riche en protéines, en vitamines, en

oméga 3 et en sélénium, et relativement pauvre en graisses et en cholestérol (58mg/100g) [5].

La cuniculture maghrébine...

...Filière marginalisée et une production faible

Dans les pays du Maghreb, la cuniculture reste toujours une activité rurale avec une production faible. **En Tunisie**, la viande de lapin occupe le 5^{ème} rang en termes de consommation après les viandes de volaille, bovine, ovine et cameline. La production annuelle de la viande de lapin a atteint 2256 tonnes en 2012. Elle est absorbée essentiellement par le secteur de l'hôtellerie et l'armée nationale. Le nombre d'élevages et d'abattoirs est relativement faible et concentré au nord du pays (5 centres agréés de reproduction de lapin de chair d'une capacité de 25 000 unités femelles et 3 abattoirs d'une capacité de 1800 tonnes) [6].

Au Maroc, l'activité cunicole est relativement récente. En effet, jusqu'en 1985, l'élevage du lapin était une exclusivité du milieu traditionnel [7]. Il demeure une activité familiale avec des effectifs dépassant rarement 50 à 100 mères et dont les produits sont destinés principalement à l'autoconsommation. Comparé aux autres types d'élevages, il représente une activité qui demeure encore secondaire dans 96% des cas [8]. La majorité des élevages utilisent le lapin de population locale contre un faible pourcentage au profit des lapins de races étrangères, introduites au Maroc au cours des années quatre-vingt-cinq, dans le cadre de projets de développement de la production cunicole [8].

La filière cunicole en Algérie...

...Tentative de développement à l'image de la filière avicole

Selon Colin et Lebas [9], l'Algérie est parmi les pays où la cuniculture est assez importante mais reste traditionnelle et presque exclusivement vivrière, destinée presque uniquement à l'autoconsommation ou à l'approvisionnement en viande de l'environnement immédiat de l'éleveur (famille, voisinage...). Une enquête de la FAO, réalisée en 1980, a montré que la production de viande du lapin est de 1000

tonnes /an. Cependant, les dernières statistiques de la FAO évaluent la production annuelle de viande à 7000 tonnes /an [10].

En Algérie, le développement de la filière cunicole basée sur **l'importation des souches hybrides** a été mise en place dans les années **1985 et 1988**. L'objectif était d'intensifier la production afin d'assurer l'approvisionnement régulier des marchés urbains en protéines animales et de moindre coût. Cette tentative a échoué en raison de nombreux facteurs dont la méconnaissance de l'animal, l'absence d'un aliment industriel et de programme prophylactique. Cette situation s'est aggravée par l'érosion de la population locale, résultat du remplacement de celle-ci par les hybrides commerciaux utilisés en production intensive et les croisements avec des races importées. Après cet échec, une nouvelle stratégie de développement de la production cunicole utilisant le lapin de population locale est proposée comme alternative. Cependant, l'utilisation du lapin local doit être basée sur une logique d'ensembles comprenant, en premier lieu, son identification de point de vue morphologique, la connaissance de ses aptitudes biologiques et zootechniques et son adaptation au milieu. Ceci peut aider et contribuer au montage des programmes de sélection et des systèmes de production adéquats. C'est ainsi que depuis 1990, l'Institut Technique des Elevages (ITELV) et certaines Universités, notamment celle de Tizi-Ouzou ont mis en place des programmes de caractérisation de ces populations et de contrôle de leurs performances.

Le lapin de population locale Algérienne présente **plusieurs phénotypes** résultant des croisements intempestifs et parfois volontaristes avec des races étrangères introduites en Algérie, au cours des années soixante-dix, dans le cadre de projets de développement rural (Néo-zélandaise, Californienne, Fauve de Bourgogne, Géant des Flandres, Géant d'Espagne) et entre 1985 et 1989 (Hybrides commerciaux : Hyla et Hyplus). Sur le plan des performances, **le lapin local est caractérisé par un poids adulte de 2,8 kg**, qui le classe dans le groupe des **races légères** [11,12,13]. Par ailleurs, d'autres travaux ont mis en évidence 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**, pour être utilisé tel quel dans les élevages producteurs de viande. Il

convenait donc de définir un programme d'amélioration génétique permettant d'augmenter ses faibles performances tout en conservant ses qualités d'adaptation [14,15,16,17,18,19].

Nouvelle stratégie du développement cunicole en Algérie...

...Création des souches synthétiques

La création des souches synthétiques, adoptée comme ***une nouvelle stratégie d'amélioration génétique en cuniculture***, a été réalisée dans les pays à climat chaud, à l'exemple de l'Egypte et de l'Arabie Saoudite [20,21]. Ces souches, créées par croisement entre les lapins de population locale et des races ou souches étrangères [21], montrent ***une production améliorée et une bonne adaptation au stress thermique*** [22]. De plus, elles permettent d'exploiter la complémentarité entre les populations d'origine, tout en conservant la moitié de l'hétérosis [23].

Afin de développer la production de viande de lapin en Algérie, ***une souche synthétique a été créée depuis 2003***. Cette dernière est obtenue par croisement entre les lapines de population locale avec la souche INRA 2666 (France), au niveau de l'Institut Technique des Elevages [24]. Après plusieurs générations d'homogénéisation et de sélection, Zerrouki *et al.* [25] soulignent que ***la taille de la portée à la naissance est de plus 28% chez les femelles de la souche synthétique***, indiquant une nette amélioration de celle-ci.

Chez les espèces polytoques, la taille de la portée est un phénomène complexe. Elle est liée à ***l'ovulation***, à ***la fertilisation***, au ***développement*** et à ***la survie embryonnaire et fœtale*** [26]. En général, le taux de fertilisation est élevé chez le lapin [27], de ce fait, il ne constitue pas un facteur limitant de la taille de la portée. Cependant, 30 à 40% des ovules libérés ne donnent pas de fœtus à terme, en raison des pertes embryonnaires ou fœtales observées au cours de la gestation [28]. Par ailleurs, la capacité utérine, définie comme étant le maximum de fœtus que la femelle peut mener à terme, lorsque le taux d'ovulation n'est pas un facteur

limitant, peut influencer le développement foetal et participe ainsi dans l'accroissement de la mortalité prénatale [29,26].

Un tel constant pourrait suggérer que l'importante taille de la portée à la naissance, observée chez les lapines de souche synthétique, pourrait être liée à une différence dans l'une ou plusieurs composantes biologiques de la prolificité (taux d'ovulation, le développement embryonnaire précoce, la mortalité prénatale et la capacité utérine), d'où l'objectif de notre étude.

Dans ce manuscrit, nous présenterons un état des connaissances sur la prolificité et ses facteurs de variation chez la lapine ainsi que les composantes biologiques de celle-ci et leurs facteurs de variation, complété par l'étude de la capacité utérine et les effets de la position *in utero* du foetus. La partie expérimentale comprendra la description du matériel et des méthodes mis en œuvre pour la réalisation de ce travail, ainsi que les résultats obtenus et leurs discussions à l'issue de la mise en place de trois expérimentations. Enfin, nous terminerons par une discussion générale ainsi qu'une conclusion qui inclura les perspectives à développer.

CHAPITRE 1

LA PROLIFICITE ET SES FACTEURS DE VARIATION

1.1. La prolificité :

La prolificité est le nombre de lapereaux nés par mise bas [30,31]. Elle résulte d'une série d'événements, qui vont de la maturation des gamètes jusqu'à la naissance : ovulation, fertilisation, développement embryonnaire et foetal [32,33,34].

1.1.1. La taille de la portée à la naissance :

La population locale algérienne de lapin se caractérise par une prolificité relativement moyenne à la naissance. D'après les travaux réalisés par Remas [35], Saidj [36], Moulla et Yakhlef [19], Mazouzi *et al.* [37] et Fellous *et al.* [38], le nombre total de lapereaux nés par portée est en moyenne de 7,4. Ces résultats sont nettement supérieurs à ceux obtenus sur des femelles de même origine mais exploitées à un niveau fermier avec une moyenne de 5 [39,40,41]. Par ailleurs, comparée aux deux autres types génétiques composant les élevages cunicoles algériens, la prolificité des lapines de population locale est similaire à celle des lapines de souche blanche (hybrides commerciaux importés entre 1985 et 1989), de l'ordre de 7,1 [42,43]. Elle est cependant inférieure à celle des lapines de souche synthétique (dénommée Itelv 2006 ; issues d'un croisement femelles de population locale algérienne et les mâles de la souche INRA 2666) estimée à 8,7 lapereaux [24,25,44].

La population locale algérienne, élevée en élevage rationnel, montre une prolificité meilleure que celle enregistrée chez les lapines de population locale du Maroc, de l'Egypte, du Bénin et du Liban (5,7 en moyenne) [45,46,47,48,49,50,51]. Toutefois, elle est inférieure à celle des races européennes notamment le Fauve de Bourgogne [52], le Géant d'Espagne [53] et le Gris de Carmagnola [54], estimée en moyenne à 8,8. Par ailleurs, les souches sélectionnées à l'exemple d'INRA 2066 [55], Hyplus [56] et les femelles croisées hongroises [57] se distinguent par des

prolificités encore supérieures avoisinant en moyenne 10,5 lapereaux par portée (Tableau1.1).

Tableau 1.1 : Taille de la portée en fonction de l'origine de l'animal
(Synthèse des références bibliographiques)

Auteurs	Origine de l'animal	Taille de la portée
Remas [35]	Population locale (Algérie)	7,4
Saidj [36]	Population locale (Algérie)	7,2
Moulla et Yakhlef [19]	Population locale (Algérie)	7,1
Fellous <i>et al.</i> [38]	Population locale (Algérie)	7,8
Mazouzi [37]	Population locale (Algérie)	7,3
Gacem et Bolet [24]	Souche synthétique (Itelv)	8,04
Zerrouki <i>et al.</i> [25]	Souche synthétique (Itelv)	9,55
Chibah-Ait Bouziad et Zerrouki-Daoudi [44]	Souche synthétique (Itelv)	8,18
Bouzekraoui [46]	Population locale (Tadla, Maroc)	6,2
Barkok et Jaouzi [47]	Population locale (Zemmouri, Maroc)	6,7
Khalil [48]	Giza White (Egypte)	6,7
Khalil [49]	Baladi White (Egypte)	5,3
Afifi [45]	Gabali (Egypte)	6,3
Hajj [50]	Population locale (Liban)	5
Akapo <i>et al.</i> [51]	Population locale (Bénin)	5,7
Bolet [51]	Fauve de Bourgogne (France)	9
Lopez et Sierra [53]	Géant d'Espagne	8,8
Lazzaroni [54]	Gris de Carmagnola (Italie)	8,5
Bolet [55]	INRA2066 (France)	10
Verdelhan <i>et al.</i> [56]	Hyplus (France)	10,6
Matics <i>et al.</i> [57]	Femelles croisées (Hongrie)	11

1.1.2. Le nombre de lapereaux nés vivants par portée :

Selon Zerrouki *et al.* [17], les résultats obtenus en station expérimentale sur des lapines de population locale, montrent que sur une portée totale de 7,2 lapereaux, seul 6,1 naissent vivants. Cette valeur est similaire à celle enregistrée chez la lapine de population locale au Bénin (6 lapereaux) [51]. En revanche, le nombre de lapereaux vivants est nettement amélioré chez la femelle de souche synthétique (Itelv 2006) de 8,7 [25].

En Europe, le lapin Gris de Carmagnola d'Italie, présente un nombre moyen de nés vivants par portée de 7 sur 7,7 nés totaux, représentant 91% de la totalité de la portée [58], alors que l'Argenté de Champagne et le Géant Flemish enregistrent des proportions respectives de 87 et 89% [59,60]. Chez les souches sélectionnées, à l'exemple de Hyla, le nombre de lapereaux nés vivants par portée est supérieur à 10 lapereaux [61]. Toutefois, dans les conditions d'élevage tunisiennes, cette même souche présente une prolificité de 7,8 sur 8,5 nés totaux [62].

1.1.3. La mortalité :

Dans les élevages, la mortalité des lapereaux dépend de la qualité maternelle des lapines, de la taille de portée et du poids des lapereaux à la naissance [63]. Chez la population locale, plusieurs travaux montrent que la mortalité est en moyenne 16 % avec cependant une grande variabilité (**Tableau 1.2**) [39,64,35,17,19]. Cette dernière serait liée à la perte de portées entières à la naissance chez certaines femelles ayant un comportement maternel déficient (mises bas sur le grillage de la cage, abandon des portées et cannibalisme) et aux mauvaises conditions d'ambiance. Cependant, les femelles de la souche Itelv 2006 montrent une mortalité inférieure à celle des femelles de population locales (11,3%) [22].

La mortalité chez les lapines de population locale algérienne est supérieure à celle enregistrée chez les populations locales du Bénin, de l'Egypte et du Maroc (3,5 ; 5,4 et 11,8 % en moyenne) [48,49,47,46,51]. Cette mortalité est nettement supérieure à celles des races européennes notamment le Fauve de Bourgogne et le Chinchilla (France) [65] et aux souches (Caldes et Prat) et aux lignées (lignée A et lignée V) d'origine Espagnole [66,67,68,69] (**Tableau 1.2**).

Tableau 1.2 : Variation de la mortinatalité en fonction de l'origine de l'animal
(Synthèse des résultats bibliographiques)

Auteurs	Origine de l'animal	Mortinatalité (%)
Remas (2001)	PL (Algérie)	13,6
Berchiche et Zerrouki [39]; Berchiche et Kadi [64]	PL (Algérie)	12,8
Zerrouki <i>et al.</i> [17]	PL (Algérie)	16,4
Moulla et Yakhlef [19]	PL (Algérie)	21
Khalil [48]	Baladi (Egypte)	5,6
Khalil [49]	Giza White (Egypte)	5,2
Barkok et Jaouzi [47]	Zemmouri (Maroc)	14,3
Bouzekraoui [46]	Tadla (Maroc)	9,2
Akapo <i>et al.</i> [51]	PL (Bénin)	3,54
Bolet <i>et al.</i> [65]	Fauve de Bourgogne (France)	1,3
Bolet <i>et al.</i> [65]	Chinchilla (France)	0,8
Gomez <i>et al.</i> [66]	Souche Caldes (Espagne)	7,6
Gomez <i>et al.</i> [67]	Souche Prat (Espagne)	4,3
Baselga [68]	Lignée A (Espagne)	6,9
Baselga [69]	Lignée V (Espagne)	5,8

PL : Population locale.

Par ailleurs, selon Belhadi *et al.* [15], la saison a un effet significatif sur la mortinatalité chez la lapine de population locale algérienne. Le taux le plus élevé est observé en automne avec 19,7%, ce qui correspond à des valeurs importantes des nés totaux comparées à celles obtenues en période froide (hiver) qui est de 16,7%.

La parité de la femelle constitue un autre facteur exerçant un effet très significatif sur la mortinatalité. En effet, le nombre de nés morts diminue de 0,13 lapereau de la première à la seconde parité, pour devenir constant par la suite [70].

1.2. Facteurs de variation de la prolificité:

L'héritabilité de la taille de portée est faible et varie entre 0,1 et 0,2 [71,72,73,74,75,76]. Cette faible héritabilité signifie que la taille de portée est influencée par divers facteurs.

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

1.2.1.1. La parité :

La taille de la portée de la lapine, durant sa première mise bas, est faible à celle des parités suivantes [77,78,79,80,81,82,83,84,85,86]. La taille de la portée la plus importante peut être enregistrée soit à la 2^{ème} ou 3^{ème} parité selon Van Den Van Den *et al.* [87] et Baselga *et al.* [72] ou encore à la 3^{ème} ou 4^{ème} parité [88,89,90,91] pour diminuer graduellement. Selon Theau-Clément *et al.* [92], chez les femelles Hyplus, le nombre de lapereaux nés par portée évolue de 8,9 chez les nullipares à 11,4 chez les primipares, pour atteindre 11,9 chez les multipares. L'amélioration de la prolificité enregistrée à partir de la 2^{ème} parité est probablement liée à un meilleur état corporel et un milieu utérin favorable pendant le développement de la gestation [93,94,95]. L'évolution de la taille de la portée en fonction de la parité présente une phase ascendante jusqu'à atteindre un pic, suivi d'une phase descendante (**Tableau 1.3**) :

- **Phase ascendante :**

Selon Perrier *et al.* [96] (1998), pour le même génotype, la prolificité chez les lapines nullipares est modeste (8,5 nés vivants) comparée aux parités suivantes (minimum 10,5). Au cours de la vie reproductive, les lapines primipares présentent une prolificité faible mais elle reste toujours supérieure à celle des lapines nullipares. En effet, la taille de la portée augmente entre la première et la deuxième parturition de 18%, puis de 6% entre la seconde et la troisième parturition [51]. Lebas *et al.* [97] démontrent que la taille de la portée augmente de 10 à 20 % entre la première et la deuxième parité.

- **Le pic :**

La parité pour laquelle le maximum du nombre de lapereaux est atteint varie selon les données de la littérature. Hulot et Matheron [89] et Argente *et al.* [98]

rapportent que la taille de la portée maximale est atteinte vers la troisième parité, par contre, d'autres auteurs observent le maximum vers la quatrième voire même la cinquième parité [93,99,100,70,101].

- **Phase descendante :**

Après le pic, la diminution de la taille de la portée est nette et régulière. Selon Varga *et al.* [102], entre le 8^{ème} et le 13^{ème} mois d'âge, la taille de la portée à la naissance diminue de 10 % et serait dû au vieillissement de l'appareil génital de la lapine.

Tableau 1.3 : Evolution de la taille de la portée (nés vivants par mise bas) à la naissance en fonction de la parité (Synthèse des références bibliographiques)

	Numéro de la parité				
	1	2	3	4	5 et plus
Ouyed <i>et al.</i> [101] (Race Californienne)	8,5	8,9	9,0	8,8	8,6
Zerrouki <i>et al.</i> [103] (Population locale algérienne)	6,6	6,8	7,9	7,7	7,25
Akapo <i>et al.</i> [51] (Population locale Béninoise)	5,1	6	6,3	6,1	6,3

1.2.1.2. L'allaitement :

La lapine peut être fécondée juste après la mise bas et être simultanément gestante et allaitante. D'une manière générale, la lactation a un effet négatif sur les performances de reproduction à savoir, le pourcentage des femelles ovulant (- 26 %) et la viabilité fœtale (- 10 %) [104,105,106]. Lorsque les femelles sont saillies pendant la lactation, la mortalité prénatale, augmente conséquence de la superposition entre la lactation et la gestation, ce qui se traduit par une taille de portée faible à la naissance [107,108].

L'hyperprolactinémie et la faible progestéronémie, associées à un déficit énergétique engendré par la production laitière, semblent être les principaux

facteurs à l'origine de la détérioration des performances chez les lapines concurremment gestantes et allaitantes [108]. Ces effets sont surtout observés chez les primipares [109], et seraient liés à la faible disponibilité des nutriments nécessaires pour assurer simultanément la production laitière, la croissance corporelle et la gestation [110].

Par ailleurs, la consommation d'aliment augmente rapidement après la mise bas (60 à 70 %), mais reste insuffisante pour couvrir tous les besoins [105,106,61,111]. Le bilan énergétique de la femelle simultanément gestante et allaitante est hautement négatif, suite à l'utilisation compétitive des nutriments entre l'utérus gravide et la glande mammaire [112,113,107]. Chez les lapines de population algérienne, la plus faible taille de portée à la naissance est observée chez les lapines primipares allaitantes [15] (**Tableau 1.4**).

Tableau 1.4. : Variation de la prolificité à la naissance chez les lapines locales algériennes en fonction du stade physiologique [15]

Stade physiologique	Nés totaux	Nés vivants	Sevrés à j30
Nullipares	7,2	6,5	5,8
Primipares allaitantes	6,8	6,8	5,6
Primipares non allaitantes	9,1	7,8	6,9
Multipares allaitantes	7,6	7,0	6,2
Multipares non Allaitantes	7,6	6,6	6,2

1.2.1.3. La réceptivité :

L'effet de la réceptivité sur la prolificité ne se pose qu'en insémination artificielle, puisque en saillie naturelle seules les femelles réceptives sont saillies. Selon Rodriguez De Lara et Fellas [114], les lapines réceptives ont une prolificité plus élevée que les lapines non réceptives au moment de l'insémination quel que soit leur rythme de reproduction. En effet, les lapines non réceptives inséminées à J4 ou J10 *post partum*, ont une taille de portée plus faible que les femelles réceptives

inséminées aux mêmes stades [115]. Aussi, le nombre des nés totaux est plus élevé chez les femelles réceptives comparées aux non réceptives [108], lié à un nombre élevé de follicules préovulatoires et par conséquent une meilleure ovulation [116].

1.2.2. L'effet du rythme de reproduction :

Les résultats concernant l'effet du rythme de reproduction sur la taille de la portée, sont contradictoires. Plusieurs travaux montrent que le rythme de reproduction influence non seulement la prolificité mais plusieurs paramètres de reproduction. En effet, un rythme intensif (saillie le jour de la mise bas) augmente la production annuelle des lapereaux mais diminue la taille de la portée, le taux de fertilité et la durée de la vie reproductive des femelles. En revanche, le rythme semi-intensif (saillie à 12 jours *post partum*) donne des résultats intermédiaires alors que le rythme extensif (saillie le jour de sevrage), améliore la prolificité, l'état corporel des femelles et la durée de leur vie reproductive [105]. Chez les lapines gestantes et allaitantes (saillies selon un rythme intensif ou semi-intensif), une compétition dans l'utilisation des nutriments s'observe entre l'utérus gravide et la glande mammaire au détriment de la croissance et du développement foetal [117,118]. Toutefois, le nombre de lapereaux nés totaux et des lapereaux nés vivants sont respectivement plus élevés en rythme semi-intensif comparé au rythme extensif (8,7 vs 7,7 nés totaux ; +1,3 nés vivants) [119,120,121].

Par ailleurs, Szandro *et al.* [122], rapportent un faible nombre de mises bas et de lapereaux nés par année chez les femelles inséminées à 25 jours *post partum* comparées aux femelles conduites en rythme semi-intensif. En revanche, le taux de conception et de prolificité sont plus élevés chez les femelles inséminées à 25 jours *post partum* comparés à ceux des femelles inséminées à 11 jours *post partum* [123]. De même, Feugier et Fortun-Lamothe [124] observent une réceptivité et une prolificité élevées, ainsi qu'une faible mortalité chez les femelles conduites en rythme extensif, comparées aux femelles conduites en rythme semi-intensif. Par contre, Holdas *et al.* [125], et Colin *et al.* [126] n'observent aucune différence entre les deux rythmes de reproduction.

1.2.3. Les facteurs de l'environnement :

Pour le même sexe et la même race, les performances de la lapine sont affectées par plusieurs facteurs liés à l'environnement comme la température ambiante, l'humidité relative, la photopériode et le niveau nutritionnel [127].

1.2.3.1. La saison :

Les données relatives à l'effet de la saison sur la prolificité sont contradictoires. Plusieurs auteurs signalent que la taille de la portée à la naissance est plus importante en hiver comparée à l'été [128,129] avec cependant, une mortalité plus élevée [130,131,132,133,134,135]. Ayyat et Marai [136] estiment la taille de la portée à la naissance à 5,8 en été et 6,6 en hiver, soit une réduction de 14% en saison estivale, chez le lapin Néo-Zélandais blanc. Certaines études montrent, qu'au cours de l'année, la taille de la portée est maximale en période de printemps [137,89].

Chez les lapines de population locale algérienne, la saison de reproduction n'influence pas le nombre de lapereaux nés vivants et des nés totaux [19,43,15]. Cependant, selon Zerrouki *et al.* [17], la plus faible taille de portée à la naissance est observée pendant l'été (6,6 nés totaux et 5,4 nés vivants) mais au sevrage les différences entre les saisons sont réduites (**Tableau 1.5**).

Tableau 1.5 : Variation de la taille de la portée en fonction de la saison chez les lapines de population locale algérienne [17]

La taille de portée			
Saison	Nés vivants	Nés totaux	Sevrés à J28
Automne	6,42	7,25	5,14
Hiver	6,72	7,68	5,60
Printemps	6,03	7,37	5,55
Eté	5,44	6,63	5,06

La saison de la naissance influence la majorité des performances en raison de la variabilité de la température et de l'humidité ambiantes [138]. En effet, Torres *et al.* [139] notent un effet négatif de la chaleur sur la taille de la portée notamment

au sevrage, lié probablement à une très grande sensibilité des lapereaux aux changements climatiques durant cette phase de croissance [140]. Chez la population locale algérienne, contrairement à la taille de la portée à la naissance, la taille de la portée au sevrage est plus élevée pendant les périodes tempérées (automne et printemps ; + 0,86 de lapereau sevré) qu'en hiver.

L'exposition des femelles à des températures élevées affecte la croissance et les performances de reproduction [141]. Parmi ces dernières, chez la femelle soumise à des températures élevées, la puberté est retardée [142], l'âge à la première saillie augmente [142,143] et la prolificité diminue [144].

1.2.3.2. L'éclairage et la photopériode :

La durée d'éclairage joue un rôle important sur la reproduction de la lapine. Un programme d'éclairement de 16h/24h permet d'obtenir une activité de reproduction acceptable durant toute l'année [145]. Kamawanja et Hauser [146] constatent que l'allongement de la durée d'éclairement par jour, s'accompagne d'un accroissement du taux de conception, du nombre de lapereaux produits, de meilleures qualités maternelles et une réduction de la mortalité. En revanche, une durée d'éclairement réduite par jour peut être responsable d'un échec dans la fécondation et/ou d'une mortalité embryonnaire précoce élevée.

1.2.3.3. L'alimentation :

Brecchia *et al.* [147], ont mis en évidence l'effet défavorable de la restriction alimentaire sur les performances de reproduction. Une restriction de 24 heures avant l'insémination, entraîne une réduction de la réceptivité (55,8 vs 70,9%) et de la fertilité (42,8 vs 59,2%) et par conséquent, une réduction du nombre lapereaux nés vivants (6,6 vs 7,7).

Par ailleurs, chez les futures reproductrices, une ration riche en énergie entraîne un engraissement excessif provoquant des problèmes de mise bas et une diminution de la taille de la portée [148], liée à une mortalité foetale observée au cours de la gestation [149], suivie d'une importante mortinatalité. 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. Ces résultats sont en contradiction avec ceux rapportés par Lebas [150] ; Effiong et Wogar [151] et Iheukwumere [152] qui suggèrent qu'une augmentation de la consommation alimentaire ou de la qualité de l'aliment améliore la taille de portée, le maintien de la gestation et la production laitière. Enfin, une supplémentation en méthionine ou en enzymes exogènes avant la saillie, améliore la taille et le poids de la portée à la naissance, réduit le taux de mortalité et augmente la concentration sanguine en IGF-I chez la lapine [153,154].

1.2.4. L'interaction génotype-milieu :

La prolificité d'une lapine dépend de son génotype et du milieu dans lequel elle évolue. Chez les lapines de population locale élevées dans des conditions expérimentales, le nombre de lapereaux nés totaux et de nés vivants est respectivement 7,3 et 6,4 en moyenne [18,155]. Lorsque cette population est élevée dans des conditions fermières, le nombre des lapereaux nés totaux et nés vivants diminue pour atteindre respectivement 5,1 et 4,8 [40].

1.2.5. L'effet de la taille de portée sur certains paramètres :

1.2.5.1. La mortalité à la naissance :

La relation entre la taille de la portée à la naissance et la mortalité des lapereaux avant sevrage n'est pas très claire. En effet, la corrélation entre ces deux dernières est faible [98,156] voire nulle [70]. La taille de la portée semble donc ne pas influencer la survie des lapereaux, car la mortalité est observée aussi bien chez les portées nombreuses que chez les faibles portées [157]. Pour ces dernières, l'augmentation de la mortalité est liée à la perte intégrale des lapereaux durant la période d'allaitement, alors que dans les portées nombreuses, elle serait due à la faible viabilité des lapereaux ayant un poids léger à la naissance [158,159]. Perrier *et al.* [160] rapportent qu'une augmentation de la taille de la portée tend à accroître la mortalité des lapereaux sous la mère de 9,2 à 15,3 % respectivement pour des portées de 9 et 12 lapereaux.

1.2.5.2. La production et la consommation de lait :

Durant toute la période de lactation, la production laitière augmente en fonction de la taille de la portée [161,159] (**Figure 1.1**) et atteint son maximum avec 7 lapereaux par portée [161,103]. Cependant, d'autres études montrent une augmentation progressive jusqu'à 10 [162], voire 11 lapereaux par portée [163]. Par contre, l'augmentation du nombre de lapereaux par portée réduit la quantité de lait disponible pour chacun d'eux [164,165]. Les lapereaux élevés dans des portées nombreuses ont un faible accès au lait, ce qui réduit leur croissance [166]. La corrélation négative entre la taille de la portée et la quantité de lait disponible par lapereau a été déjà mise en évidence ($r = - 0,35$) [164,167]. Par ailleurs, la production laitière augmente avec la parité de la lapine, cette variation a été décrite en comparant les femelles primipares aux multipares [168] et/ou avec une parité supérieure à 7 [169,170].

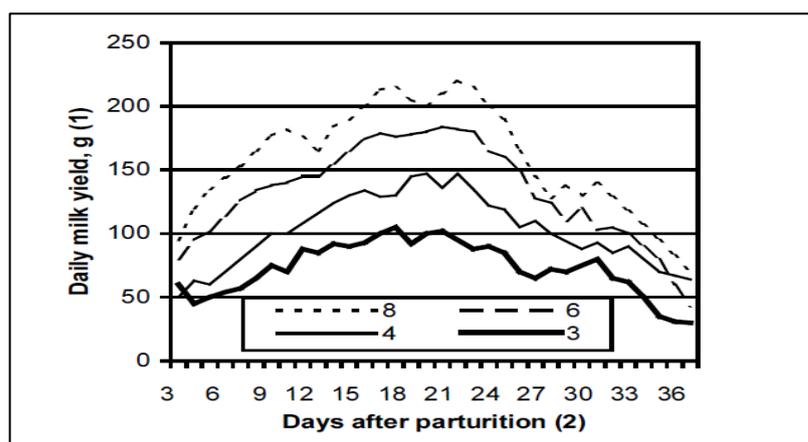


Figure 1.1: Effet de la taille de la portée sur la production laitière [171].

1.2.5.3. Le poids corporel et le gain de poids :

Chez la lapine, la relation négative entre la taille de la portée et le gain de poids à la naissance et au sevrage est mise en évidence par plusieurs auteurs [172,173,174,175,176,177,178,179,180]. Cette dernière varie selon les génotypes. En terme de gain de poids, l'effet maternel, exercé à travers la taille de la portée, ne peut être détecté qu'à 5 semaines d'âge [81,181] ou 6 semaines [182,183] et même à 11 et 12 semaines d'âge durant la période d'engraissement. Au-delà de cet âge, l'effet maternel perd sa signification. Le gain de poids des lapereaux élevés dans des portées de 6 augmente de 59% entre 0 à 3 semaines d'âge et de

20% entre 3 et 6 semaines d'âge, en comparaison avec celui enregistré chez lapereaux élevés dans des portées de 10 [184]. Par ailleurs, la taille de la portée augmente avec la parité de la femelle et par conséquent un poids moyen faible des lapereaux est souvent constaté [185,186,90,85].

1.2.5.4. Les performances des lapines :

Babile et Matheron [187] et Blasco *et al.* [188] montrent que le poids des lapines originaires des portées nombreuses est faible lors de la première insémination, comparées aux lapines issues des portées peu nombreuses. Par ailleurs, Theau-Clément *et al.* [189] notent chez les femelles inséminées allaitantes, une diminution de la taille de la portée lorsque le nombre de lapereaux allaités augmente. De même, une faible réceptivité au moment de la saillie [114,190] et une dégradation rapide de l'état corporel sont observées chez les femelles allaitant des portées nombreuses.

CHAPITRE 2

LES COMPOSANTES BIOLOGIQUES DE LA PROLIFICITE ET LEURS FACTEURS DE VARIATION

Chez la lapine, la taille de la portée à la naissance ou au sevrage a toujours été un critère de choix pour la sélection des lignées à production de viande [191,30]. De par son intérêt économique, ce paramètre est utilisé dans plusieurs programmes de sélection [192,193,194]. La sélection sur la taille de la portée chez le lapin n'a pas donné les réponses escomptées [192,195,193]. La réponse à la sélection a été estimée à 0,06 lapin par génération dans les lignées sélectionnées pour la taille de la portée à la naissance [196,197]. En revanche, Baselga *et al.* [198] ont obtenu une réponse allant de 0,03 et 0,10 lapin au sevrage par génération dans deux lignées de lapin d'origine génétique différente.

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 (0,1) [26,195,199] et d'autre part, par la faible intensité de sélection praticable notamment par la voie mère-fille [200]. A ces effets, s'ajoute celui du milieu qui influe sur les caractères de reproduction [201]. Dans la majorité des études menées sur le lapin [175] et sur le porc [202], la sélection sur la taille de portée n'a pas abouti aux résultats attendus, en effet, la réponse par génération est très faible chez les deux espèces [203,204]. Selon Johnson *et al.* [205] et Haley *et al.* [202], ce critère pourrait être amélioré par la sélection sur les composantes biologiques de la prolificité. Cette dernière, appliquée en premier chez la souris [206] a été donc proposée comme méthode indirecte afin d'améliorer la taille de portée chez le porc [207,26] et chez le lapin.

Chez les espèces polytoques, la taille de la portée à la naissance est déterminée par le taux d'ovulation, le taux de fertilisation et la mortalité prénatale (mortalité embryonnaire et fœtale), qui constituent les composantes biologiques de la prolificité [26,208,191,208,209,201,105]. La mortalité prénatale est le paramètre le plus important qui influe sur la taille de la portée chez la souris, chez le lapin et chez le porc [26]. En effet, Torres *et al.* [190] affirment que le développement et la

survie embryonnaire avant 96h de gestation est responsable de la différence de la taille de la portée entre 2 lignées de lapin (Californienne et Néozélandaise). En plus de ces derniers, la capacité utérine de la femelle qui représente le nombre maximal de foetus menés à terme lorsque le taux d'ovulation n'est pas un facteur limitant, joue un rôle déterminant sur la taille de portée. Bolet *et al.* [210] rapportent que les composantes biologiques de la prolificité sont souvent utilisées dans les programmes de sélection. En effet, la sélection sur les composantes de la taille de la portée peut être réalisée selon deux voies, le plus souvent complémentaires [2000] :

- La première voie consiste à combiner le taux d'ovulation et la survie embryonnaire en un index additif « optimum » calculé en prenant en compte les pondérations économiques des variables. Cet index est en théorie plus efficace que la sélection sur la taille de la portée, qui est un index multiplicatif « naturel » (taille de portée = taux d'ovulation * la survie embryonnaire). Cependant, la nature de la relation entre l'ovulation et la viabilité doit être curvilinéaire avec une maîtrise des paramètres génétiques [200].
- La seconde a pour but de sélectionner sur une des composantes de la taille de la portée. Sur le plan expérimental, cette démarche permet d'observer la réponse directe de la sélection et de mesurer les paramètres génétiques du caractère sélectionné. Elle permet aussi, grâce aux réponses corrélées, d'étudier la nature des liaisons génétiques entre les composantes et leur évolution sous l'effet de la sélection.

Le taux d'ovulation et la mortalité prénatale sont classiquement mesurés chez la lapine par abattage au cours de la gestation ou par laparotomie [211,190,106]. Comparée à ses deux méthodes, la coelioscopie présente de grands avantages tels que la réduction du traumatisme chirurgical et des risques sanitaires. Elle permet surtout le maintien en vie de la femelle reproductrice [212,201].

2.1. Le taux de fertilisation et ses facteurs de variation:

2.1.1. Le taux de fertilisation :

Le taux de fertilisation est le pourcentage d'œufs fécondés sur le nombre total d'œufs collectés. Ces œufs peuvent être récupérés environ 10 heures après la saillie et jusqu'à la phase immédiate avant l'implantation (environ 6 jours après la saillie) [213,191].

2.1.2. Les principaux facteurs de variation :

2.1.2.1. Le stade physiologique :

Durant la période *post partum*, il existe une variation de production et de fertilisation des ovocytes en fonction du stade physiologique de la femelle. Selon Theau-Clément *et al.* [214], au lendemain de l'insémination artificielle des lapines, le nombre d'ovocytes fertilisés augmente lorsque l'intervalle entre la saillie et la mise bas est allongé (**Tableau 2.1**). Cette variabilité semble être le reflet d'un antagonisme partiel au niveau hypothalamo-hypophysaire, entre la prolactine et les hormones gonadotropes et le déficit énergétique lié à la compétition, notamment chez la femelle primipare, entre la lactation et l'initiation d'une nouvelle gestation [215].

Tableau 2.1.: Le nombre d'ovocytes fertilisés au cours du *post partum*
[214]

Le nombre d'ovocytes fécondés	Jours <i>post partum</i>
7,0	1
7,0	4
12,1	12
13,3	19
13,6	48 heures après sevrage

2.1.2.2. La réceptivité :

En insémination artificielle, le taux de collecte des embryons varie en fonction de la réceptivité de la femelle [104]. Lorsque celle-ci est réceptive, le nombre d'embryons récoltés et le taux de collecte sont respectivement plus élevés

comparés à ceux des femelles non réceptives (8,4 et 84,7% vs 4,8 et 81,3%) [216,217].

2.1.2.3. La lactation :

Le taux de fertilisation est faible (10 à 20%) chez les femelles allaitantes par rapport aux femelles non allaitantes [218,219,220]. L'hyperprolactinémie chez les femelles allaitantes pourrait créer un environnement utérin défavorable à la migration et à la fertilisation des gamètes [221,222].

L'hypothèse d'une mauvaise fertilisation chez les lapines allaitantes a été émise par Selme et Prud'hon [120]. Par la suite, plusieurs auteurs confirment que la fertilisation était effectivement réduite chez les femelles allaitantes [218,219,220] mais l'origine de cet état n'est pas bien connue. La lactation inhibe partiellement la croissance folliculaire, ce qui laisse penser que l'ovulation (induite par l'accouplement ou par l'injection de la GnRH) peut être obtenue pour des follicules non matures dont les ovocytes seraient stériles. Chilton et Daniel [221] ainsi que Daniel et Juneja [222] (1989) indiquent que la prolactine pouvait modifier le développement de l'utérus et les sécrétions endométriales.

Un niveau élevé de progestérone au moment de la saillie ou de l'insémination, affecte également la fertilité par altération de l'ovulation [223], du transport des gamètes [224] et par une augmentation de la dégénérescence des embryons [225]. De même, un taux élevé de la progestérone entraîne une réduction du taux de récolte d'ovocytes et augmente le nombre d'embryons dégénérés.

Par ailleurs, l'insémination des lapines à 32 jours *post partum* soit 4 jours après le sevrage, améliore leur composition corporelle, le contenu en énergie de leur carcasse, le nombre de follicules dans l'ovaire et la qualité des ovocytes et par conséquent, leur prolificité et leurs taux de conception comparées aux femelles allaitantes inséminées à 11 jours *post partum* [226].

2.1.2.4. La parité :

Généralement, le taux de fertilisation est de 100% chez les femelles quel que soit leur parité [227,210,228]. Cependant, le nombre d'embryons anormaux augmente en fonction de la parité, qui pourrait être lié à des anomalies ovariennes [229].

2.1.2.5. Le milieu utérin :

La composition chimique des sécrétions oviductales et utérines durant les stades de développement préimplantatoire chez les mammifères, est un paramètre important dans le processus de reproduction. Ces sécrétions facilitent le passage des spermatozoïdes, des ovocytes et de l'œuf en développement [230]. Chez les mammifères, l'oviducte synthétise et secrète plusieurs protéines, entre autres, une molécule de la famille des glycoprotéines appelée l'oviductine. Chez plusieurs espèces, incluant le lapin [231], le porc [232], la brebis et la chatte [233], l'oviductine se lie à la zone pellucide de l'ovocyte post ovulatoire durant son transit dans l'oviducte. Un prétraitement des ovocytes avec cette molécule, améliore la fertilisation et développement embryonnaire [234] et induit la capacitation des spermatozoïdes [235].

Les pertes embryonnaires avant l'implantation peuvent être liées d'une part aux caractéristiques de l'utérus et son efficacité à savoir la qualité et la quantité des sécrétions utérines [236] et d'autre part, à une faible fécondité due à des ovocytes immatures présentant des anomalies des chromosomes [237]. Ces dernières sont rares chez le lapin, généralement moins de 5% [238]. Par ailleurs, Mocé *et al.* [239] signalent une corrélation entre la progestérone dans le liquide utérin et le nombre d'embryons collectés, sans effet de cette hormone sur la survie embryonnaire.

2.1.2.6. Le génotype :

Le nombre d'embryons collectés varie en fonction du génotype de la femelle. Les femelles de race Californienne ont un nombre d'embryons collectés plus élevé (9,7) que celui des femelles de race Néo-zélandaise (6,9) [240]. La différence dans la prolificité entre la race Californienne et Néozélandaise est liée au nombre d'œufs non clivés plus importants chez la femelle Californienne (3,7 vs 5,3%) [240,190]. Par ailleurs, l'augmentation du nombre d'embryons implantés est liée à

celle du taux de fertilisation et de la survie embryonnaire. Selon Adams [241], le taux de fertilisation varie de 95 à 98% selon les souches [210].

2.1.2.7. La photopériode :

Chez les lapines nullipares soumises à une photopériode de 8 heures de lumière et 16 heures d'obscurité, une supplémentation de 6 heures de lumière 10 jours avant la saillie améliore le nombre d'embryons récoltés de 6,6 à 9,2 et le taux de collecte de 52 à 89 % [216].

2.2. Le taux d'ovulation et ses facteurs de variation :

2.2.1. Le taux d'ovulation :

Au sens strict du terme, le taux d'ovulation signifie le nombre d'ovocytes libérés par ovulation. Ce terme, couramment utilisé, est incorrect car il ne traduit pas un taux mais un nombre qui pourrait être confondu avec le pourcentage de femelles ovulant. Le taux d'ovulation est estimé par le comptage des corps jaunes sur les deux ovaires. Après ovulation, des stigmas rouges et turgescents sont observés sur la partie apicale des follicules correspondant à la rupture des couches périphériques de l'ovaire (épithélium et albuginée). Au cours de la gestation, les corps jaunes sont caractérisés par leur apparence et la présence d'une protubérance au point d'ovulation [191].

En général, les corps jaunes peuvent être visualisés *in vivo* par laparoscopie [242,212], par laparotomie ou après un abattage direct et une dissection des ovaires [243]. Les avantages et les inconvénients de ses méthodes ont été largement discutés par Bolet *et al.* [191], et il semblerait que ces dernières permettent une très grande précision dans la détermination du taux d'ovulation, critère en génétique et en reproduction. Par ailleurs, une autre méthode, plus fiable, consiste à déterminer le taux d'ovulation par comptage des ovocytes isolés au niveau des oviductes à la fin de l'ovulation [191]. Enfin, l'énucléation des corps jaunes sur des ovaires récupérés après abattage des femelles, augmente la fiabilité du comptage.

2.2.2. Les principaux facteurs de variation du taux d'ovulation:

2.2.2.1. Le stade *post partum* :

Le stade physiologique influence l'ovulation qui est en général plus faible chez les femelles saillies à 48h *post partum* (écart de 16,5%) comparées à celles saillies à 10 jours *post partum* [120]. Les femelles saillies une journée après la mise bas sont très réceptives [244] mais elles présentent un nombre faible de follicules non rompus. Cependant, à 4 jours *post partum*, les femelles sont moins réceptives [245], et ont un faible taux d'ovulation et un nombre élevé de follicules non rompus.

2.2.2.2. La réceptivité :

L'intensité et la fréquence d'ovulation, ainsi que la fertilité et le taux des mises bas sont conditionnés par la réceptivité de la femelle, les meilleurs résultats sont observés chez les femelles réceptives [246,245,189]. La réceptivité est liée à un nombre élevé de follicules préovulatoires sur les ovaires de la lapine [247,248], et par conséquent, une concentration élevée d'œstradiol [249]. Les lapines réceptives ont un nombre de follicules préovulatoires plus important que celui des lapines non réceptives (14,3 vs 9,4). Aussi, elles ovulent plus fréquemment (99,2 vs 80%) et ont respectivement un nombre élevé de corps jaunes et de stigmas ovariens (respectivement 12,2 vs 9,7 ; 11,2 vs 4,8) ce qui permet une grande production d'œufs par insémination (11,0 vs 4,1).

En saillie naturelle, l'ovulation semble être conditionnée par la réceptivité des lapines au moment de l'accouplement [104]. En fait, les femelles qui acceptent la saillie ont un nombre plus important de follicules préovulatoires par rapport à celles qui refusent (247). De même, en insémination artificielle, Rodriguez et Ubilla [246], soulignent que les femelles réceptives ont un nombre de corps jaunes plus important comparées aux femelles non réceptives.

2.2.2.3. La parité :

Chez la lapine, le potentiel ovulatoire s'améliore avec l'âge et la parité de la femelle. Les lapines nullipares présentent un taux d'ovulation plus faible que les lapines ayant déjà ovulées. En effet, les primipares et les multipares possèdent

respectivement 1,55 et 2,42 de corps jaunes de plus que les nullipares [89,]. En revanche, les femelles nullipares ovulent plus fréquemment que les primipares et multipares (en moyenne +20%) [89,81]. Chez les espèces polytoques à l'exemple de la truie, le taux d'ovulation est faible au cours de la première parité [250]. Une augmentation du taux d'ovulation est observée avec la parité de la femelle, mais les différences entre les deux premières parités sont moindres [251]. Hammond, dès 1914 (252), affirme qu'en général les animaux âgés pondent plus d'ovules que les jeunes, ce qui est confirmé par Perry [254]. Chez la souris, Mc Dowell et Lord [255] montrent une augmentation rapide du taux d'ovulation au début de la vie reproductive, suivie d'un plateau au-delà de 3 portées. Chez la lapine, après 11 gestations, le taux d'ovulation et la taille de la portée diminuent. Ceci est dû à la réduction de la capacité de l'utérus à initier et même à maintenir une gestation [241]. La diminution de la fécondité chez la lapine âgée n'est pas liée à une réduction de la progestérone mais à l'absence d'un nombre suffisant d'embryons viables, ce qui provoque une régression lutéale. Cet échec reproductif est lié directement à un dysfonctionnement utérin [256].

2.2.2.4. L'allaitement :

Les interactions complexes qui existent entre les besoins énergétiques de lactation et ceux de la fonction ovarienne peuvent agir sur la fertilité et la prolificité de la femelle [111]. Globalement, la lactation a un effet négatif sur le pourcentage de femelles ovulant, celui-ci diminue d'autant plus si la femelle allaite une importante portée. Concernant le taux d'ovulation, les résultats sont contradictoires. Ainsi, chez les femelles allaitantes comparées aux femelles non allaitantes, l'apparition de l'ovulation est retardée [218] et le taux d'ovulation est faible [120,105,257] (**Figure 2.1**). Cependant, Mocé *et al.* [239] observent une augmentation du taux d'ovulation de 10,2% chez les lapines allaitantes alors que Fortun Lamothe *et al.* [258] ne trouvent aucun effet de la lactation sur l'ovulation.

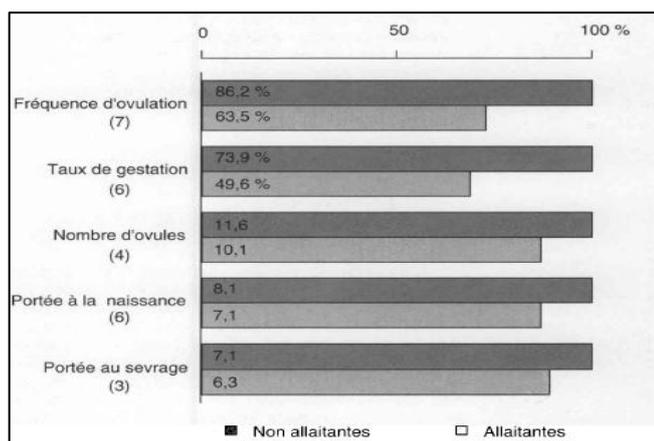


Figure 2.1: Les performances de reproduction. Ecart entre les lapines allaitantes et les lapines non allaitantes (nombre de références) [105]

Selon Theau-Clément et Roustan [108], le stade de lactation influence non seulement le taux mais également la fréquence d'ovulation. Ainsi, le stade 3-4 jours de lactation semble avoir un effet particulièrement dépressif sur ces deux paramètres, ceci est probablement lié à un nombre faible de follicules préovulatoires au 4^{ème} jour *post partum* comparé aux autres stades de lactation [259].

Le statut hormonal de la femelle allaitante est différent de celui de la femelle non allaitante durant la gestation avec un niveau élevé de la prolactine [260] et d'ocytocine [261] et faible en progestérone [262], ce qui explique l'effet de la lactation sur l'ovulation [263,264,265,266]. L'hyperprolactinémie peut expliquer en grande partie ce phénomène [264,260,265,267,268]. La prolactine est sécrétée en grande quantité durant la période de lactation [267] par la glande pituitaire et par des sites extra-pituitaires, à l'exemple de la glande mammaire, le placenta et l'utérus [269]. La sécrétion de la prolactine subit des fluctuations selon le stade de la lactation [270] et influence directement les follicules de la lapine et module leur croissance [269]. Cette hormone est responsable des effets négatifs de la lactation sur la reproduction [260]. L'existence des récepteurs de la prolactine dans l'ovaire de la lapine suggère que cette hormone a un effet direct sur le développement folliculaire et la qualité des ovocytes [271]. Hamada *et al.* [264] montrent, *in vitro*, que la perfusion de l'ovaire avec des fortes doses de prolactine inhibe l'ovulation. Selon les mêmes auteurs, la prolactine réduit le nombre de

récepteurs à la LH dans les cellules folliculaires et diminue la quantité de FSH et LH en réponse à la GnRH, lorsque les niveaux de la réceptivité sont faibles [272]. Par ailleurs, la tétée entraîne la libération de la dopamine et des peptides opiacés endogènes, au niveau du système nerveux central, qui stimulent la sécrétion de la prolactine et diminuent la sécrétion des hormones gonadotropes. Ainsi, l'administration du NAL (Opiate Antagonist Naloxone) chez des lapines allaitantes entraîne une montée de la LH, suggérant un rôle inhibiteur des opioïdes endogènes sur la sécrétion de la LH chez les lapines allaitantes [273].

2.2.2.5. Le rythme de reproduction :

Le taux d'ovulation augmente lorsque l'intervalle entre la saillie et la mise bas s'allonge. En effet, chez les lapines saillies en *post partum*, le pourcentage de femelles ovulant ainsi que le nombre de corps jaunes sont plus faibles comparées à ceux des femelles saillies à 12 jours *post partum* (respectivement 68,9 vs 84,6% et 11,7 vs 10,8) [214].

2.2.2.6. Le statut énergétique :

Les performances de l'animal peuvent être affectées lorsque sa balance énergétique est négative. Ceci peut altérer l'ovulation voire même l'arrêt du cycle de reproduction afin d'éviter la mobilisation excessive des réserves corporelles nécessaires pour la reproduction [274]. Aussi, un bilan énergétique négatif exerce un effet défavorable sur la qualité des gamètes et du milieu utérin et sur la sécrétion de la progestérone. Enfin, la qualité des nutriments disponibles influence directement la croissance fœtale et la production laitière [124].

Chez les femelles saillies à 25 jours *post partum*, le nombre de follicules préovulatoires est plus faible comparé à celui noté chez les femelles saillies à 32 jours *post partum*. Cette réduction dans le nombre de follicules à 25 jours est liée à la faible composition corporelle, la balance énergétique négative et les changements endocriniens influençant la croissance folliculaire [275]. Chez la lapine, plusieurs auteurs signalent qu'une diminution de la leptine est associée à une inhibition de la reproduction lorsque les réserves corporelles sont insuffisantes pour déclencher une ovulation, une gestation et une lactation [277,278].

2.2.2.7. Le poids de la femelle avant la saillie:

Le poids de la femelle avant la saillie est une condition essentielle au démarrage de la ponte ovulatoire. Selon Hulot *et al.* [279], le nombre d'ovules pondus augmente de 2,6 ovules avec une augmentation d'un kg du poids de l'animal entre 14 et 20 semaines d'âge. La corrélation entre le poids de la lapine à l'âge adulte et le taux d'ovulation est positive [280,281]. De même, chez les femelles plus âgées, le poids continue à contribuer dans l'accroissement du nombre d'ovules pondus [89]. De nombreuses études montrent que la taille de la portée dans laquelle la femelle est née exerce un effet négatif sur ses performances ultérieures [187,282,283,284]. Selon Rommers *et al.* [285], lorsque des lapereaux de même poids ont été élevés dans des portées de différentes tailles (6, 9 et 12), les lapines provenant des portées de 12 ont non seulement un poids significativement faible à la première saillie, mais aussi une différence dans la composition corporelle comparée aux femelles provenant des portées de 6 lapereaux. Aussi, Khalil *et al.* [70], observent que le taux d'ovulation est faible chez la femelle issue d'une portée nombreuse (poids faible à la naissance) comparé à celui de sa mère.

Poigner *et al.* [286] montrent que les lapereaux de sexe femelle ayant un poids faible à la naissance (39 à 43g) deviennent rapidement gestantes dès la première insémination, mais le taux de gestation est le même pour les inséminations suivantes. Aussi, Hulot et Matheron [280] signalent une relation positive classique entre le poids de la lapine et le nombre d'ovules pondus. Les corrélations présentées dans l'étude de Matheron et Poujardieu [287] donnent des coefficients d'augmentation de 1 ovule pour un gain de 250g de poids.

2.2.2.8. Le type génétique :

Le type génétique de la femelle a un effet significatif sur le taux d'ovulation [89]. Le taux d'ovulation des femelles Californiennes est supérieur à celui des femelles Néozélandaises (+ 2 ovules), les deux races étant sélectionnées pour la taille de portée au sevrage [240]. Par ailleurs, la souche INRA A1066 produit plus d'ovocytes que la souche INRA A1077 et A9077 [89].

2.2.2.9. La saison et la photopériode:

Le taux d'ovulation varie en fonction de la saison [288]. Chez la lapine, la saison d'accouplement a un effet sur le nombre moyen d'ovules pondus (1,7 corps jaunes d'écart entre l'hiver et le printemps) [89]. Cependant, les données de la littérature sont contradictoires allant de quelques variations mineures [289] à celles montrant un écart plus important (+ 2,8 et + 3,9 ovules) au printemps comparé à l'automne rapportés respectivement par Selme et Prud'hon [120] et Pilawski [300]. Généralement la saison d'automne a un effet défavorable sur la fréquence d'ovulation et le taux de mise bas [301,120]. Certains auteurs indiquent que cette baisse de fréquence d'ovulation et du taux de mise bas débute, en fait, en été et serait liée à l'action défavorable des hautes températures ambiantes [302]. Pour d'autres auteurs, elle se situe plus en automne et se prolonge en hiver et dépend essentiellement de la durée d'éclairement. En effet, Walter *et al.* [303] soulignent une augmentation du pourcentage des lapines en œstrus soumises à 16 heures de lumière au lieu de 8 et 12 heures par jour. Farrel *et al.* [301] constatent un faible taux d'ovulation chez les femelles qui ovulent en jours courts dû à l'absence de la synthèse ou la décharge en LH. Chez les femelles saillies selon un rythme semi intensif, la saison exerce un effet positif sur le pourcentage de lapines ovulant, le meilleur taux est enregistré au printemps et le plus bas en hiver (94,4 vs 80%). De même, le nombre de corps jaunes est plus élevé au printemps (13,1) comparé à celui noté en automne (10,3) [120].

2.2.2.10. L'alimentation :

Chez plusieurs espèces animales, une restriction alimentaire prolongée inhibe les pulses de la LH et induit un anœstrus par dépression des pulses de la Gonadotropin Releasing Hormon (GnRH) au niveau de l'hypothalamus, qui entraînent une diminution de la réceptivité et de la fertilité [258,304]. Une restriction alimentaire avant ou après la puberté engendre une réduction de la taille et du nombre des follicules en croissance [305] et un faible taux d'ovulation par rapport aux animaux nourris *ad libitum* [279]. Cette réduction du taux d'ovulation peut être liée au faible poids des femelles ayant subi une restriction alimentaire. De même, avant l'insémination, un statut nutritionnel faible réduit le taux d'ovulation et la viabilité embryonnaire [305] alors qu'une augmentation du poids de la femelle a un effet favorable sur la reproduction [306].

Selon Theau-Clément [259], un flushing après une période de restriction pourrait améliorer les performances de reproduction des jeunes lapines. En effet, sur des lapines âgées de 14 semaines, une restriction alimentaire (70 % de leur ingestion) suivie d'un flushing de 4 jours double le nombre de follicules antraux ayant un diamètre supérieur à 0,6 mm. Eiben *et al.* [307] soulignent que la mise à jeun pendant 24 heures chaque semaine entre l'âge de 10 à 17 semaines, améliore la fertilité des lapines nullipares (92 % vs 70 %) par rapport à une alimentation *ad libitum*. Aussi la restriction alimentaire aigue entraîne un moindre taux de leptine, d'œstradiol 17 β (fréquence et amplitude) et un faible pic de LH [308]. En effet, le rôle de la leptine sur la fonction ovarienne, le développement embryonnaire et l'implantation des embryons a été suggéré en raison de la présence des récepteurs de la leptine sur les cellules de la granulosa, des ovaires et de l'oviducte [309,310,311].

2.2.3. L'effet de la sélection sur le taux d'ovulation :

En général, la sélection directe sur la taille de la portée n'a pas donné de résultats positifs liés à sa faible héritabilité [30]. Le taux d'ovulation et la survie prénatale sont les principales composantes de la taille de la portée et constituent des facteurs limitant son amélioration. Le taux d'ovulation, ayant une grande héritabilité, est corrélé positivement à la taille de la portée [26]. Dans cette optique, la sélection sur le taux d'ovulation a été proposée comme une méthode indirecte [312,313] et menée pour l'amélioration de la taille de la portée chez le porc et la souris [314,315,206,316]. Cette méthode de sélection a augmenté le taux d'ovulation mais n'a pas amélioré la taille de la portée, en raison de l'importante mortalité prénatale chez le porc [314,317,315,206,316] et la souris [206,316].

Chez la souris, Bradford [206] observe que la mortalité survient particulièrement après l'implantation. De même, chez les lignées de porc sélectionnées pour un taux d'ovulation élevé, Koenig *et al.* [317] et Freking *et al.* [318] soulignent respectivement un pourcentage élevé d'ovocytes immatures et une mortalité prénatale pendant les stades précoces du développement fœtal (25 et 45 jours de gestation).

Chez la lapine, la sélection sur le taux d'ovulation a donné des résultats très encourageants [319], et a permis l'augmentation de celui-ci de 1,5 ovocyte au bout de la sixième génération mais la corrélation avec la taille de la portée était faible [320].

2.3. La mortalité embryonnaire et fœtale :

La taille de la portée est loin d'être identique au nombre d'ovules pondus. Cette variation est liée à des pertes embryonnaires et fœtales qui surviennent durant les différentes phases de la gestation. Environ 30 à 40% d'ovocytes libérés au cours de l'ovulation meurent chez le lapin [241,321,322,323,203].

La survie prénatale est un paramètre complexe qui dépend d'une série d'évènements allant de la maturation des gamètes à la naissance des nouveaux nés, à savoir ovulation, fertilisation, division embryonnaire précoce, implantation et développement embryonnaire puis fœtal [26]. L'estimation de la survie prénatale durant la gestation nécessite le comptage des fœtus ce qui est possible après abattage ou *in vivo* par laparotomie. Avant l'implantation, quelques embryons peuvent être perdus durant la collecte mais le taux de collecte est généralement compris entre 95 et 100%. Cependant, les deux méthodes (laparotomie et la collecte des embryons) sont des méthodes invasives. La laparotomie a un effet négatif sur la survie post opératoire des fœtus. Par contre, il est possible de compter les fœtus à mi gestation, sans conséquence sur leur survie par laparoscopie [324]. Chez le porc contrairement au lapin, il est impossible d'estimer le taux d'ovulation et la survie embryonnaire et fœtale chez la même femelle sans compromettre la taille de la portée [325], car chez cette espèce les sites d'implantation ne sont pas visibles par examen externe de l'utérus.

Chez la lapine, trois périodes critiques de la survie sont décrites. La première se situe entre le 8^{ème} et le 17^{ème} jour de la gestation, lorsque le placenta hémochorial termine son développement alors que la nutrition des fœtus commence à être sous le contrôle du placenta. Durant cette période, les fœtus ne sont pas affectés par la capacité utérine de la femelle [241]. La deuxième s'observe entre le 17^{ème} et le 24^{ème} jour *post coïtum*, correspondant à la période d'élongation utérine lorsque la tension sur le conceptus sphérique est au maximum et le flux sanguin au niveau

de l'utérus diminue [326,327,328]. Enfin, la troisième période s'observe durant la dernière semaine de la gestation lorsque les besoins énergétiques pour la croissance fœtale augmentent rapidement, alors que l'ingestion d'aliment diminue durant les journées précédant la mise bas [329].

2.3.1. La répartition de la mortalité au cours de la gestation :

Chez la lapine, les pertes pendant la période préimplantatoire et la période postimplantatoire varient d'une étude à une autre et sont respectivement en moyenne de 16,8 et 22,5% [212,214,321,330,331].

2.3.1.1. Les pertes avant l'implantation :

La mortalité avant la placentation varie entre 10% et 21% [89,321,324]. Durant la phase préimplantatoire, les pertes sont principalement liées à la viabilité des embryons (anomalies chromosomiales, développements ovocytaires et embryonnaires) [332,333], et au milieu utérin et oviductal (la composition des sécrétions utérines) [334,240,335].

Les anomalies des chromosomes sont, en grande partie, responsables de la mortalité préimplantatoire chez le porc 35 à 60% [336], alors qu'elles sont moins importantes chez le lapin (approximativement 5%) [238]. Koenig *et al.* [317] montrent, sur la base de l'analyse de chromosomes, que l'immaturation des ovocytes joue un rôle important dans la survie prénatale pour un taux d'ovulation élevé.

Selon Torres *et al.* [321], cinq causes de mortalités peuvent être identifiées chez la lapine durant la période préimplantatoire : des blastocystes présentant un retard de croissance, des blastocystes situés à la partie proximale de la corne utérine, des blastocystes situés près du col, un déséquilibre de l'ovulation et enfin, un retard d'implantation.

2.3.1.2. Les pertes durant la placentation :

Durant la période de la placentation, les pertes embryonnaires observées, sont plus liées aux caractéristiques propres des embryons qu'aux conditions de l'environnement utérin de la lapine. A ce stade, la viabilité fœtale dépend

étroitement des sites d'implantation et de l'espace utérin. Selon Lebas [337], lorsque deux blastocystes sont trop proches l'un de l'autre, les placentas n'ont pas suffisamment de place pour se développer et par conséquent, l'un d'eux dégénère. Les pertes durant la placentation peuvent atteindre 2 % [212].

2.3.1.3. Les pertes post placentation :

Le moment critique pour la survie fœtale est situé entre le 8^{ème} et le 17^{ème} jour de la gestation, lorsque le développement des placentas prend place [241,326]. En effet, comme pour les autres espèces polytoques, les pertes prénatales observées durant cette période semblent être liées au développement des placentas [327 chez le lapin ; [338] chez porc] lui-même influencé par la disponibilité d'espace ou la capacité utérine de la femelle [339,340,341,342,338,29,343] et par la vascularisation de l'utérus ([344] chez la lapine, chez le porc [345] et chez la souris [346]).

Le surpeuplement de la corne utérine de la lapine se traduit par un entassement des embryons entraînant une compétition entre eux et entre leurs placentas pour l'espace utérin et par conséquent, une diminution de la survie fœtale [347]. Pour cela et durant cette période, le placenta doit trouver l'espace et la vascularisation adéquats pour l'échange des nutriments [326,328]. Par ailleurs, le développement des placentas chez la lapine comme chez la souris est conditionnée par le nombre de vaisseaux sanguins au niveau du site d'implantation [345,346]. Les fœtus et les placentas sont donc bien développés lorsqu'ils reçoivent plus de vaisseaux sanguins.

Les autres causes de mortalité pourraient être liées à la présence d'ovocytes immatures ou d'embryons moins développés, incapables de survivre dans les stades avancés de la gestation. En effet, chez le porc, les embryons moins développés sont capables de survivre après implantation [348,332], cependant, la mortalité est fortement probable à cause de la compétition entre les fœtus pour l'espace [349]. Chez la lapine, Torres [321], montre que les follicules immatures qui ovulent donnent des ovocytes de faible qualité. Par ailleurs, Adams [350] souligne qu'au moment où un nombre élevé d'embryons est implanté au niveau de la corne, seulement un nombre réduit arrivera au terme de sa croissance.

Le pourcentage de mortalité est généralement faible et varie selon les auteurs. Adams [241] et Argente *et al.* [328], observent deux pics de mortalité après l'implantation. En effet, 66% et 27% de pertes fœtales totales sont respectivement observées entre l'implantation et le 17^{ème} jour de gestation et entre le 18^{ème} et le 24^{ème} jour de gestation. Par ailleurs, chez les lapines sélectionnées sur la capacité utérine, 29% des pertes fœtales surviennent entre le 19^{ème} et le 25^{ème} jour de gestation contre 19% entre le 26^{ème} et le 30^{ème} jour de gestation [351,327]. Cependant, chez les femelles uni-ovariectomisées sélectionnées sur la capacité utérine, Blasco *et al.* [352] et Mocé *et al.* [353] notent que 52% des pertes fœtales apparaissent entre l'implantation et le 18^{ème} jour de la gestation.

Chez le porc, le taux d'ovulation est souvent supérieur à la taille de la portée de 30 à 40 % [354]. Cet écart serait lié en grande partie aux pertes observées durant la phase embryonnaire [355], étant donné que la mortalité tardive est considérée comme faible (3%) [356]. Cette dernière est due essentiellement à l'espace utérin limité pour les fœtus [357] et à la compétition entre ces derniers quant à la disponibilité des nutriments [358]. En revanche, chez la souris, la mortalité prénatale est similaire entre la période pré et postimplantatoire (20%) [206].

2.3.2. Les principaux facteurs de variation :

2.3.2.1. La parité :

Chez la lapine, les mortalités embryonnaire et fœtale ont tendance à augmenter avec le numéro de la parité. La mortalité préimplantatoire augmente de 24 % à 31 % entre le stade nullipare et primipare, puis à 38 % au stade multipare. En revanche, la mortalité postimplantatoire présente une légère augmentation au cours des parités [89]. L'analyse de ce paramètre, à un nombre de corps jaunes constant, confirme cette tendance indiquant une implantation défectueuse chez les multipares (-1,11 sites par rapport aux nullipares + 0,89). L'augmentation de la mortalité avec l'âge serait liée à une détérioration de la qualité des ovocytes entraînant des anomalies de fécondation ou une mortalité précoce. Il s'agit essentiellement d'un changement structural des voies génitales, se manifestant par une vascularisation déficiente, un accroissement du contenu de l'utérus en collagène qui pourrait abaisser le taux d'implantation [359].

2.3.2.2. Le rythme de reproduction :

La viabilité foetale augmente lorsque les lapines sont inséminées plus tardivement après la parturition [360]. En effet, chez les femelles primipares allaitantes, une saillie à 25 jours *post partum* réduit la mortalité foetale de 12,5 % à 8,7 % par rapport à une saillie à J11 *post partum* [361,124].

2.3.2.3. L'allaitement :

Les effets de la lactation sur la mortalité embryonnaire et foetale sont contradictoires. Une importante mortalité après implantation et durant la deuxième moitié de gestation de la lapine a été enregistrée par Garcia et Perez [362]; Fortun [262]; Theau-Clément *et al.* [115], alors que d'autres études ne révèlent aucun effet [363,364].

La survie et le développement foetaux pourraient être altérés lorsque la lapine est simultanément gestante et allaitante. Une augmentation de la mortalité apparaît après le 15^{ème} jour de gestation, dûe un grand nombre de foetus résorbés chez les femelles allaitantes au 28^{ème} jour de la gestation [262]. Deux hypothèses peuvent être émises, soit que les besoins des foetus ne sont pas satisfaits ou que la lactation induit un milieu hormonal défavorable pour le développement foetal. En général, la balance énergétique de la femelle est négative durant la deuxième moitié de gestation [313], par conséquent, le déficit énergétique est plus important chez les femelles gestantes et allaitantes. Ce phénomène est particulièrement important chez la lapine dont les réserves lipidiques sont faibles comparées à celles d'autres espèces [365]. L'hypothèse d'un déficit énergétique est plausible car le pic de lactation s'observe approximativement au 15^{ème} jour de la lactation lorsque la mortalité foetale est enregistrée [262,329]. D'autant plus, la glande mammaire et l'unité foeto-placentaire utilisent les mêmes substrats comme le glucose, les acides gras à chaîne longue et les acides gras libres [366, 367,368]. Pour limiter le déficit énergétique, la femelle allaitante augmente sa consommation alimentaire mais cette augmentation reste insuffisante pour satisfaire ses besoins, ce qui entraîne une perte de poids entre le 14^{ème} et le 28^{ème} jour de la gestation. Ses pertes sont liées à la mobilisation des protéines et des lipides corporelles [329].

Par ailleurs, chez la plupart des espèces et surtout chez la lapine, le niveau de la progestérone doit être suffisant pour assurer un environnement utérin favorable pour l'établissement et le maintien de la gestation [369]. Chez la lapine, la progestérone est sécrétée exclusivement par les corps jaunes et sa présence est nécessaire pour le maintien de la gestation [370,239]. Le niveau de la progestérone dans la veine ovarienne augmente jusqu'à la mi-gestation puis diminue lors de la deuxième moitié de gestation puis chute rapidement avant la mise bas. Selon Fortun *et al.* [262], la concentration de la progestérone dans le sang périphérique est plus faible chez les lapines allaitantes que chez les lapines non allaitantes, au septième et au dix-septième jour de la gestation, lié à un taux élevé de la prolactine [263]. Cette diminution du taux de progestérone serait, au moins, responsable de l'augmentation de la mortalité fœtale observée chez les lapines allaitantes. En effet, l'utilisation des implants de progestérone, à partir du septième jour de gestation, entraîne une augmentation significative du nombre total de fœtus présents à 28 jours de gestation. Les mêmes résultats sont retrouvés chez la brebis [371,372] et chez le hamster [373]. Les changements de la progestérone au niveau du sérum entraînent des changements de la composition en protéines des sécrétions utérines chez le lapin [374] et chez le porc [375].

Chez le porc, la production laitière est associée à une augmentation de l'ingestion alimentaire ce qui est à l'origine d'une augmentation de la clearance de la progestérone par le foie et une diminution de sa concentration au niveau périphérique [376]. Cette hypothèse est étayée par le fait que les niveaux de la progestérone sont plus élevés chez la lapine gravide ayant une alimentation restreinte que chez les lapines nourries à volonté.

Par ailleurs, la lapine allaite sa portée généralement une seule fois par jour [377] et stimule la sécrétion de la prolactine 15 minutes après. La concentration de la prolactine est 10 à 20 fois plus élevée comparée aux niveaux observés durant la gestation [260]. En général, cette hormone affecte la viabilité embryonnaire [378], la fonction de l'utérus [378,379] et ses sécrétions durant la gestation (facteurs de croissance et protéines utérines) [221,222,150]. La synthèse de la prolactine dépend des lipoprotéines [370] qui sont également utilisées par la glande

mammaire pour la production laitière [380], ce qui induit une réduction de la disponibilité des lipoprotéines pour la stéroïdogénèse ovarienne. D'autant plus que le flux sanguin est réorienté vers la glande mammaire durant la lactation [381,382].

L'hyperprolactinémie a des effets multiples impliquant des mécanismes spécifiques. En premier lieu, elle peut affecter la relation entre l'utérus et les foetus, en modifiant la différenciation des cellules épithéliales, la qualité des sécrétions utérines [222,221] ainsi que le transport de l'eau et des ions à travers l'épithélium [383]. En second lieu, elle inhibe la stéroïdogénèse chez la lapine [263] et par conséquent la sécrétion de la progestérone. Enfin, l'allaitement stimule la sécrétion de l'ocytocine par la glande pituitaire [261] et comme cette hormone semble avoir un rôle lutéolytique [384,385] elle pourrait donc inhiber la sécrétion de la progestérone. L'œstradiol est une hormone lutéotrope essentielle pour la lapine mais il ne semble pas être à l'origine de la faible progestéronémie observée chez les lapines simultanément gestantes et allaitantes. En effet, la concentration d'œstradiol dans le sang est similaire chez les lapines gravides qu'elles soient allaitantes ou non [262]. Une corrélation négative entre la survie embryonnaire et la concentration en œstradiol est retrouvée chez les femelles allaitantes. Janne [386] montre qu'une faible concentration en œstradiol augmente l'effet de la progestérone sur la sécrétion de l'utéroglobine, par contre, une dose élevée réduit l'action de la progestérone sur la sécrétion de l'utéroglobine ce qui augmente la mortalité embryonnaire. Enfin, selon Mocé *et al.* [387], la viabilité foétale dépend des protéines sécrétées par l'utérus dont la principale est l'utéroglobuline. Cette dernière semble avoir un rôle important à l'implantation car le pic de sécrétion est observé à ce stade.

2.3.2.4. Le génotype :

La mortalité embryonnaire varie en fonction du génotype [210]. Chez la lapine de race Californienne, 40 % des œufs ne s'implantent pas, pour seulement 21% chez la lapine Néo-zélandaise [89]. L'analyse de la covariance qui permet d'estimer plus précisément cette mortalité à nombre d'ovule constant, confirme cette différence entre génotypes (- 1,28 site d'implantation chez la Californienne contre +1,28 chez la Néo-zélandaise) [89]. Chez la lapine, Vicente *et al.* (2013) soulignent

que le génotype de l'embryon influence la survie et le poids des fœtus au 25^{ème} jour de la gestation. Récemment, des études ont démontré que le génotype de l'embryon influence la survie prénatale et le poids fœtal aux stades précoces de la gestation. Cependant, le poids des placentas est affecté par le génotype de la femelle et de l'embryon durant toute la gestation [388].

2.3.2.5. Le milieu utérin et la qualité ovocytaire:

La survie embryonnaire dépend principalement de la viabilité des embryons, du milieu oviductal et utérin. Plusieurs glycoprotéines et protéines de l'oviducte et du liquide utérin, comme l'oviductine ou l'utéroglobuline, ont un rôle important dans la survie embryonnaire car elles sont liées à la capacitation des spermatozoïdes, le taux de fertilisation, le taux de clivage, le développement des blastocystes et l'implantation des embryons [233,374,232,235,389,390].

Le nombre d'embryons capables de s'implanter dépend de la qualité des ovocytes [321] et la durée du processus d'ovulation, ce induit à une compétition au moment de l'implantation des embryons à différents stades de développement [391,344,]. Chez le porc et la lapine, la quantité et la qualité des sécrétions utérines, variant d'une femelle à une autre, ont un effet sur le taux d'implantation des embryons [350,236,344]. Plusieurs métabolites incluant, le glucose, les acides gras non estérifiés, les hormones telles que l'insuline et l'IGFI, régulent le taux d'ovulation, le développement folliculaire et la survie embryonnaire [392,393,394]. Aussi, la leptine est impliquée comme un élément clé dans la fonction reproductive des mammifères [395,396].

2.3.2.6. La vascularisation utérine :

Chez la lapine, la vascularisation des sites d'implantation joue un rôle déterminant dans la survie et le développement fœtal. En effet, le pourcentage des fœtus morts ayant un placenta recevant moins de 3 vaisseaux sanguins, est supérieur à celui des fœtus possédant un placenta recevant plus de 3 vaisseaux sanguins [327]. Aussi, chez la souris, un fœtus implanté avec un seul vaisseau sanguin présente un poids faible et un grand risque de mortalité, comparativement au fœtus disposant d'un faible nombre élevé de vaisseaux sanguins [347].

2.3.2.7. L'espace vital :

La survie prénatale et la taille de la portée dépendent de l'espace vital par fœtus [342,397,398]. Chez la lapine, la probabilité de survie fœtale s'élève avec l'augmentation de l'espace vital ou l'espace disponible pour chaque fœtus, et peut atteindre 90 % à partir de 4,5 cm d'espace vital. Par contre, la survie individuelle diminue chez les fœtus avec un faible espace disponible [399].

2.3.2.8. La position intra utérine et le nombre de fœtus par corne:

La position intra utérine influence le pourcentage de mortalité des fœtus. Ce dernier, est plus élevé chez le fœtus en position cervicale comparé à celui en position oviductale et médiane [399]. Par ailleurs, lorsque le nombre de fœtus implantés par corne est important, la mortalité embryonnaire augmente [245,342].

2.3.2.9. La qualité de la semence:

Selon Saacke *et al.* [400], une partie des pertes des embryons aux stades précoces de la gestation est liée aux caractéristiques de la semence. La diminution de la survie embryonnaire et celle du nombre d'embryons implantés pourraient être liées à la mauvaise qualité de la semence, empêchant les spermatozoïdes de pénétrer l'ovocyte, ou encore, réduire leur capacité de maintenir un processus de fertilisation ou une embryogénèse ultérieure.

2.3.2.10. L'alimentation :

Viudes-De-Castro *et al.* [149] soulignent que l'utilisation d'un régime riche en énergie n'entraîne pas de variations du nombre d'embryons vivants à 12 jours de la gestation, mais une importante diminution du nombre de nés vivants (9,8 : régime standard ; 7,1 : régime énergétique), liée à une mortalité fœtale estimée respectivement à 16 % et 28 % pour les régimes standards et énergétiques.

Chez plusieurs espèces la sous-alimentation a un effet négatif sur le développement fœtal [401,402]. Ceci se traduit par un retard du développement embryonnaire [403] et une augmentant de la mortalité après la fertilisation. De même, une sous-alimentation de la lapine gestante réduit significativement l'adiposité du fœtus, entraînant ainsi une augmentation de la mortinatalité par

défaillance du système thermorégulateur et un retard de la croissance post natale [404].

Chez la lapine, les carences alimentaires, notamment en vitamines A et E peuvent provoquer la dégénérescence des embryons ou un défaut d'implantation [405]. De même une restriction alimentaire durant la période de gestation tend à diminuer le taux de survie précoce (première moitié de la gestation) [105]. Une restriction du niveau alimentaire, des jeunes femelles durant la période d'élevage ou de gestation réduit la croissance embryonnaire, augmente le taux de mortalité foétale et diminue le nombre des nés vivants [406]. Aussi, une restriction alimentaire de la lapine gestante est responsable des anomalies exprimées par des avortements, une réduction du poids foetal et une altération de l'ossification des foetus en développement [407].

Chez le porc, l'aliment consommé avant la saillie peut avoir un impact majeur sur la survie des embryons [408,392] et sur l'uniformité de la taille des blastocystes qui devient faible [409]. Aussi, une augmentation de la quantité de l'aliment durant l'œstrus précédant la saillie augmente le taux de maturation des ovocytes [394].

2.3.2.11. La température :

Chez la lapine, les fortes températures (égales ou supérieures à 30 °C), survenant le jour de la saillie et les jours suivants, affectent davantage la mortalité embryonnaire avant et après implantation que le taux de fécondation [405]. Par ailleurs, le taux de conception semble être lié à la saison. Ibrahim [410] et Asker et Bassuny [411] trouvent une diminution significative du taux de conception en été et en automne en comparaison à l'hiver et le printemps. Cette réduction serait liée à celles de l'ovulation post coïtale [412], du nombre de sites d'implantation et du nombre d'embryons implantés viables par femelle [413]. De même, un faible taux de conception pourrait être dû à des pertes lors de la fertilisation et/ou à une mortalité embryonnaire précoce [414]. Howarth *et al.* [415] observent sur les lapines Néozélandaises blanches soumises à une température ambiante de 32 °C 2 jours avant l'accouplement et jusqu'à 12 jours après, un effet dépressif sur le nombre de sites d'implantation et le pourcentage de sites ayant des foetus vivants. L'exposition à des températures ambiantes élevées induit un effet négatif sur la

survie embryonnaire pré et postimplantatoire chez la brebis avant l'œstrus [416], un accroissement de la résorption fœtale chez des rattes gestantes [417] et une diminution du nombre de corps jaunes chez la truie [418].

CHAPITRE 3

CAPACITE UTERINE ET POSITION *IN UTERO*

3.1. La capacité utérine :

La taille de la portée est un paramètre important en production cunicole [419,194]. La sélection sur la taille de portée, ainsi que ses composantes biologiques, n'a pas été efficace pour améliorer celle-ci chez plusieurs espèces domestiques, lié à sa faible héritabilité [26,420]. Chez les espèces polytoques à l'exemple de la lapine, la prolificité est un phénomène complexe contrôlée par plusieurs paramètres [191,421], parmi lesquels, la capacité utérine de la femelle qui joue un rôle prépondérant [328].

3.1.1. Définition de la capacité utérine :

En 1987, Christenson et ses collaborateurs ont défini la capacité utérine comme étant le nombre maximal de fœtus que l'utérus peut mener à terme lorsque le taux d'ovulation n'est pas un facteur limitant. Cette définition s'est basée sur le concept de la capacité utérine, introduit dans la littérature pour la première fois par Bazer *et al.* [340], qui suggèrent que la compétition entre les fœtus avant et après implantation peut expliquer en grande partie la mortalité préimplantatoire. Les pertes dues au surpeuplement intra utérin, donc à une limitation de la capacité utérine, sont liées généralement à une altération de la distribution des nutriments entre les fœtus [350,289,422,423], ce qui affectera le développement des placentas maternels et fœtaux [321].

La capacité utérine est mesurée chez toutes les espèces par l'ovariohystérectomie unilatérale à l'exception du lapin, où une simple ovariectomie est pratiquée. L'ovaire restant, doublera sa production en ovocytes ce qui entraîne un surpeuplement de la corne utérine adjacente chez le lapin [424,425], chez la souris [210] et chez le porc [29,426,427], rendant, la taille de la portée indépendante du taux d'ovulation [29].

Selon Argente *et al.* [428], certaines lapines n'expriment pas leur capacité utérine maximale car le taux d'ovulation n'est pas assez important. C'est seulement lorsque les femelles ont un taux d'ovulation supérieur au nombre d'embryons implantés que l'utérus peut être considéré comme surpeuplé. Les femelles ayant un taux d'ovulation égal au nombre d'embryons implantés pourraient laisser un nombre élevé d'embryons s'implanter, que si elles aient reçu un nombre plus élevé d'ovules. De même, chez le porc, Leymaster *et al.* [429] rapportent que le taux d'ovulation pourrait ne pas être assez élevé pour permettre aux femelles d'exprimer leur capacité utérine.

Une sélection sur la capacité utérine a été proposée comme une méthode alternative pour améliorer la taille de la portée chez le porc [430], chez la souris [210] et chez le lapin [431]. Selon Blasco *et al.* [29], approximativement 20 à 40% des ovocytes libérés au cours de l'ovulation n'arrivent pas au terme de la gestation chez les espèces polytoques comme le lapin. Ces déperditions sont liées à une limitation de la capacité de l'utérus.

3.1.2. Méthodes de mesures de la capacité utérine :

La mesure de la capacité utérine est aisée chez le lapin. Contrairement à la truie et à la souris, il n'y a pas de migration transutérine, seule l'ovariectomie unilatérale (OUL) est suffisante pour mesurer la capacité utérine [424,431,210]. En plus, chez cette espèce, il est possible d'observer les corps jaunes et les sites d'implantation pour la même gestation sans altérer la portée [212].

Par ailleurs, chez le porc, certains auteurs ont proposé l'utilisation des caractéristiques physiologiques de l'utérus comme, la longueur de la corne utérine, pour mesurer la capacité utérine [422]. Wu *et al.* [432] trouvent une corrélation de 0,5 et 0,86 entre la longueur de la corne utérine et le nombre d'embryons implantés aux différents stades de gestation chez cette même espèce. Long *et al.* [433] relèvent également des corrélations génétiques de 0,4 et 0,7 entre les dimensions utérines et la taille de la portée chez la souris. Cependant, chez la lapine, la taille de la corne utérine explique en partie la variation de la capacité utérine. En effet, cette dernière est influencée également par d'autres facteurs tels que la fourniture en nutriments [29]. Chez le porc, la

surface d'attachement entre le placenta et l'endomètre est considérée comme facteur limitant de la capacité utérine, car le placenta est non invasif [422]. Wilson *et al.* [444] suggèrent que la capacité utérine devrait être correctement définie comme étant la quantité totale de la masse placentaire que la femelle peut mener à terme.

3.2. L'ovariectomie unilatérale (OUL) et ses effets sur les paramètres de reproduction :

Chez la lapine, l'OUL est la méthode utilisée pour la mesure de la capacité utérine. Cependant, celle-ci, présente des effets sur le développement des follicules chez la femelle avant la première saillie, sur la croissance des foetus et de leurs placentas durant la gestation ainsi que la mortalité prénatale.

3.2.1. La croissance folliculaire :

Après l'ovariectomie unilatérale, plusieurs auteurs observent une modification de la prolifération des follicules, une accélération de la croissance folliculaire et une réduction de l'atrésie au niveau de l'ovaire restant [445]. Chez la lapine, le nombre de follicules dont le diamètre est $>$ à 800 μm double rapidement dans l'ovaire restant après l'ovariectomie unilatérale [446,424] et une période de 10 jours est suffisante pour restaurer le nombre de follicules préovulatoires. Par contre, le nombre de follicules immatures et le poids de l'ovaire augmentent chez la femelle [424,328].

3.2.2. Le poids et la taille de la portée :

L'OUL est associée à un surpeuplement de la corne adjacente qui contient 76 % de plus d'embryons à l'implantation et 62% de plus de foetus à 18 jours de gestation par rapport à chaque corne de la femelle intacte [328]. A la naissance, Blasco *et al.* [431] trouvent 54% de lapereaux en plus par corne, chez les femelles OUL par rapport aux femelles intactes.

Chez le porc, les femelles ayant subies une ovariohystérectomie unilatérale comptent un nombre double d'embryons au stade précoce de la gestation comparativement aux femelles intactes (10,3 vs 5,4 embryons) [341,342,338], mais à la naissance, la taille de la portée est similaire (4,76 vs 4,69) [427].

La croissance foetale peut être améliorée par une capacité utérine suffisante. En effet, le transfert des embryons à partir des femelles ayant une capacité utérine réduite à des receveuses possédant une importante capacité utérine, améliore la croissance foetale [447,448,301,449].

L'augmentation de la prolificité et de la survie foetale ont une grande incidence sur le peuplement intra utérin, ce qui pourrait par la suite affecter le développement pré et post natal des foetus [450]. Les lapereaux nés de femelles uniovariectomisées sont significativement plus légers que ceux issus des lapines intactes, ce qui est en accord avec les résultats obtenus par Lebas [451] chez le lapin et par Wu *et al.* [342] chez le porc, mettant en évidence l'effet de l'espace utérin disponible sur le poids du foetus.

3.2.3. La survie prénatale :

L'OUU a un effet défavorable sur la survie des foetus de l'implantation à la naissance [452]. Chez la lapine uniovariectomisée, une forte densité des foetus dans la corne utérine entraîne une diminution de la survie prénatale liée elle-même à une faible survie foetale et embryonnaire (0,76 femelles uniovariectomisées vs 0,81 femelles intactes pour la survie embryonnaire et 0,84 femelles uniovariectomisées vs 0,90 femelles intactes pour la survie foetale) [328].

Chez le porc, aucune différence n'est révélée pour la survie embryonnaire avant 30 jours de gestation entre les femelles uniovariectomisées et les femelles intactes [341,342,338]. Par contre, un pourcentage élevé de mortalité foetale après le 30^{ème} jour de la gestation est observé, responsable de la similarité de la taille de portée à la naissance [328]. Vallet *et al.* [456] et Pearson *et al.* [457], suggèrent que l'érythropoïèse foetale est négativement affectée par le surpeuplement intra utérin induisant ainsi une augmentation des pertes foetales. En effet, le nombre de globules nucléés est faible chez les foetus issus des femelles surpeuplées lié à une accélération du passage des formes immatures aux formes matures des globules, elle-même liée à une grande efficacité placentaire [422].

3.2.4. Le développement des placentas et la vascularisation :

Le placenta joue un rôle critique pour assurer un environnement optimal à la croissance des fœtus. Il assure le transfert des nutriments de la mère vers les fœtus et les déchets de sécrétion des fœtus à la mère. Il assure également un rôle de barrière contre les pathogènes, et de sécrétion des hormones, des facteurs de croissance, des cytokines et autres molécules bioactives [458].

Le développement des placentas peut être influencé par la capacité utérine [343,459] chez le porc et la vascularisation des sites d'implantation [346] chez le lapin. En effet, le nombre de vaisseaux sanguins arrivant au niveau de chaque site d'implantation a été utilisé pour estimer le degré du flux sanguin qui arrive pour chaque fœtus chez la souris [347] et chez le lapin [327].

Chez la lapine OUL, la vascularisation des sites d'implantation est réduite lorsque le nombre de fœtus implantés augmente. Par contre, le poids fœtal et placentaire augmentent avec l'élévation du nombre de vaisseaux sanguins [344]. Les fœtus implantés dans des sites recevant un seul vaisseau sanguin ont un poids fœtal réduit de 8%, et un poids du placenta fœtal et maternel plus légers (respectivement -17% et 7%), comparés à ceux des fœtus implantés dans des sites recevant 4 vaisseaux sanguins et plus [327]. Durant les stades précoces de la gestation, la capacité utérine influence le développement du conceptus, de l'érythropoïèse fœtale et de l'efficacité placentaire [460,461,444]. La définition de cette dernière, proposée par Wilson *et al.* [444] comme étant le ratio entre le poids fœtal et le poids du placenta fœtal chez le porc, est remise en question par d'autres auteurs [459]. Argente *et al.* [327] montrent que le principe de l'efficacité placentaire ne peut être appliqué chez la lapine, car aucune relation n'a été mise en évidence entre l'efficacité placentaire et la capacité utérine. Ainsi, d'autres paramètres d'évaluation de l'efficacité placentaire ont été proposés à l'exemple de la densité vasculaire placentaire [461,462], les facteurs de croissance placentaires endothéliales et enfin l'efficacité de l'érythropoïèse fœtale [423].

3.2.5. L'espace vital :

Chaque fœtus a besoin d'un minimum d'espace dans l'utérus pour s'implanter, survivre et se développer. Une réduction de l'espace vital est associée à un

ralentissement du développement foetal [342,29]. L'ovariectomie unilatérale induit une augmentation de la taille de portée associée elle-même à une diminution de l'espace vital.

Au 18^{ème} jour de la gestation, chez lapines uniovariectomisées l'espace vital n'influence pas le développement des placentas et des foetus [328]. En revanche, aux stades avancés de la gestation (25^{ème} jour), une réduction du développement foetal et placentaire survient avec chaque augmentation unitaire du nombre de foetus, car le développement foetal devient limité par l'espace vital à la fin de la gestation [345]. Par ailleurs, la réduction de l'espace vital entraîne un accroissement de la mortalité des foetus [328]. De même, chez le foetus mort, le poids du placenta foetal est deux fois plus faible chez les femelles OUL comparées aux femelles intactes. Par ailleurs, un espace vital plus important permet à un grand nombre de vaisseaux sanguins d'arriver au niveau du site d'implantation et par conséquent une meilleure survie foetale [328].

Le surpeuplement utérin limite la taille initiale du placenta par diminution de l'espace vital pour chaque conceptus durant la phase d'élongation du blastocyste [343]. Chez le porc, Knight *et al.* [338] observent qu'un surpeuplement de la corne utérine chez la femelle uniovariectomisée est associé avec une faible surface endométriale comparée aux femelles intactes, ce qui inhibe le développement du placenta aux stades précoces de la gestation et par conséquent, augmente la mortalité foetale et limite le développement des foetus vivants. Par ailleurs, entre le 35^{ème} et 41^{ème} jour de gestation, les besoins foetaux augmentent et une diminution de l'espace vital pourrait réduire les échanges placentaires. De même, dans un utérus surpeuplé, le nombre d'embryons peut stimuler l'élongation de la corne utérine mais ne peut entraîner une dilatation ou une élongation suffisante, nécessaire aux besoins de tous les embryons [398].

3.3. La sélection sur la capacité utérine.

Chez plusieurs espèces polytoques, la capacité utérine est considérée comme l'une des principales composantes de la taille de la portée, largement utilisée comme une méthode indirecte dans la sélection sur cette dernière. Chez la souris les résultats, de la sélection sur la capacité utérine, montrent que cette dernière

n'était pas plus efficace qu'une sélection directe sur la prolificité [463]. L'héritabilité de la capacité utérine est de 0,08 chez la souris [464]. En revanche, chez le lapin, les résultats préliminaires de plusieurs auteurs suggèrent qu'une sélection sur la capacité utérine pourrait être plus efficace qu'une sélection sur la taille de la portée elle-même [428,465,352]. Cependant, l'augmentation de la taille de la portée, observée lors de la sélection sur la capacité utérine, n'était pas plus importante que celle obtenue avec la sélection directe sur la taille de la portée et par intervalle de génération [466,467] confirmant les résultats chez la souris [463]. Par ailleurs, Argente *et al.* [345], ont mis en évidence, chez deux lignées sélectionnées sur la capacité utérine, l'existence d'un gène majeur ayant un effet modéré sur la capacité utérine mais un effet plus important sur le nombre d'embryons implantés. Aussi, Mocé *et al.* [468] rapportent que la sélection sur la capacité utérine a permis d'augmenter le nombre de tétines.

3.4. La position *in utéro* et ses effets sur les paramètres de reproduction.

3.4.1. La position *in utéro* :

La relation entre le développement foetal et la position *in utéro* peut s'expliquer par l'espace vital ou l'espace disponible pour chaque foetus d'une part et le nombre de vaisseaux sanguins (**Figure 3.1**) arrivant au niveau de chaque site d'implantation d'autre part.

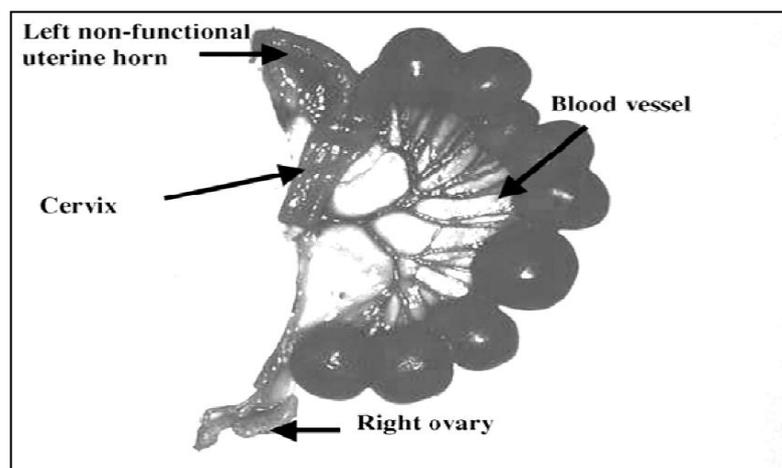


Figure 3.1 : Vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation de la corne utérine droite d'une lapine hémiovariectomisée [327].

Hormis ce type de position purement anatomique, il existe une autre particularité en relation avec les hormones fœtales. Tout fœtus non situé à une extrémité de l'utérus sera positionné entre deux mâles (2 M), deux femelles (0 M), ou un mâle et une femelle (1 M) (**Figure 3.2**). Cette position intra utérine a des effets importants et de grande envergure sur le développement fœtal [469].

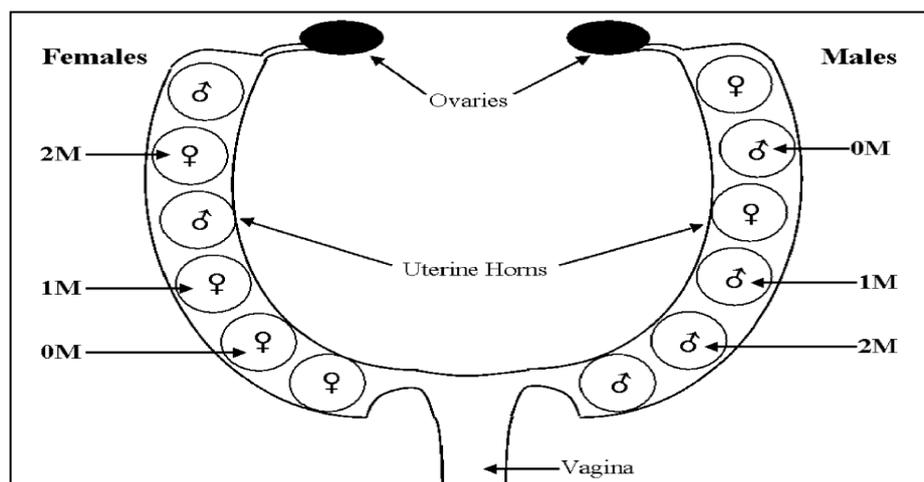


Figure 3.2: Représentation schématique des positions de fœtus dans un utérus.

Chez les mammifères, les fœtus mâles produisent de la testostérone plus tôt et en plus grande quantité que les fœtus de sexe femelle qui ont des sécrétions d'œstradiol plus importantes. Ces hormones peuvent diffuser à travers le liquide amniotique entre fœtus. Par conséquent, les deux fœtus de souris 2M mâles et femelles (positionnés entre deux mâles) ont des concentrations sanguines plus élevées en testostérone et faibles en œstradiol que les fœtus 0M (positionnés entre deux femelles) [470]. Le mécanisme de transfert d'hormones prouvé initialement chez les fœtus de la souris a été mis en évidence chez plusieurs espèces.

3.4.2. Les effets de la position *in utéro* :

3.4.2.1. Le développement fœtal et placentaire :

Selon Lebas [451], dans le cas d'une implantation de 2 et 7 fœtus dans la corne utérine de la lapine, la position proche de l'extrémité ovarienne est la plus avantageuse et le poids du fœtus sera le plus élevé. A l'inverse, le poids sera d'autant moins important lorsqu'on s'éloigne de l'extrémité ovarienne. Aussi, chez

la femelle intacte (avec les deux ovaires), lorsque 2 à 3 fœtus se trouvent dans la corne utérine, le fœtus le plus léger se situe à la première position de côté cervical. Dans le cas où la corne contient entre 4 à 6 et 7 à 8 fœtus, le plus léger se situe respectivement, à la deuxième et la troisième position de côté cervical [471].

Au 18^{ème} jour de la gestation, l'espace vital est de 50% plus élevé dans la position cervicale par rapport à la position oviductale et 68% de plus par rapport à la position médiane. Un grand espace vital est lié au meilleur développement des placentas maternels et des fœtus. Ainsi, un placenta maternel et un fœtus de poids faibles ont été observés au niveau de la position oviductale [328]. Ces paramètres évoluent dans les stades avancés de la gestation et le fœtus lourd se localisera au niveau de la position oviductale et le faible au niveau de la position intermédiaire [344,472,137]. Ainsi, Argente *et al.* [327] rapportent qu'au 25^{ème} jour de gestation, les fœtus situés aux extrémités des cornes sont plus lourds que ceux situés en position médiane. En effet, les fœtus proches de l'oviducte ont moins de compétition pour l'espace vital et une bonne vascularisation à la fin de la gestation qu'au 18^{ème} jour [344,472]. Des résultats similaires ont été rapportés chez le porc en fin de gestation [473,474,475].

3.4.2.2. La physiologie de la reproduction :

Chez la souris, un fœtus 2M de sexe féminin présente un niveau plus élevé de testostérone dans son sang et dans son liquide amniotique qu'un fœtus femelle 0M [470,476]. Chez la gerbille, un fœtus 2M quel que soit son sexe, montre des niveaux élevés de testostérone [477,478]. Celle-ci semble provenir des fœtus mâles entourant le fœtus et non de la circulation sanguine de la mère. Par ailleurs, l'espèce porcine ne montre pas cette différence de testostérone au niveau fœtal [479]. Chez les souris, la différence dans les niveaux hormonaux diminue à l'âge adulte [476]. Par contre, les gerbilles mâles adultes 2M conservent un niveau élevé de testostérone plasmatique tout le long de leur vie [478]. Par ailleurs, l'influence de la position *in utéro* sur les niveaux d'œstradiol n'est pas claire. Les souris femelles 0M ont une concentration fœtale en œstradiol plus élevée que des souris femelles 2M [480]. En revanche, Vom Saal et Bronson [476] n'observent aucune différence significative entre les niveaux d'œstradiol.

La position *in utéro* peut influencer le déclenchement de la puberté. En effet, les souris et les gerbilles femelles 0M montrent une ouverture vaginale et un premier œstrus précoces comparées aux femelles 2M [477,481,482,483,484].

Le sex-ratio est modifié par la position *in utéro*. Chez la lapine, les femelles 2M produisent plus de lapereaux de sexe mâle [485]. A l'âge adulte, les femelles gerbilles 2M, 1M et 0M donnent naissance respectivement à près de 60%, 50% et 40% de mâles [482,486,487,488]. Des résultats similaires sont constatés chez les souris [484]. Cette modification du sex-ratio est considérée comme un caractère non transmissible de la mère à la fille. Les souris femelles 0M recevant de l'œstrogène bisphénol-A avant la naissance, montrent un intervalle de temps court entre l'ouverture vaginale et les premières chaleurs. Aussi, les souris mâles et les femelles 0M et 1M sont plus lourdes au sevrage, que les souris 2M [489,490]. Ces résultats suggèrent que les souriceaux se développant dans la position 0M sont plus sensibles au bisphénol-A que les autres.

3.4.2.3. La morphologie :

La distance ano-génitale (DAG) a été largement utilisée comme marqueur pour la position *in utéro* préalable des nouveau-nés femelles [491,492,483,493,484,]. Une souris femelle 0M a une distance entre l'anus et la vulve plus courte que celle d'une femelle 2M. Chez la lapine, les femelles 2M ont une DAG plus importante que celles des femelles qui se développent loin des mâles (0M et 1M) [494]. Une lapine traitée à la testostérone durant sa gestation, donne naissance à des femelles avec une DAG élevée et marquent plus leur territoire avec leurs glandes mentonnières à l'âge adulte [495]. De même, les souris femelles 2M, soumises à des niveaux élevés de testostérone, ont une DAG plus masculine. Par ailleurs, les rats femelles 1M [496,497] et 2M [462] présentent des DAG plus longues que les autres femelles. Cette augmentation de la DAG est vraisemblablement due aux taux élevés de testostérone *in utero* puisque cet effet est éliminé suite à un traitement avec l'anti-androgène flutamide [498]. Chez la lapine, la DAG influence plusieurs paramètres. Ainsi, les lapines ayant une DAG plus importante marquent plus leur territoire par les glandes mentonnières (marquage mentonnier) comparées aux femelles possédant une DAG réduite (+21%) [499]. En plus, elles ont tendance à être plus agressives et moins attractives [499,500]. Au cours de la

gestation, les mortalités précoce et tardive sont significativement plus importantes chez les femelles dont la DAG est plus élevée (respectivement + 43% et + 53% ; $p < 0,05$) [499], ceci est pourrait être lié au statut hormonal de ces dernières (taux élevé de testostérone). En effet, le taux élevé en testostérone au niveau sanguin est connu pour son action directe sur la mortalité embryonnaire en augmentant l'incidence des avortements et des résorptions embryonnaires [501].

Par ailleurs, les souris mâles 2M ont des vésicules séminales plus importantes et des prostates de faible poids que celles de leurs frères 0M [502]. De même, les rats mâles 2M [501] et gerbilles 2M [482,486] possèdent des testicules plus lourds que ceux des mâles 0M. En revanche, chez le porc, le poids des testicules ne varie pas avec la position *in utero*. La position *in utero* influe également sur le poids corporel. En effet, les souris 2M des deux sexes ont un poids plus élevé que celui des souris 0M, et ce à différents âges [503]. Ceci pourrait être lié au métabolisme, à des réponses au stress ou à des niveaux d'agressivité différents entre les individus d'une population.

3.4.2.4. Le comportement sexuel :

Les souris femelles 2M adultes soumises à des injections de testostérone montrent un comportement différent que celui des femelles 0M recevant le même traitement, se traduisant par une augmentation de la fréquence de courir, de mordre et de déclencher des combats. Ces mêmes femelles commencent également à afficher une agressivité après une courte durée de traitement à la testostérone [491]. Ceci montre, une fois de plus, que les femelles 2M sont plus sensibles à la testostérone à l'âge adulte que le sont les femelles 0M. Chez la souris, le marquage urinaire est un autre comportement dépendant de la testostérone. En effet, un mâle marque son territoire avec de l'urine plus fréquemment lorsqu'il est en présence d'une femelle 2M par rapport à celle d'une femelle 0M [493]. Par ailleurs, les femelles 2M marquent leur territoire plus que les femelles 0M. Lorsqu'elles sont traitées à la testostérone, les souris femelles 2M [500] et les rats femelles 2M [498,504] sont plus susceptibles de présenter un comportement de chevauchement que les femelles 0M [505]. Les souris femelles 0M se mettent fréquemment en position de lordose et sont plus susceptibles d'être saillies comparativement aux souris 2M [500]. De même, les rats femelles situés

en aval d'au moins deux mâles montrent une moindre position de lordose [505]. Les souris femelles 0M sont plus susceptibles d'être choisies, chevauchées et attaquées par un mâle [476] et s'accouplent à un plus jeune âge que les femelles 2M.

CONCLUSION DE LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

A travers notre synthèse bibliographique, la prolificité de la lapine diffère en fonction du type génétique de cette dernière. Ainsi, les lapines de population locale montrent une prolificité modeste avec une moyenne de 7 lapereaux, comparativement aux souches et lignées sélectionnées sur différents paramètres de reproduction. La différence de la taille de la portée entre les diverses races et souches de lapin est liée en grand partie au facteur génétique.

Chez le lapin, **la prolificité** est liée à **l'ovulation, la fertilisation, le développement embryonnaire et fœtal**, nommés communément **les composantes biologiques de la prolificité**. Ces dernières sont influencées par plusieurs facteurs qui peuvent être liés à la femelle elle-même tels que son état physiologique (**la parité, le stade physiologique (allaitante ou non) et la réceptivité**) et à **l'environnement** dans lequel elle évolue.

De plus, **la capacité utérine** définie comme étant le maximum de fœtus que la femelle peut mener à terme lorsque le taux d'ovulation n'est pas un facteur limitant, ne fait pas partie des composantes biologiques de la prolificité, mais influence indirectement celle-ci. En effet, une capacité utérine réduite, limite le développement fœtal et augmente la mortalité prénatale. Chez la lapine, la capacité utérine est estimée par la taille de la portée de la femelle uniovariectomisée. Cette méthode est suffisante vue qu'il n'existe pas de migration transutérine à l'inverse d'autres espèces telles que le porc et la souris.

Par ailleurs, la taille de la portée est liée au **développement fœtal** lui-même influencé par **la position in utero, caractérisée par l'espace vital et la vascularisation utérine**. Aussi, **le sexe du fœtus** pourrait modifier son développement. Concernant ce dernier paramètre, tout fœtus non situé à une extrémité de l'utérus sera positionné entre deux mâles (2 M), deux femelles (0 M), ou un mâle et une femelle (1 M). Ces fœtus produisent différentes hormones qui peuvent diffuser à travers les membranes fœtales, influençant ainsi le

développement des fœtus adjacents, leur morphologie, leur physiologie de reproduction et leur comportement sexuel ultérieur.

CHAPITRE 4

OBJECTIFS DE L'EXPERIMENTATION

En élevage cunicole, la taille de la portée revêt, généralement, un caractère d'importance économique. Or, la lapine de population locale utilisée dans les élevages algériens se caractérise par une taille de portée relativement modeste et très variable. Selon notre synthèse bibliographique, la taille de la portée n'échappe pas à l'influence de facteurs de variation liés soit à l'animal soit au milieu dans lequel il évolue. Elle est, cependant, considérée comme l'un des critères de sélection utilisés afin d'obtenir des souches commerciales prolifiques. C'est dans cette optique, qu'un croisement entre la lapine de population locale et le mâle de la souche INRA 2666 a été réalisé au niveau de l'ITELV, aboutissant à la création d'une souche synthétique dont la taille de la portée est augmentée de près de 17%.

La taille de la portée étant le résultat d'une succession d'étapes physiologiques et morphologiques (ovulation, fertilisation et développement embryonnaire et foetal), l'objectif de notre étude expérimentale est d'identifier les étapes durant lesquelles s'opèrent les modifications, menant à l'amélioration de la portée chez la souche synthétique. Afin d'apprécier ces changements, des essais sont réalisés, basés sur une approche comparative entre la lapine de population locale et la souche synthétique. Dans le but d'alléger la présentation de la méthodologie, nous exposerons d'abord les conditions communes aux trois essais. Par la suite, les protocoles spécifiques, les résultats et la discussion seront présentés pour chacun d'entre eux. Les trois essais portent sur :

- L'étude du taux de fertilisation, de la survie embryonnaire précoce et du développement des embryons à 72h *post coïtum*, chez les lapines de souche synthétique et de population locale algérienne.
- L'étude de la capacité utérine et des facteurs de variation du poids foetal et placentaire chez les lapines de souche synthétique et de population locale.
- L'étude de la prolificité et ses principales composantes biologiques (taux d'ovulation, survie embryonnaire et prénatale).

CHAPITRE 5

CONDITIONS EXPERIMENTALES COMMUNES AUX ESSAIS

Dans cette partie nous décrirons les moyens matériels mis en œuvre pour la réalisation des différentes expériences, ainsi que la présentation des deux populations de lapins étudiées et la composition chimique des aliments. Enfin, nous terminerons par une description de la méthode de la saillie utilisée dans la méthodologie.

5.1. Le bâtiment et le matériel d'élevage :

Nos travaux ont été réalisés au niveau du clapier de la Station Expérimentale de l'Université Saad Dahleb, Blida 1 (**Figure 5.1, page 91**). Le bâtiment, de 180 m² de superficie, est construit en dur et possède une charpente de type métallique (**Figure 5.2**). L'aération, de type statique, est assurée par des fenêtres au nombre de dix. L'éclairage artificiel est effectué à l'aide des néons.



Figure 5.2: Le bâtiment d'élevage cunicole.

Le bâtiment est composé d'un couloir de circulation et de 3 salles : 2 salles de maternité et une d'engraissement. Cette dernière est équipée de 6 batteries à un seul étage. Les batteries ont une capacité et des dimensions différentes (**Figure 5.3**) (**Tableau 5.1**) : deux batteries avec une capacité de 32 cages individuelles chacune (E1 et E2), 2 avec une capacité de 80 cages individuelles chacune (E3 et E4) et enfin, 2 avec une capacité de 20 cages collectives chacune (E5 et E6). Une

de ces deux dernières batteries a été aménagée en module de maternité avec une même capacité (20 cages mères) (E6). Les batteries sont séparées d'un couloir de circulation de 1,5m de largeur pour faciliter la manipulation des animaux et la distribution des aliments. Les cages d'engraissement sont conçues en grillage métallique. Elles sont équipées de mangeoires individuelles et d'un système d'abreuvement automatique à tétines. Les déjections sont directement réceptionnées sur le sol avec une légère pente permettant l'écoulement des urines.

Tableau 5.1: Les dimensions des cages d'engraissement

Batteries engraissement	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)
E1 et E2	44	24	31
E3, E4, E5 & E6 ou M4	71	39	31



Figure 5.3: Salle d'engraissement.

La première salle de maternité (I) comprend un seul module de maternité avec 16 cages individuelles disposées en Flat-Deck (M1) (**Figure 5.4**). En revanche, la deuxième salle (II), comprend deux modules de maternité avec 10 cages individuelles pour chacun et disposées de la même manière que le premier (M2 et M3) (**Figure 5.5**). Les dimensions des cages sont présentées dans le **tableau 5.2**. L'abreuvement et l'alimentation sont assurés respectivement par un système

automatique à tétines et des mangeoires individuelles. Les cages sont équipées par des boîtes à nid en bois.

Tableau 5.2: Les dimensions des cages de maternité

Cages	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)
M1	64	46	35
M2 & M3	71	40	33
M4 ou E6	71	39	31
Boîte à nid (M1 & M4 ou E6)	47	26	30
Boîte à nid (M2 & M3)	39	28	28



Figure 5.4: Salle de maternité (I).



Figure 5.5: Salle de maternité (II).

Dans chaque salle de maternité, cinq cages pour les mâles sont installées pour loger les reproducteurs mâles (**Figure 5.6**) (X1 et X2). Les dimensions des cages sont présentées dans le **tableau 5.3**.

Tableau 5.3: Les cages pour mâles

Cages mâles	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Hauteur (cm)
X1 & X2	71	47	29



Figure 5.6: Les cages pour mâles.

La température et l'hygrométrie sont contrôlées à l'aide de thermo-hygromètres digitaux placés dans chaque salle.

5.2. Les animaux :

Les différentes expériences sont réalisées sur des lapins de population locale algérienne et de souche synthétique ou souche ITELV 2006.

5.2.1. Les lapins de population locale :

Les lapins utilisés proviennent de l'Institut Technique des Elevages de Baba Ali (ITELV), Alger. Ils ont été fournis dans le cadre d'une convention entre ce dernier et le Laboratoire de Recherche « Biotechnologies liées à la Reproduction Animale » de l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université Saad Dahleb, Blida I.

Le cheptel de lapins de population locale a été constitué et mis en reproduction en 1988, à partir de géniteurs provenant de plusieurs wilaya d'Algérie (Ain el Benian, Ain M'Lila, Sidi Belabes, Blida, Constantine, Djelfa, Ksar Chelala, Tiaret et Tizi Ouzou). Les animaux ont été classés en groupe de provenance selon l'une des méthodes décrites par De Rochambeau [506] : les femelles restent dans le groupe de reproduction dont elles sont issues, leurs frères sont affectés à un autre groupe de reproduction. La reproduction des animaux a été menée en système fermé et en croisement rotatif décrit par [507]. La rotation a débuté en 1988 et a été clôturée en 2005 [508]. Le lapin de population locale algérienne présente plusieurs phénotypes résultant des croisements intempestifs et parfois volontaristes avec des races étrangères introduites en Algérie, au cours des années soixante-dix, dans le cadre de certains projets de développement rural (Néo-zélandaise, Californienne, Fauve de Bourgogne, Géant des Flandres, Géant d'Espagne) et entre 1985 et 1989 (Hybrides commerciaux : Hyla et Hyplus) (**Figure 5.7**). Au point de vue morphologique, le lapin local est caractérisé par un poids adulte de 2,8 kg, le classant dans le groupe des races légère à moyenne. Les caractéristiques et les performances de cette population sont rapportées par plusieurs auteurs [64,17,19].

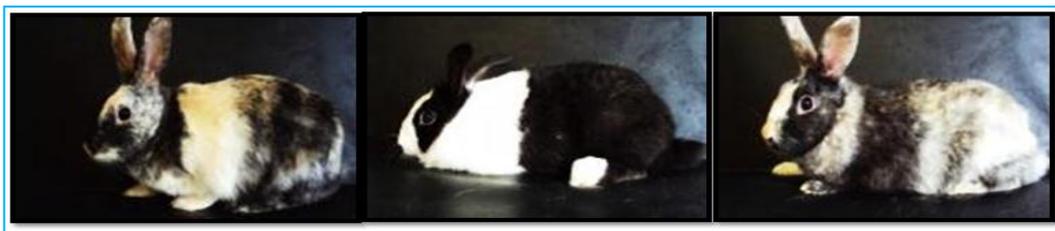


Figure 5.7: Les lapins de population locale.

5.2.2. Les lapins de la souche synthétique :

La souche synthétique ou la souche ITELV 2006 a été créée dans le cadre d'une convention portant sur le transfert de matériel biologique à des fins expérimentales entre l'INRA (France) et l'ITELV (Algérie). La F1 des lapins de souche synthétique a été obtenue par insémination des femelles de population locale algérienne avec la semence de mâles de la souche INRA 2666 en 2003, elle-même issue du croisement entre la souche INRA 2066 et la souche Verde de l'Université de Valencia, en Espagne [509]. Les femelles de population locale ont été inséminées avec la semence prélevée à partir de mâles de souche INRA 2066 de l'élevage expérimental de la SAGA à Auzeville diluée selon la technique classique. Les lapins utilisés dans notre expérimentation appartiennent à la 5^{ème} génération de ce croisement (**Figure 5.8**).



Figure 5.8: Les lapins de souche synthétique.

5.3. L'alimentation :

Durant l'expérimentation, les lapins ont été nourris *ad libitum*. L'aliment est composé de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son, de calcaire, de phosphate bicalcique et de CMV spécial lapin. Cet aliment provient de de l'unité de fabrication des aliments du bétail de Khemis el Khechena (Boumerdes). La composition chimique de cet aliment a été déterminée par les méthodes AFNOR [510] (**Appendice B**) au niveau du Laboratoire d'Analyses Fourragères de l'ENSV

(matière sèche, matière protéique, matières grasses et matière minérale) et de L'ITELV (la cellulose brute, NDF, ADF et ADL). A chaque réception de l'aliment, un échantillon est prélevé et identifié. Tous les prélèvements sont ensuite mélangés et un échantillon définitif est broyé et analysé. La composition chimique de l'aliment montre que la matière sèche est en moyenne de 90,3%. Le taux des protéines brutes, de la cellulose brute, des matières grasses et des matières minérales, exprimées en matière sèche sont respectivement de 17,1%, 16,5%, 3,2% et 7,7%. Les composantes des fibres sont estimées en moyenne à 34,1% pour NDF, 13,15% pour ADF et 4,1% pour ADL (**Tableau 5.4**).

Tableau 5.4: La composition chimique de l'aliment utilisé au cours des expériences

Composantes	Expérience I & II	Expérience II
Matière sèche (%)	90,2	90,4
Protéines brutes (%MS)	18,1	16,1
Cellulose brute (%MS)	15,1	17,9
Matières grasses (%MS)	3,8	2,6
Cendres (%MS)	8,3	7,1
NDF (%MS)	34,2	34,1
ADF (%MS)	17,3	19
ADL (%MS)	3,9	4,2

MS : Matière sèche ; **NDF** : Neutral Detergent Fiber ; **ADF** : Acid Detergent Fiber ; **ADL** : Acid Detergent Lignin

5.4. Saillie et évaluation de la réceptivité :

Avant chaque saillie, les femelles sont pesées et la coloration de la vulve et son état de turgescence sont notés. Les lapines sont considérées réceptives lorsque la vulve est rose ou rouge et turgescence. Par contre, elles sont non réceptives, lorsqu'elles présentent une vulve rose pâle ou blanche et non turgescence [511]. Les saillies sont effectuées le matin, entre 9h et 10h. La femelle est introduite dans la cage d'un premier mâle. Si la lapine est réceptive, dans un intervalle de temps maximal de 5 minutes, elle s'immobilise rapidement, s'étend et relève légèrement l'arrière train (position de lordose). Cependant, si la femelle refuse l'accouplement avec le premier mâle, elle est représentée le jour même à un

deuxième mâle, voire même à un troisième jusqu'à l'acceptation de la saillie. Les lapines sont saillies la première fois vers l'âge de 4,5 mois et entre 9 à 14 jours après la mise bas pour les parités suivantes (rythme de reproduction semi intensif). A 12 jours *post coitum*, le diagnostic de gestation est réalisé par palpation abdominale. Cinq jours avant la date présumée de la mise bas, les boites à nid sont nettoyées, désinfectées et mise en place, contenant des copeaux de bois pour permettre à la femelle de construire son nid. A l'âge de 30 jours, les lapereaux sont sevrés puis transférés directement à la salle d'engraissement.

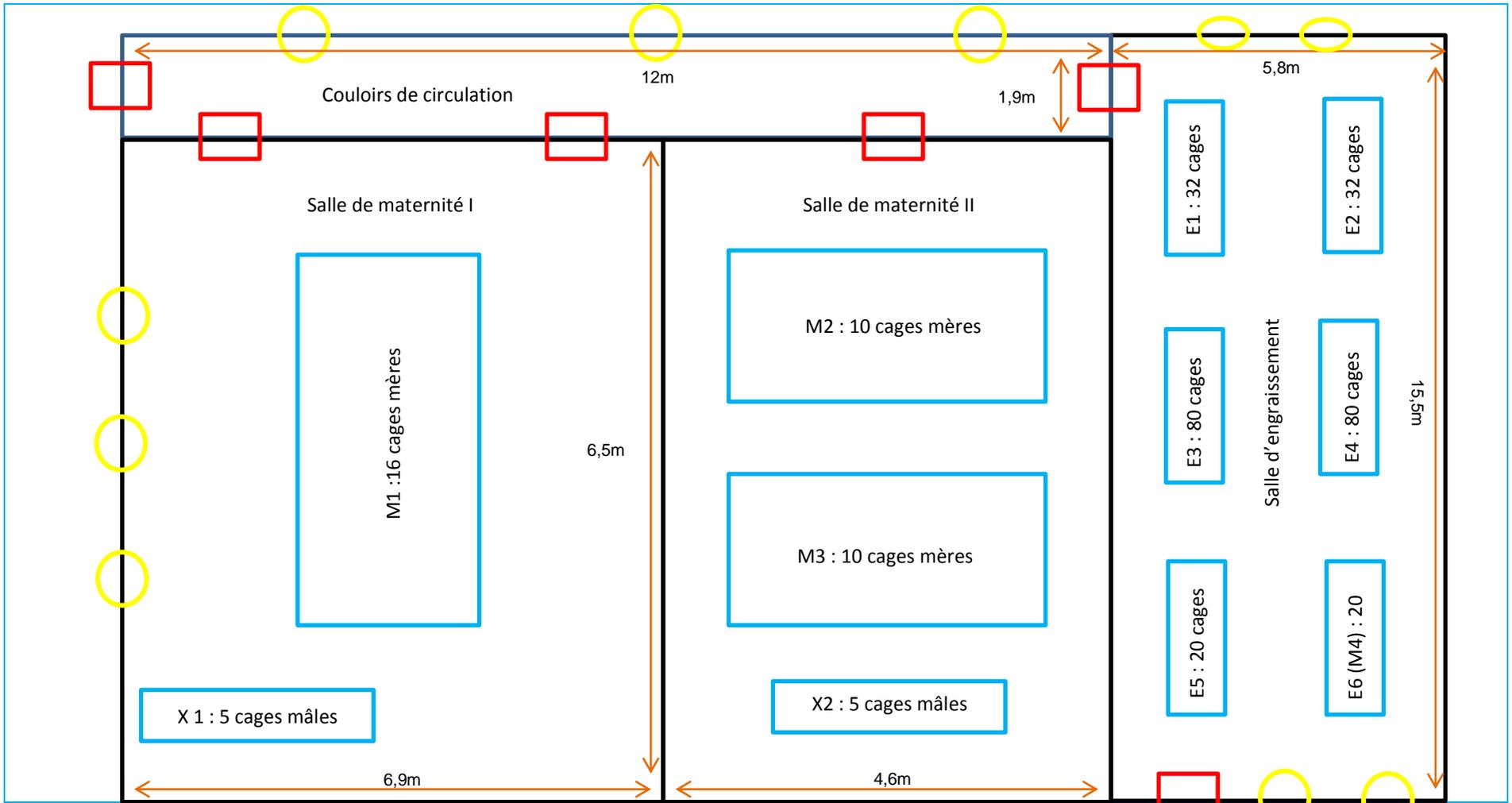


Figure 5.1: Schéma du bâtiment cunicole (Porte :  ; fenêtre : ).

CHAPITRE 6

EXPERIENCE 1

Etude du taux de fertilisation, de la survie embryonnaire précoce et du développement des embryons à 72h *post coïtum*, chez les lapines de la souche synthétique et de population locale algérienne

6.1. L'objectif :

L'objectif de cette expérience est de comparer le développement embryonnaire précoce, entre les lapines de population locale algérienne et celles de la souche synthétique. Les paramètres concernés par cette comparaison sont : le statut ovarien, le taux de fertilisation, la survie et le développement embryonnaire à 72 heures *post coïtum*.

6.2. Matériel et méthodes :

6.2.1. Durée et paramètres d'ambiance de l'expérimentation :

L'expérimentation s'est déroulée entre le mois d'août 2013 et le mois de mars 2014. La température et l'hygrométrie moyennes, contrôlées quotidiennement, étaient respectivement de 21 °C et 68%.

6.2.2. Les animaux :

L'étude est réalisée sur un total de 47 femelles (population locale : n = 23 et souche synthétique : n = 24). Les critères de choix des femelles étaient :

- **Age** : 4,5 mois.
- **Poids vif homogène** : 2785 ± 201 g pour les femelles de population locale et 2921 ± 184 g pour les lapines de la souche synthétique.
- **Un bon état sanitaire.**

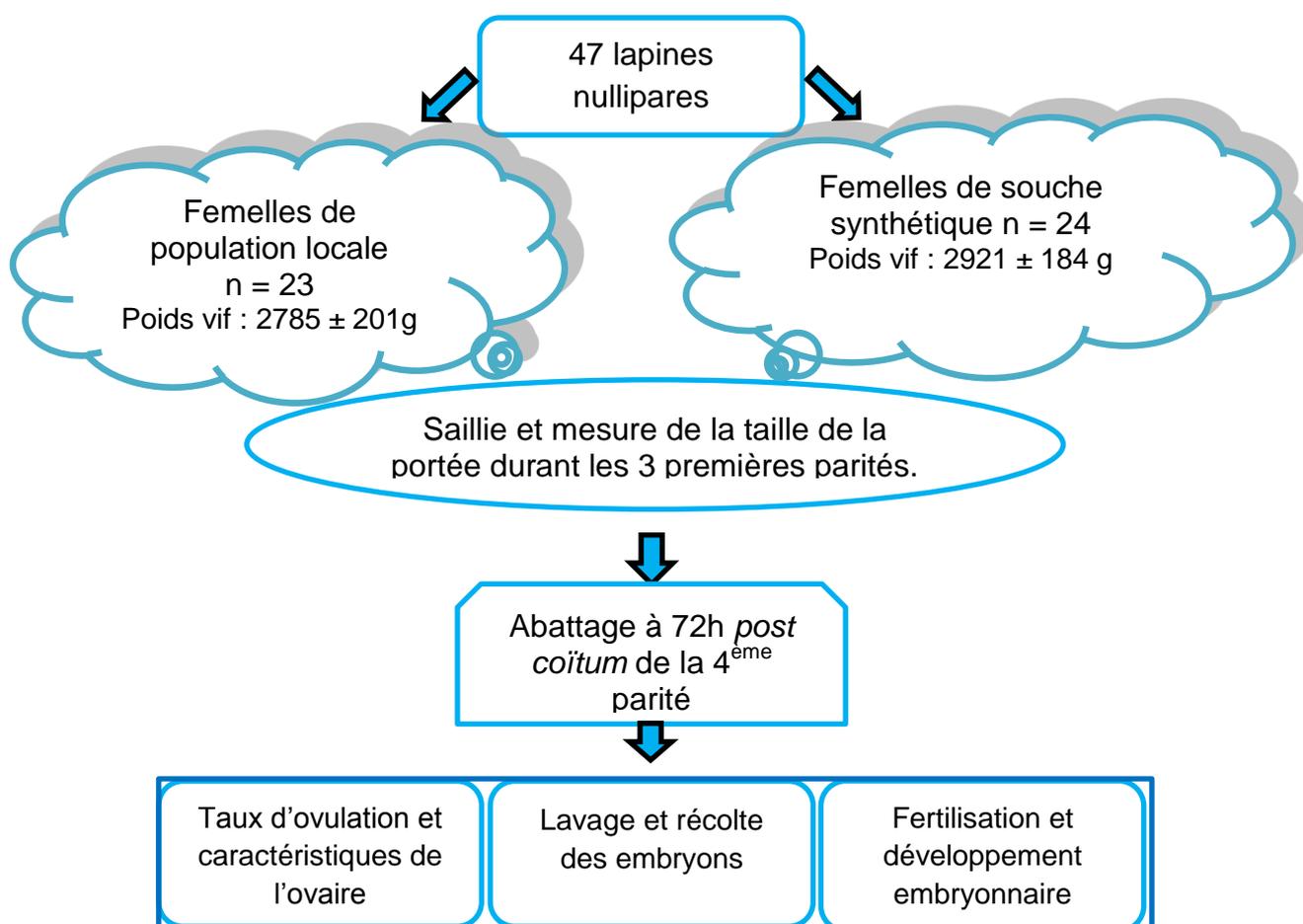
Cinq mâles de population locale (poids vif 3087 ± 121g) et 7 de souche synthétique (poids vif de 3116 ± 443g) sont utilisés pour saillir les femelles avec

un rythme de 3 saillies par semaine et un repos d'un jour entre deux saillies consécutives.

Au cours de l'expérimentation, les lapins sont abreuvés et nourris *ad libitum* avec un aliment granulé spécial lapin. La composition chimique de l'aliment est présentée dans la partie qui traite les conditions expérimentales communes aux essais.

6.2.3. Le protocole expérimental :

Les principales étapes de l'expérimentation sont représentées dans le schéma suivant :



6.2.3.1. La saillie :

Les femelles sont saillies la première fois à l'âge de 4,5 selon la méthode décrite dans les conditions expérimentales communes aux essais. La taille de la portée à

la naissance est mesurée durant les trois premières parités. A la 3^{ème} parité, 48 heures après le sevrage, les lapines ont été pesées puis saillies.

6.2.3.2. Abattage des femelles :

A 72 heures *post coïtum*, les lapines ayant accepté la saillie sont sacrifiées par saignée. Après dépouillement, la femelle est mise en décubitus dorsal et l'ensemble des ovaires, des oviductes et du canal vaginal est prélevé.

6.2.3.3. Taux d'ovulation et caractéristiques des ovaires :

Les ovaires sont minutieusement débarrassés des tissus adipeux et pesés séparément à l'aide d'une balance de précision. Les corps jaunes ainsi que les follicules hémorragiques sont dénombrés (**Figure 6.1**).

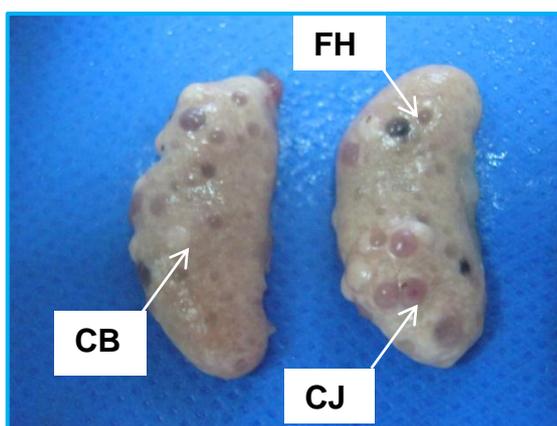


Figure 6.1 : Ovaires à 72 heures *post coïtum*. **CJ** : Corps jaunes ; **FH** : Follicule hémorragique ; **CB** : Corps blanc.

6.2.3.4. Lavage des cornes utérines et récolte d'embryons :

Les cornes utérines débarrassées de leur graisse, sont séparées et coupées entre les deux cervix. Le lavage a concerné l'oviducte, la jonction utéro-tubaire et le premier tiers de la corne utérine (**Figure 6.2**). A 72h *post coïtum*, les embryons en développement se localisent généralement au niveau de la jonction utéro tubaire.

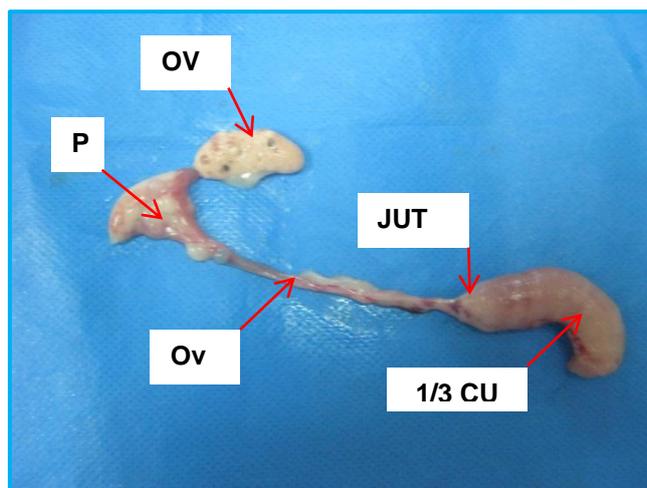


Figure 6.2 : Séparation des cornes utérines avant la récolte des embryons.

OV : Ovaire, **P** : Pavillon ; **Ov** : Oviducte ; **JUT** : Jonction utéro-tubaire ;
1/3CU : le 1/3 de la corne utérine.

Le lavage est réalisé à l'aide d'une solution tampon Dulbecco's Phosphate Buffered Saline (9,6g/l ; Sigma, St. Louis, MO, USA). Une seringue de perfusion contenant 5 ml de la solution tampon est introduite dans le pavillon. Le tractus génital (oviducte, la jonction utéro-tubaire et le premier tiers de la corne utérine) est ainsi lavé. Le perfusât est recueilli dans une boîte de pétri quadrillée afin de faciliter l'observation et le comptage des embryons. Dans le cas où le nombre d'œufs récoltés est inférieur au nombre de corps jaunes dénombrés, le lavage est alors répété jusqu'à ce que tous les ovocytes ou œufs segmentés soient retrouvés (**Figure 6.3**).

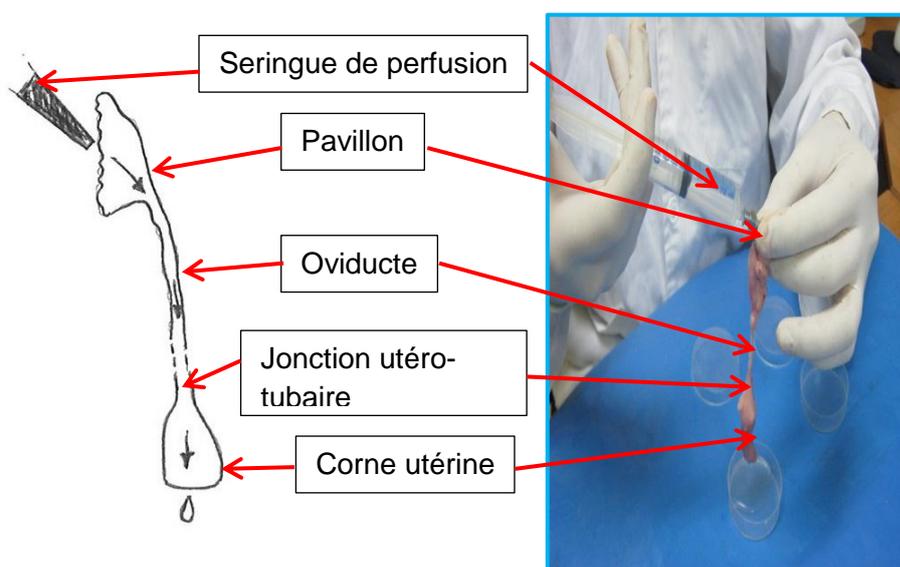


Figure 6.3: Collecte des embryons.

6.2.3.5. Identification et classification des embryons :

Le perfusât de collecte est observé sous un microscope inversé (X10) (Hund Wilovert S30) pour dénombrer et évaluer la qualité des œufs récoltés selon les critères morphologiques cités par Hafez [512]. Les œufs collectés sont classés en 5 catégories :

6.2.3.5.1. Ovocytes :

En général, l'ovocyte est un œuf présentant des pronucléus mâle et femelle. Il peut présenter deux globules polaires ou bien la tête du spermatozoïde dans l'espace périvitellin. Ils sont caractérisés aussi par un noyau présentant des taches noirâtres et un manteau muqueux pas assez large (**Figure 6.4**).



Figure 6.4: Ovocyte (X10).

6.2.3.5.2. Morula précoce :

Les blastomères sont difficilement identifiables en raison de leur nombre élevé. Ils occupent tout l'espace périvitellin (**Figure 6.5**).

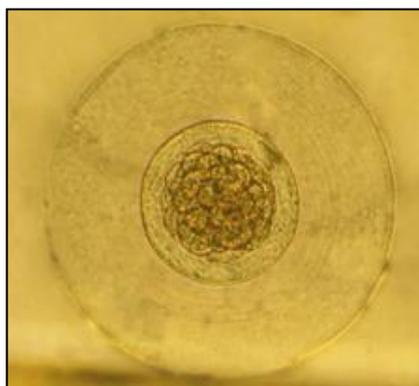


Figure 6.5 : Morula précoce (X10).

6.2.3.5.3. Morula compactée :

A l'inverse de la morula précoce, les blastomères de la morula compactée sont fusionnés, formant une masse compacte. L'embryon n'occupe plus que 60 à 70% de l'espace périvitellin (**Figure 6.6**).

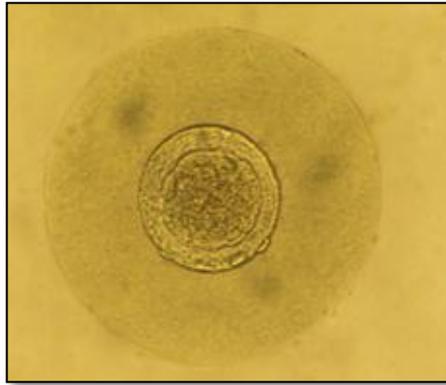


Figure 6.6 : Morula compactée (X10).

6.2.3.5.4. Jeune blastocyste :

Dans le jeune blastocyste, une cavité remplie de liquide ou blastocœle commence à se former. L'embryon occupe 70 à 80% de l'espace périvitellin. Une différence entre les cellules de la masse cellulaire interne et les cellules trophoblastiques est visible à ce stade de développement (**Figure 6.7**).

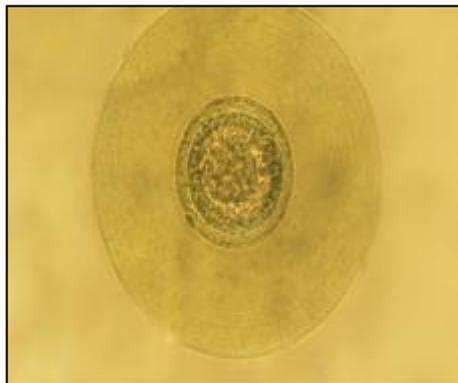


Figure 6.7: Jeune blastocyste (X10).

6.2.3.5.5. Embryon anormal :

L'embryon anormal présente soit des granules cytoplasmiques noirâtres, soit un retard de croissance ou une forme irrégulière. Une combinaison de deux ou trois anomalies peut être observée (**Figure 6.8**).

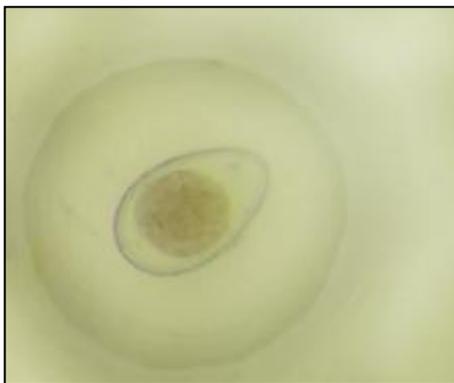


Figure 6.8: Embryon anormal (X10).

6.2.3.6. Les paramètres mesurés et calculés:

Les paramètres mesurés et calculés chez les lapines au cours de l'expérience sont regroupés dans le **tableau 6.1**:

Tableau 6.1: Les paramètres mesurés et calculés chez les lapines

Paramètres	Définition
<i>Paramètres mesurés</i>	
Le taux d'ovulation (TO)	Le taux d'ovulation est estimé par le comptage des corps jaunes hémorragiques sur les deux ovaires à savoir le comptage des follicules présentant des stigmas d'ovulation récents.
Le nombre de follicules hémorragiques (FH)	Les follicules sans stigmas d'ovulation, présentant une cavité antrale remplie de sang et ayant un diamètre supérieur à 1 mm.
Le nombre total d'embryons collectés	Le nombre total d'œufs fécondés ou

(TEC)	fertilisés.
Le nombre d'embryons normaux collectés (EN)	Le nombre d'embryons qui ne présentent aucune anomalie ou retard de croissance.
Le nombre d'embryons anormaux collectés (EA)	Le nombre d'embryons qui présentent des anomalies ou un retard de croissance
Le nombre d'œufs non fécondés (ONF)	Le nombre d'ovocytes.
<i>Les paramètres calculés</i>	
Le nombre total d'œufs collectés (TOC)	Le nombre d'embryons (TEC) plus le nombre d'ovocytes : $TOC = TEC + ONF$.
Taux de fertilisation	Le ratio entre le nombre d'embryons collectés ($TEC = EN + EA$) et le nombre total d'œufs collectés ($TOC = TEC + ONF$) : $TF = (100 * TEC / [TEC+ONF])$.
La survie embryonnaire précoce (SEP)	Le ratio entre le nombre d'embryons normaux (EN) et le taux d'ovulation : $SEP = (100*EN/TO)$.
Le pourcentage d'embryons normaux (EN)	$(\%EN = 100 * [EN/TEC])$
Le pourcentage d'embryons anormaux (EA)	$(\%EA=100* [EA/TEC])$
Le pourcentage de morula précoce (MP)	$(\%MP=100* [MP/EN])$
Pourcentage de morula compactée (MC)	$(\%MC=100* [MC/EN])$
Pourcentage des jeunes blastocystes (JB)	$(\%B=100* [JB/EN])$

6.3. Analyse statistique:

Les résultats sont présentés par la somme des moindres carrés et l'erreur standard. Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel SAS (*version 9.1.3; SAS Institute, 2002*).

6.3.1. La taille de la portée :

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

$$y_{ijklmn} = \mu + R_i + P_j + LS_k + S_l + p_{ijklm} + e_{ijklmn}$$

μ : la somme des moindres carrés, R_i : l'effet de la population avec deux niveaux (synthétique et locale), P_j : l'effet de la parité avec 3 niveaux (nullipares, primipares et multipares), LS_k : l'effet de la lactation avec trois niveaux (nullipares, femelles allaitantes et non allaitantes), S_l : l'effet de la saison avec trois niveaux définition (été, automne et hiver), p_{ijklm} : l'effet permanent de l'environnement, e_{ijklmn} : l'erreur.

6.3.2. Les paramètres mesurés au moment de l'abattage :

Le modèle statistique pour l'analyse du poids vif, le poids des ovaires, le nombre de follicules hémorragiques, le nombre total d'embryons collectés, le nombre d'embryons normaux et anormaux, le nombre d'ovocytes, le taux de fertilisation, le pourcentage de morula précoce, compactée et blastocystes a inclus uniquement l'effet population et selon la procédure GLM:

$$y_{ijk} = \mu + R_i + e_{ij}$$

μ : la somme des moindres carrés, R_i : l'effet de la population avec deux niveaux (synthétique et locale), e_{ij} : l'erreur. Le taux d'ovulation, le poids des ovaires, le nombre de follicules hémorragiques et le nombre total d'embryons collectés sont analysés avec différentes covariables selon la procédure GLM.

Enfin, pour apprécier la relation entre les différents paramètres mesurés, nous avons effectué une analyse en composantes principales à l'aide du logiciel STATGRAPHICS® Centurion XVI.

6.4. Résultats :

Dans cette étude, nous présenterons la taille de la portée des femelles de la souche synthétique et celle de la population locale enregistrée au cours des trois premières parités. Une comparaison est effectuée, par la suite, entre les deux groupes de femelles à la 4^{ème} parité et concerne le taux d'ovulation, le taux de fertilisation, la survie embryonnaire précoce et le développement des embryons à 72h *p.c.* Enfin, nous terminerons par une analyse en composantes principales entre les différents paramètres mesurés.

6.4.1. Taille de portée, ovulation et caractéristiques des embryons :

La taille de la portée, les caractéristiques des ovaires, la survie et le développement embryonnaire précoces sont présentés dans le **tableau 6.2**. La taille de la portée moyenne mesurée au cours des trois premières parités est de 8,3 et 7 lapereaux respectivement chez les femelles de la souche synthétique et de la population locale, soit un écart hautement significatif de 1,3 lapereaux ($P < 0,001$). A l'abattage, les femelles de la souche synthétique avaient un poids vif plus élevé (3416 vs 3278 g). Cependant, l'écart enregistré de plus 4% n'est pas significatif ($P > 0,05$).

Le taux d'ovulation moyen (mesuré par le comptage des corps jaunes hémorragiques sur les deux ovaires), chez les lapines de la souche synthétique est de 13,3 contre 8,7 corps jaunes pour les femelles de la population locale. L'effet du type génétique sur le taux d'ovulation est hautement significatif (+ 4,6 corps jaunes ; $P < 0,001$). Le poids moyen des ovaires varie significativement entre les deux groupes expérimentaux. En effet, les femelles de la souche synthétique présentent des ovaires plus lourds (+28 % ; $P < 0,01$). Toutefois, cet écart perd sa signification lorsque le poids des ovaires est corrigé par le taux d'ovulation.

A 72h *post coïtum*, le nombre moyen des follicules hémorragiques est significativement plus élevé chez les femelles de la souche synthétique (+1,2 ; $P < 0,01$). En utilisant le taux d'ovulation comme covariable, la signification de l'écart entre les deux lots persiste ($P < 0,01$). Le nombre total d'embryons collectés est de 11,6 chez les femelles de la souche synthétique contre 7,7 embryons chez les femelles de population locale. L'écart enregistré entre les deux types génétiques est

hautement significatif mais perd sa signification lorsque le taux d'ovulation est utilisé comme covariable.

Par ailleurs, les femelles de la souche synthétique présentent un pourcentage d'embryons normaux plus faible que celui enregistré chez les femelles de population locale (95,3 vs 98,1 %). Cependant, l'écart noté entre ces valeurs montre une tendance vers la signification ($P = 0,076$). Toutefois, le nombre moyen d'œufs non fécondés, le taux de fertilisation ainsi que la survie embryonnaire précoce sont comparables entre les deux groupes de lapines.

Le développement embryonnaire est précoce chez les femelles de la population locale (**Figure 6.9**). En effet, ces dernières présentent un pourcentage de morula précoce plus élevé (31,5 vs 8,5 %; $P < 0,01$) et de morula compactée plus faible (51,4 vs 78,6 %; $P < 0,01$), et enfin, un pourcentage de blastocystes plus élevé (+ 25 %) mais non significatif (5%).

Tableau 6.2: La taille de la portée, le taux de fertilisation, les caractéristiques des ovaires et des embryons chez les lapines de souche synthétique et de population locale (LSM \pm ES)

Traits	Souche synthétique (n=24)	Population locale (n=23)	D _{S-L} \pm ES	P
TP ^a , Lp	8,31 \pm 0,18	7,00 \pm 0,19	1,30 \pm 0,26	2,48e-06
PV, g	3416,83 \pm 69,93	3278,91 \pm 71,43	137,92 \pm 99,97	0,175
TO, Cj	13,29 \pm 0,41	8,74 \pm 0,42	4,55 \pm 0,59	9,89e-10
PO, g	0,53 \pm 0,03	0,38 \pm 0,03	0,15 \pm 0,04	0,001
PO _{TO} , g	0,48 \pm 0,03	0,43 \pm 0,02	0,05 \pm 0,05	0,332
PO _{PV} , g	0,51 \pm 0,02	0,40 \pm 0,02	0,12 \pm 0,03	0,001
FH	1,62 \pm 0,22	0,43 \pm 0,23	1,19 \pm 0,32	0,001
FH _{TO}	1,73 \pm 0,29	0,32 \pm 0,29	1,40 \pm 0,49	0,006
TEC, embryons	11,62 \pm 0,39	7,69 \pm 0,40	3,92 \pm 0,56	1,02e-08
TEC _{TO}	10,09 \pm 0,35	9,30 \pm 0,36	0,79 \pm 0,59	0,189
EN, %	95,31 \pm 1,08	98,11 \pm 1,10	-2,81 \pm 1,54	0,076
EA, %	4,69 \pm 1,08	1,88 \pm 1,10	2,81 \pm 1,54	0,076

ONF	1,50 ± 0,29	0,87 ± 0,29	0,63 ± 0,41	0,131
TF, %	88,63 ± 2,54	91,18 ± 2,60	-2,54 ± 3,65	0,487
SEP, %	83,69 ± 2,92	87,48 ± 2,99	-3,80 ± 4,18	0,368
MP, %	31,50 ± 4,86	8,50 ± 4,97	22,99 ± 6,95	0,002
MC, %	51,45 ± 4,93	78,65 ± 5,03	-27,20 ± 7,04	0,001
B, %	17,05 ± 4,15	12,84 ± 4,24	4,12 ± 5,94	0,482

TP: taille de la portée. **Lp**: lapereau. **a**: les femelles de la souche synthétique ont 73 données et celles de population locale 70 données ; **Cj**: corps jaunes hémorragiques ; **PV**: poids vif ; **TO**: taux d'ovulation ; **PO**: poids des ovaires ; **POTO**: poids des ovaires avec le taux d'ovulation comme une covariable ; **POPV**: poids des ovaires avec le poids vif comme une covariable. **FH**: follicules hémorragiques ; **FHTO**: follicules hémorragiques avec le taux d'ovulation comme une covariable ; **TEC**: nombre total d'embryons collectés ; **TECOR**: le nombre total d'embryons collectés avec le taux d'ovulation comme une covariable ; **EN**: pourcentage d'embryons normaux collectés ; **EA**: pourcentage d'embryons anormaux collectés ; **ONF**: nombre d'œufs non fécondés ou ovocytes ; **TF**: Taux de fertilisation ; **SEP**: survie embryonnaire précoce ; **MP**: pourcentage de morula précoce ; **MC**: pourcentage de morula compactée ; **B**: pourcentage des jeunes blastocystes.

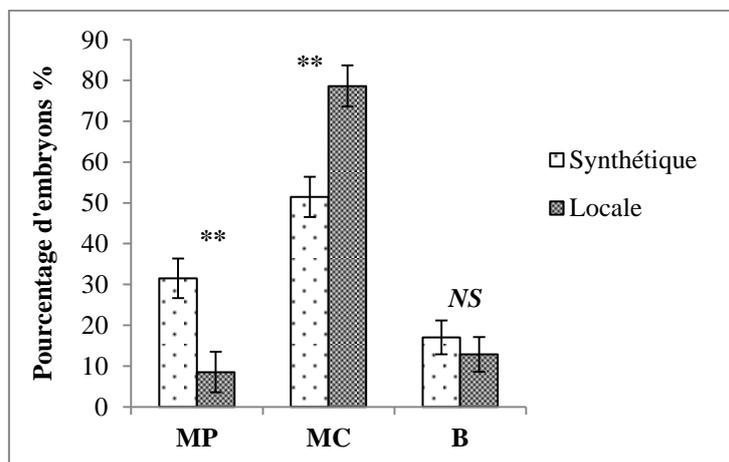


Figure 6.9: Les différents stades du développement embryonnaire chez les lapines de souche synthétique et de population locale. **MP**: morula précoce. **MC**: morula compactée. **B**: jeunes blastocystes.

6.4.2. Corrélations entre les différents paramètres étudiés :

6.4.2.1. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique :

L'analyse en composantes principales pour les paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique (**Figure 6.10**) montre que les deux composantes expliquent 66,4% de la variation totale. Les paramètres qui contribuent à la formation de la première composante (41,1%) sont le taux de fertilisation, la survie

embryonnaire précoce, le nombre d'œufs non fécondés et le pourcentage d'embryons normaux.

La survie embryonnaire précoce est négativement corrélée avec le nombre d'œufs non fécondés et le pourcentage d'embryons anormaux ($R = -0,83$; $P < 0,05$ et $R = -0,72$; $P < 0,01$ respectivement), mais corrélée positivement avec le taux de fertilisation ($R = 0,89$; $P < 0,01$) et le pourcentage d'embryons normaux ($R = 0,72$; $P < 0,01$) (**Tableau 6.3**).

Concernant la deuxième composante (25,3%), les paramètres participant à sa formation sont le taux d'ovulation, le nombre total d'embryons collectés, le pourcentage d'embryons anormaux et le poids des ovaires. Une corrélation positive et significative est notée entre le poids vif des femelles et le poids de leurs ovaires d'une part, et la survie embryonnaire précoce et le pourcentage d'embryons normaux d'autre part ($R = 0,73$; $P < 0,01$). De même, le taux d'ovulation est corrélé positivement avec le nombre total d'embryons collectés ($R = 0,73$; $P < 0,01$).

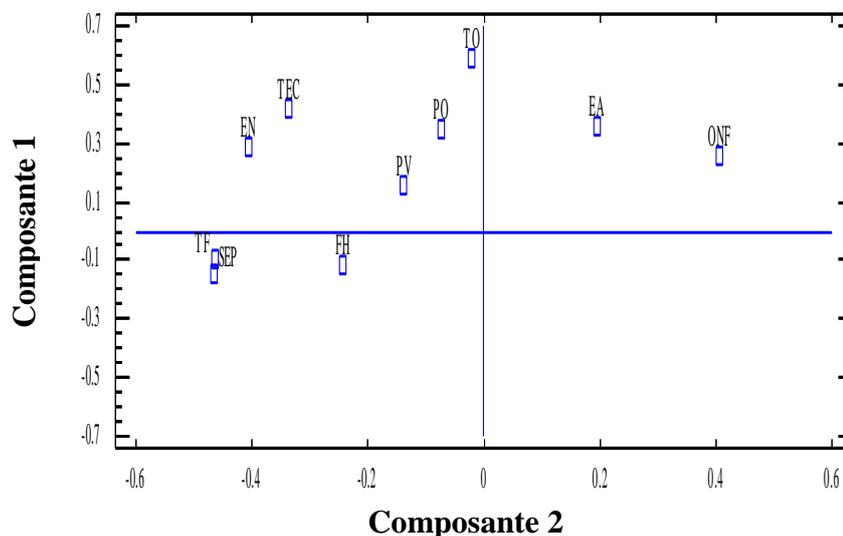


Figure 6.10: Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique.

PV : poids vif, **PO** : poids des ovaires ; **TO** : taux d'ovulation, **FH** : follicules hémorragiques, **TEC** : nombre total d'embryons collectés, **EN** : pourcentage d'embryons normaux, **EA** : pourcentage d'embryons anormaux, **ONF** : nombre

Tableau 6.3: Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les deux groupes de lapines[#]

	PV	TO	PO	FH	TEC	EN	EA	ONF	SEP	TF
PV		0,02	0,74**	0,40*	0,12	0,21	0,21	-0,01	0,22	0,09
TO	0,60**		0,30	-0,23	0,73**	-0,28	0,28	0,38*	-0,17	-0,11
PO	0,32	0,46*		0,10	0,22	-0,07	0,07	0,12	0,02	0,01
FH	0,18	0,16	0,32		0,13	0,12	-0,12	-0,42*	0,42*	0,43*
TEC	0,56*	0,73**	0,37*	0,33		0,03	-0,03	-0,32*	0,48*	0,56**
EN	-0,37*	-0,61**	-0,34*	0,01	-0,38		-0,90**	-0,39*	0,72**	0,67**
EA	0,37*	0,61**	0,34*	-0,01	0,38	-0,90**		0,39*	-0,72**	-0,30
ONF	0,23	0,55**	0,22	-0,19	-0,14	-0,47*	0,46*		-0,83*	-0,94*
SEP	-0,02	-0,38*	-0,05	0,19	0,31	0,42*	-0,42	-0,90*		0,89**
TF	-0,05	-0,32	-0,02	0,22	0,34	0,42*	-0,24	-0,93**	0,93**	

[#]Lapines de la souche synthétique et lapines de population locale sont situées respectivement en haut et bas du tableau. * P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; ***P < 0,001. **PV** : poids vif ; **PO** : poids des ovaires ; **TO** : taux d'ovulation ; **FH** : follicules hémorragiques ; **TEC** : nombre total d'embryons collectés ; **EN** : pourcentage d'embryons normaux ; **EA** : pourcentage d'embryons anormaux ; **ONF** : nombre d'œufs non fécondés ou ovocytes ; **SEP** : survie embryonnaire précoce ; **TF** : taux de fertilisation.

d'œufs non fécondés ou ovocytes, **SEP** : survie embryonnaire précoce, **TF** : taux de fertilisation.

6.4.2.2. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de population locale :

Chez les femelles de population locale, les deux premières composantes expliquent 72,8% de la variabilité des paramètres mesurés (composante 1 : 37,9 % et composante 2 : 34,9 %) (**Figure 6.11**). Les principales variables qui contribuent le plus à la formation de la première composante sont le poids vif des femelles, le taux d'ovulation, le nombre total d'embryons collectés, normaux et anormaux. En revanche, seuls le taux de fertilisation et la survie embryonnaire précoce ont contribué dans la formation de la deuxième composante.

La corrélation entre le taux d'ovulation et le poids vif d'une part et le nombre d'embryons anormaux d'autre part, sont positives et significatives ($R = 0,60$; $P < 0,01$) (**Tableau 6.3**). De même, le taux d'ovulation est positivement corrélé avec le nombre total d'embryons collectés ($R = 0,73$; $P < 0,01$). Cependant, la corrélation est négative mais significative entre le pourcentage d'embryons normaux et le taux d'ovulation ($R = -0,61$; $P < 0,01$). Par ailleurs, le poids vif des femelles est corrélé positivement et significativement avec le poids des ovaires ($R = 0,73$; $P < 0,01$). Une corrélation négative et significative est retrouvée entre le nombre d'ovocytes et la survie embryonnaire précoce ($R = -0,90$; $P < 0,05$) d'une part et le taux de fertilisation d'autre part ($R = -0,93$; $P < 0,01$). La corrélation entre le taux de fertilisation et la survie embryonnaire précoce est positive et significative ($R = 0,93$; $P < 0,01$).

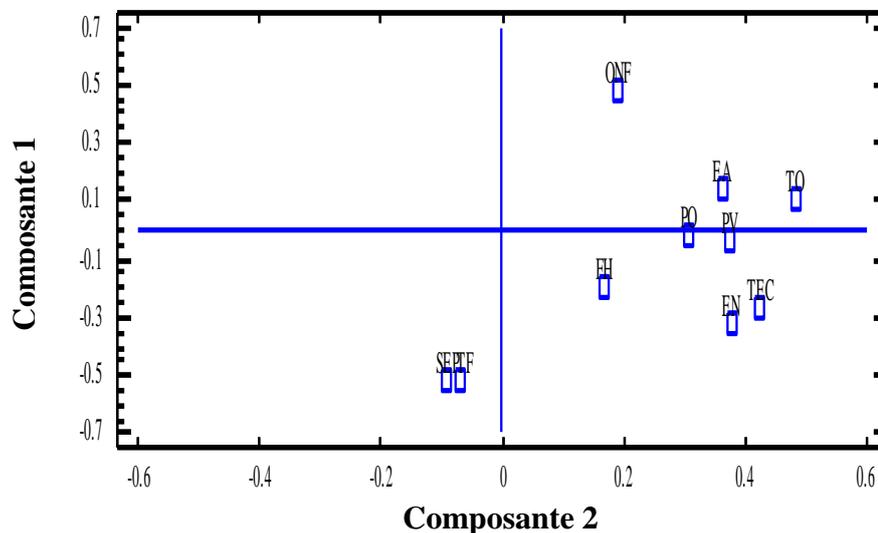


Figure 6.11: Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la population locale.

PV : poids vif, **PO** : poids des ovaires ; **TO** : taux d'ovulation, **FH** : follicules hémorragiques, **TEC** : nombre total d'embryons collectés, **EN** : pourcentage d'embryons normaux, **EA** : pourcentage d'embryons anormaux, **ONF** : nombre d'œufs non fécondés ou ovocytes, **SEP** : survie embryonnaire précoce, **TF** : taux de fertilisation.

6.4.2.3. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les deux groupes de lapines :

L'analyse en composantes principales regroupant les paramètres des deux génotypes est présentée dans la **figure 6.12** pour les composantes **1** et **2** et dans la **figure 6.13** pour les composantes **2** et **3**. Les résultats montrent que les trois premières composantes expliquent 81,8 % de la variabilité des paramètres mesurés, avec toutefois, un effet variable selon ces dernières : composante **1** = 40,4% ; composante **2** = 28,3% ; composante **3** = 13,1 %.

Les principales variables définissant la première composante sont le pourcentage d'embryons normaux et anormaux, le nombre d'œufs non fécondés, la survie embryonnaire précoce, le taux de fertilisation et d'ovulation. La corrélation entre le nombre d'œufs non fécondés et le taux de fertilisation d'une part et la survie embryonnaire précoce d'autre part est négative ($R = - 0,91$; $P < 0,001$ et $R = - 0,87$; $P < 0,001$ respectivement) (**Tableau 6.4.**). En revanche, le taux de fertilisation et la survie embryonnaire précoce sont liées positivement ($R = 0,91$; $P < 0,01$).

Par ailleurs, les principaux paramètres ayant participé dans la formation de la deuxième composante sont le nombre de follicules hémorragiques, le poids vif des femelles et des ovaires, le nombre total d'embryons collectés, le taux de fertilisation et la survie embryonnaire précoce. L'analyse statistique montre une corrélation élevée et positive entre le poids des ovaires et le nombre total d'embryons collectés ($R = 0,53$; $P < 0,001$). En revanche, la corrélation entre ce dernier paramètre et le poids des femelles est faible ($R = 0,33$; $P < 0,05$). Une corrélation significative est notée entre le taux d'ovulation et le poids des ovaires ($R = 0,57$; $P < 0,001$). Elle est

cependant faible mais toujours significative avec le poids des femelles ($R = 0,31$; $P < 0,05$). Le nombre total d'embryons collecté et le taux d'ovulation sont corrélés positivement ($R = 0,87$; $P < 0,001$).

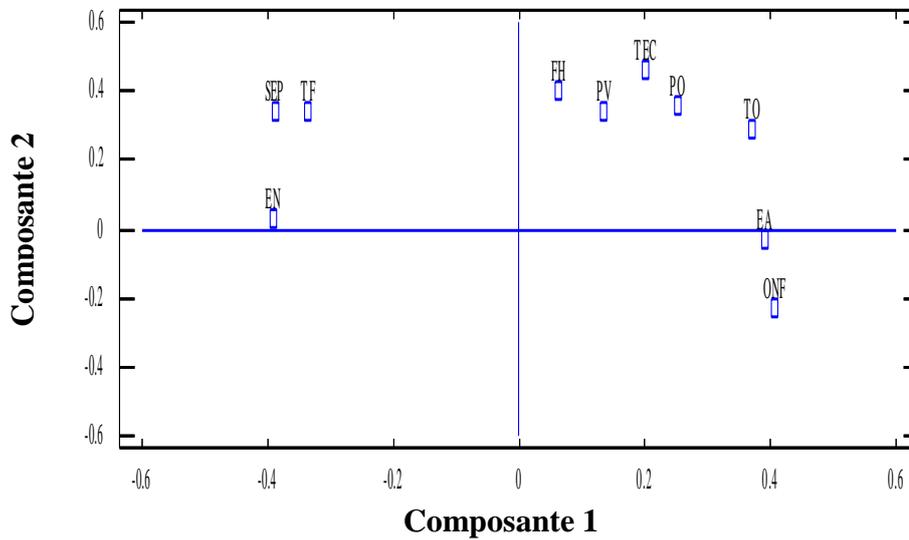


Figure 6.12 : Analyses en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (composante 1 et 2).

PV : poids vif, **PO** : poids des ovaires, **TO** : taux d'ovulation, **FH** : follicules hémorragiques, **TEC** : nombre total d'embryons collectés, **EN** : pourcentage d'embryons normaux, **EA** : pourcentage d'embryons anormaux, **ONF** : nombre

Tableau 6.4: Corrélations entre les différents paramètres mesurés pour l'ensemble des lapines

	TO	PO	FH	TEC	EN	EA	ONF	SEP	TF
PV	0,31*	0,64**	0,40**	0,33*	-0,02	0,02	0,12	0,07	-0,005
TO		0,57***	0,31**	0,87***	-0,45**	0,45**	0,47***	-0,29*	0,23
PO			0,35*	0,53***	-0,24	0,24	0,23	-0,07	-0,06
FH				0,45**	-0,05	0,05	-0,15	0,19	0,19
TEC					-0,27	0,27	0,009	0,17	0,20
EN						-1***	-0,44***	0,56***	0,31*
EA							0,44***	-0,56***	-0,31*
ONF								-0,87***	-0,91***
SEP									0,91***
TF									

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001, **PV** : poids vif ; **PO** : poids des ovaires ; **TO** : taux d'ovulation ; **FH** : follicules hémorragiques ; **TEC** : nombre total d'embryons collectés ; **EN** : pourcentage d'embryons normaux ; **EA** : pourcentage d'embryons anormaux ; **ONF** : nombre d'œufs non fécondés ou ovocytes ; **SEP** : survie embryonnaire précoce ; **TF** : taux de fertilisation.

d'œufs non fécondés ou ovocytes, **SEP** : survie embryonnaire précoce, **TF** : taux de fertilisation.

La 3^{ème} composante comprend le pourcentage d'embryons normaux et anormaux, le poids des femelles et les poids des ovaires. La corrélation entre le nombre d'embryons normaux et anormaux est de -1.

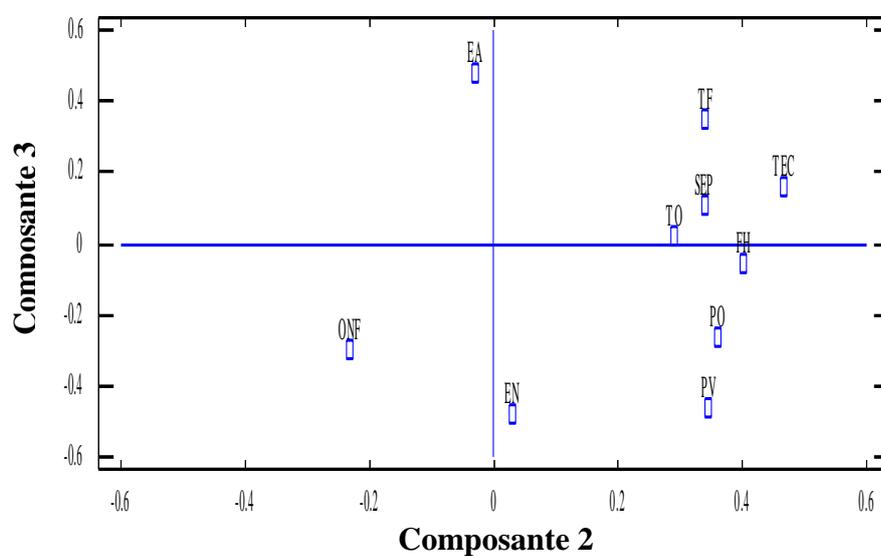


Figure 6.13 : Analyse en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (composante 2 et 3).

FPV : poids vif, **PO** : poids des ovaires, **TO** : taux d'ovulation, **FH** : follicules hémorragiques, **TEC** : nombre total d'embryons collectés, **EN** : pourcentage d'embryons normaux, **EA** : pourcentage d'embryons anormaux, **ONF** : nombre d'œufs non fécondés ou ovocytes, **SEP** : survie embryonnaire précoce, **TF** : taux de fertilisation.

6.5. Discussion :

La taille de la portée est un phénomène complexe lié à une série d'évènements à savoir, l'ovulation, la fertilisation, le développement embryonnaire et fœtal. Parmi ces derniers, le taux de fertilisation est généralement très élevé dépassant les 90 à 95% (chez le lapin [27] ; le porc [349,237] et la souris [237]), par conséquent, il ne constitue pas un facteur limitant pour la taille de la portée chez ces espèces. En revanche, selon les données de la littérature, l'ovulation et le développement embryonnaire et fœtal influencent la taille de la portée. En effet, lors de l'ovulation, 30 à 40% des ovules libérés ne donnent pas de fœtus à terme, et un tiers jusqu'à la moitié de ces pertes s'observent avant l'implantation lorsque les embryons sont au niveau de l'oviducte (le lapin [28]; le porc [422] et la souris [370]). En général, la majorité des pertes résulte du développement asynchrone entre l'utérus et les embryons [349]. Ceci peut suggérer, que la différence de la taille de la portée à la naissance observée entre les lapines de souche synthétique et de population locale, pourrait être liée à une différence dans le développement embryonnaire au cours des premiers stades de la gestation.

L'objectif de cette première expérience est de **comparer le taux d'ovulation, la survie et le développement embryonnaire précoces** entre, les femelles de **la souche synthétique** et ceux de **la population locale**.

Aspects méthodologiques...

Les aspects méthodologiques relatifs aux choix de la parité des lapines, de leur état physiologique au moment de la saillie ainsi que l'intervalle d'abattage des femelles méritent d'être discutés.

Dans cette expérience nous avons choisi d'effectuer nos mesures sur **des femelles multipares à la 4^{ème} parité**, durant laquelle les performances des lapines sont maximales. En effet, plusieurs auteurs soulignent que les performances de reproduction de la lapine sont faibles au cours des premières parités, et qu'elles n'atteignent leur pic qu'à partir de la 3^{ème} parité [70].

Le choix a également porté sur **des lapines non allaitantes** afin d'éviter les effets défavorables de la lactation sur les performances de reproduction. La survie et le développement fœtal pourraient être affectés lorsque la femelle est simultanément gestante et allaitante, en raison de l'antagonisme existant entre la prolactine et les gonadotrophines d'une part [105] et de la balance énergétique négative durant la deuxième moitié de la gestation d'autre part [113,109].

Par ailleurs, les travaux cités dans la littérature rapportent que la récolte des embryons est effectuée à 24h *post coïtum* [240], 48 à 62h *post coïtum* [228,513] ou 60h *post coïtum* [240]. Dans notre étude, celle-ci est réalisée à **72h post coïtum** afin d'observer les différents stades du développement embryonnaire précoce [514].

Taille de la portée à la naissance...

....Résultats en accord avec la littérature

La taille de la portée mesurée au cours des trois premières parités est en moyenne de 8,3 et 7 lapereaux respectivement chez les femelles de la souche synthétique et de population locale. Chez les femelles de souche synthétique, la taille de la portée notée dans le cas de cette étude est tout à fait similaire à celle enregistrée par plusieurs auteurs [24,22,515]. De même, les femelles de population locale montrent une prolificité proche de celle rapportée dans la littérature sur la même population [15,19,17,43]. Dans nos conditions expérimentales, le gain de +1,3 lapereau enregistré chez les femelles de souche synthétique est confirmé par Zerrouki *et al.* [25] au niveau de deux stations expérimentales de l'Itelv. Ce qui indique une nette amélioration de la taille de la portée, à l'issue du croisement réalisé entre la souche INRA 2666 et la population locale liée probablement à des changements d'ordre physiologique.

Taux d'ovulation et poids des ovaires...

...Supérieurs chez les femelles de souche synthétique

Chez les femelles de souche synthétique, **le taux d'ovulation** estimé à 13,3 corps jaunes est proche de celui enregistré chez les lignées maternelles espagnoles et

françaises sélectionnées pour différents paramètres de reproduction ([227,26,514,515,516,517,518,519]. Cependant, ce dernier est faible comparé à celui noté sur des lignées espagnoles sélectionnées sur le taux d'ovulation avec un nombre de corps jaunes de 17,3 [313].

Les femelles de population locale présentent un taux d'ovulation (9,2 corps jaunes) similaire à celui rapporté par Belabbas *et al.* [520] et Kerkouche *et al.* [499]. Il est cependant plus élevé chez les femelles de souche synthétique (+4,5 corps jaunes ; $P < 0,001$). Une telle différence montre l'importance du croisement entre les différentes races et lignées afin de bénéficier des avantages de l'effet l'hétérosis et de la complémentarité entre elles. La variation du taux d'ovulation entre les races et les lignées du lapin a été révélée par plusieurs auteurs [89], et pourrait résulter de l'importance des hormones LH et FSH qui permettent ou non l'ovulation de tous les follicules au moment de l'accouplement [521]. Il serait, donc, intéressant de mesurer l'évolution des hormones gonadotropes autour de la saillie chez les lapines de souche synthétique et de population locale, afin d'établir la relation entre le profil hormonal et le taux d'ovulation. En Algérie, les études antérieures n'ont concerné que les profils des hormones progestérone et œstrogènes autour de la saillie chez la lapine locale, sans établir de lien avec l'ovulation [35,522].

Par ailleurs, l'effet du mâle sur l'ovulation a été démontré chez certaines espèces comme la brebis [523] et la truie [524]. Chez les espèces à ovulation provoquée par le coït ou autres [525], cet effet serait beaucoup plus d'origine comportementale. Des études, comparant le taux d'ovulation en saillie naturelle et en insémination artificielle pourraient mieux expliquer ce phénomène.

Les femelles de la souche synthétique présentent **un poids des ovaires** significativement plus élevé (+ 39 % ; $P < 0,01$). Sur l'ensemble des femelles, ce dernier est corrélé au taux d'ovulation et au nombre d'embryons collectés ($R = 0,57$; $P < 0,001$). La supériorité du poids des ovaires chez les femelles de souche synthétique serait liée à leur taux d'ovulation plus élevé (+ 33%). En effet, Rinaldo [213] et Argente *et al.* [327] soulignent que l'augmentation du taux d'ovulation est associée à un poids élevé des ovaires. Ceci pourrait expliquer la perte de la

signification de l'écart obtenu entre les deux groupes de lapines étudiées, lorsque le taux d'ovulation est pris en considération. Aussi, le poids vif des femelles et le poids des ovaires sont fortement corrélés. Un tel résultat pourrait être lié à la relation entre le taux d'ovulation et le poids des femelles. En effet, l'augmentation du poids de la femelle entraîne une augmentation du taux d'ovulation [116] et par conséquent, celui des ovaires

Nombre élevé des follicules hémorragiques ...

...Probable déséquilibre hormonal chez les femelles de la souche synthétique

À 72h *post coïtum*, les femelles de la souche synthétique présentent un nombre de ***follicules hémorragiques*** significativement plus élevé (+1,2 ; $P < 0,01$), qui demeure important lorsque le taux d'ovulation est similaire. Garcia-Ximénez et Vicente [227] rapportent que la présence des follicules hémorragiques n'affecte pas le taux d'ovulation, mais diminue le taux de fertilisation et la survie embryonnaire, corroborant ainsi les faibles valeurs obtenues chez les femelles de la souche synthétique. Un nombre élevé de follicules hémorragiques peut être lié à un déséquilibre hormonal ou à un développement folliculaire déficient, affectant ainsi l'activité stéroïdogénique ou les récepteurs à LH. Aussi, l'insensibilité ostrogénique ou la faible biodisponibilité des stéroïdes altère le réflexe neuroendocrine au niveau du système hypothalamo-pituitaire [526].

Taux d'ovulation élevé chez les femelles de la souche la synthétique...

...Nombre élevé d'ovocytes et d'embryons anormaux

Dans nos conditions expérimentales, les femelles de la souche synthétique présentent un nombre total d'embryons collectés de 11,6 contre 6,7 chez les lapines de population locale. Contrairement aux femelles de population locale, les femelles de la souche synthétique montrent un nombre d'embryons collectés proches de celui noté chez des lignées espagnoles et françaises [27,514,513]. Les femelles de la souche synthétique présentent ***un nombre total d'embryons collectés*** supérieur à celui des femelles de population locale (+ 34% ; $P < 0,001$). Ceci est lié à leur taux d'ovulation élevé, ce qui expliquerait la perte de la signification de l'écart entre les deux groupes de femelles, lorsque le taux

d'ovulation est utilisé comme covariable d'une part, et à la forte corrélation retrouvée entre ce dernier paramètre et le nombre d'embryons collectés d'autre part ($R = 0,87$) corroborant les résultats de Peiró *et al.* [228].

Les lapines des deux types génétiques présentent un **pourcentage d'embryons normaux** appréciables et comparables à ceux retrouvés dans la littérature par plusieurs auteurs sur des lapines de lignées espagnoles [527,228,513]. Le pourcentage d'embryons anormaux est plus élevé chez les lapines de souche synthétique (+ 40%), cette différence tend vers la signification ($P = 0,07$). Nos résultats sont en accord avec plusieurs travaux indiquant que l'augmentation du taux d'ovulation est associée généralement à une augmentation des anomalies, avec une réduction de la qualité des ovocytes libérés [317,528,27].

Par ailleurs, la femelle de souche synthétique, montre un nombre élevé **d'œufs non fécondés ou ovocytes** (+ 58%) sans être significativement différent de celui de la population locale. L'absence de signification est probablement liée à l'importante variabilité des données chez la population locale. L'augmentation du nombre d'œufs non fécondés chez la souche synthétique serait due à l'élévation du taux d'ovulation, corroborant ainsi les données rapportées par divers auteurs chez plusieurs espèces [339,529,240,528] ou aux anomalies des ovocytes ou des spermatozoïdes [522,528]. En effet, Marco-Jiménez *al.* [530] ont mis en évidence chez le lapin, une relation entre les caractéristiques morphologiques des ovocytes et leur fécondité. Ainsi, les ovocytes ayant une zone pellucide épaisse sont généralement non fécondables. Par ailleurs, la qualité du sperme a été incriminée dans l'augmentation du nombre d'œufs non fécondés [531,400]. Cette dernière serait modifiée génétiquement jusqu'à attendre 30% de variation entre les différents types génétiques du lapin [532,533,534]. Concernant ces deux derniers paramètres mis en cause, il serait nécessaire de réaliser des études afin de mettre en évidence les éventuelles différences morphologiques des ovocytes ainsi que l'effet de la qualité de la semence sur le nombre d'œufs non fécondés chez les deux types de lapin .

Fertilisation et survie embryonnaire précoce...

...Comparables entre les deux types de lapin

Les lapines de la souche synthétique ainsi que celles de population locale présentent un **taux de fertilisation** et une **survie embryonnaire précoce** élevées et se rapprochant de ceux décrits par plusieurs auteurs chez diverses lignées de lapin [535,251,536,210,346,514,513]. Toutefois, ces deux derniers paramètres sont plus faibles chez les femelles de la souche synthétique sans que la différence ne soit significative. De tels résultats, pourraient être liés au nombre élevé d'œufs non fécondés. En effet, ce dernier réduit significativement le taux de fertilisation et la survie embryonnaire [513,514], ce qui est conforté dans notre étude par les corrélations négatives retrouvées entre le nombre d'œufs non fécondés et la survie embryonnaire précoce d'une part ($R = - 0,87$; $p < 0,001$) et le taux de fertilisation de l'autre part ($R = - 0,91$; $P < 0,001$) quelque soit le type génétique de la femelle. Aussi, un taux de fertilisation plus élevé, entraînant une meilleure survie embryonnaire précoce, est confirmé par la corrélation forte et positive retrouvée entre ces deux derniers paramètres chez l'ensemble des lapines ($R = 0,91$; $p < 0,001$) corroborant les résultats obtenus par Garcia *et al.* [513].

Développement embryonnaire précoce...

...Tardif chez la femelle de souche synthétique

A 72 heures *post coïtum*, la majorité des embryons sont classés dans la catégorie morula compactée chez les deux groupes de femelles. Cependant, le **développement embryonnaire** est tardif chez les femelles de la souche synthétique (pourcentage de **morula précoce** élevé et celui de **morula compactée** faible).

Plusieurs études antérieures soulignent une différence dans le développement embryonnaire entre les différentes races et souches de lapin [210,346,228,514] et également chez la souris [537,538,539]. Le développement embryonnaire précoce peut être modifié par la voie génétique mais les mécanismes qui y interviennent ne sont pas encore élucidés. Toutefois, la différence du développement

embryonnaire précoce entre les races pourrait être liée, d'une part au timing d'ovulation, et d'autre part à la composition des sécrétions oviductales et utérines. En effet, Torres *et al.* [240] indiquent qu'une augmentation du taux d'ovulation entraîne un étalement de celle-ci, et les follicules qui ovulent en dernier, donnent des ovocytes qui seront fertilisés tardivement [540] donnant des embryons peu développés dans la portée [541,542]. En outre, l'oviducte synthétise et secrète de nombreuses protéines chez plusieurs espèces dont le lapin [231,513], le porc [232], les ovins et les bovins [233]. Ces protéines, telles que l'utéroglobine [543], l'oviductine [232,544], l'IGF1 [546,547,548] et l'inhibiteur tissulaire de la métalloprotéinase 1 [549], influencent l'expression des gènes des embryons en développement et semblent avoir un effet sur la régulation de l'embryogénèse.

L'asynchronisme associé au développement avancé du milieu utérin serait à l'origine des pertes des embryons peu développés [348,332,313]. Par conséquent, un taux d'ovulation élevé chez les femelles de souche synthétique peut augmenter l'étalement de l'ovulation, entraînant une élévation de la mortalité embryonnaire liée à celles de l'hétérogénéité des embryons en développement et l'asynchronisme avec le milieu utérin.

6.6. Conclusion :

A l'issue des résultats de la première expérience, nous pouvons conclure que :

La taille de la portée à la naissance est plus élevée chez les femelles de souche synthétique ce qui est en accord avec les résultats de la littérature. Le croisement entre le lapin de population locale et la souche INRA 2666 a permis d'améliorer ***le potentiel ovulatoire*** des femelles, proche de celui des lignées étrangères.

De même, les femelles de la souche synthétique présentent un nombre de ***follicules hémorragiques*** plus élevé, lié probablement à un déséquilibre hormonal. Une étude comparative des profils hormonaux (FSH et LH) entre les deux types génétiques serait nécessaire pour expliquer les différences dans le taux d'ovulation et le nombre de follicules hémorragiques.

A 72h *post coïtum*, les femelles de souche synthétique et de population locale ont un ***pourcentage total d'embryons collectés*** et ***normaux*** élevés, proches de ceux observés chez plusieurs races et souches de lapin rapportés dans la littérature. Cependant, chez les femelles de population locale, le ***nombre total d'embryons collectés*** reste toutefois faible comparé à celui des femelles de souche synthétique.

Le taux d'ovulation élevé des femelles de la souche synthétique serait en grande partie à l'origine, d'une part, de l'augmentation des ***anomalies embryonnaires*** et d'autre part, au nombre élevé ***d'œufs non fécondés***. Des études complémentaires concernant l'histologie des structures ovariennes, la morphométrie des embryons en développement et la qualité de la semence, pourraient élucider l'existence des différences entre les deux groupes de lapin.

Le taux de fertilisation et la ***survie embryonnaire précoce*** sont élevés chez les deux groupes de femelles étudiées et comparables à ceux énoncés dans la littérature.

À 72h *post coïtum*, **le développement embryonnaire** est tardif chez les femelles de souche synthétique, ce qui est probablement lié à l'augmentation du timing ovulatoire chez celles-ci et/ou à la modification par voie génétique de la qualité des sécrétions oviductales et utérines. L'étude de la composition de ses dernières est nécessaire afin d'expliquer le retard du développement embryonnaire observé chez les femelles de souche synthétique. D'autant plus que la collecte des embryons en développement, des sécrétions de l'oviducte et du liquide utérin est possible grâce à la coelioscopie [519]. Cette technique permet d'étudier ces derniers paramètres et leur relation avec les hormones impliquées dans la reproduction.

Enfin, le taux d'ovulation élevé chez les femelles de souche synthétique (+4,5 corps jaunes) serait, éventuellement, à l'origine de la différence de la taille de la portée enregistrée à la naissance.

CHAPITRE 7

EXPERIENCE 2

Etude de la capacité utérine et des facteurs de variation du poids fœtal et placentaire chez les lapines de souche synthétique et de population locale

7.1. L'objectif :

L'objectif de la deuxième expérience est de mesurer la capacité utérine et les facteurs de variation du poids fœtal en fin de gestation d'une part, et d'étudier les effets de la position intra utérine, de la vascularisation et du sexe des fœtus sur leur poids, sur le développement de leurs placentas et leurs organes internes d'autre part et ce chez les lapines de la souche synthétique et de population locale.

7.2. Matériel et méthodes :

7.2.1. La durée de l'expérimentation et paramètres d'ambiance :

L'expérience s'est étalée entre le mois de décembre et le mois d'août 2014. La température et l'hygrométrie, contrôlées quotidiennement à l'aide d'un Thermohygromètre digital, étaient en moyenne respectivement de 23°C et 70%.

7.2.2. Les animaux :

Un total de 60 femelles (30 de population locale et 30 de souche synthétique) ont été sélectionnées et placées dans des cages individuelles. Les critères de choix des femelles étaient :

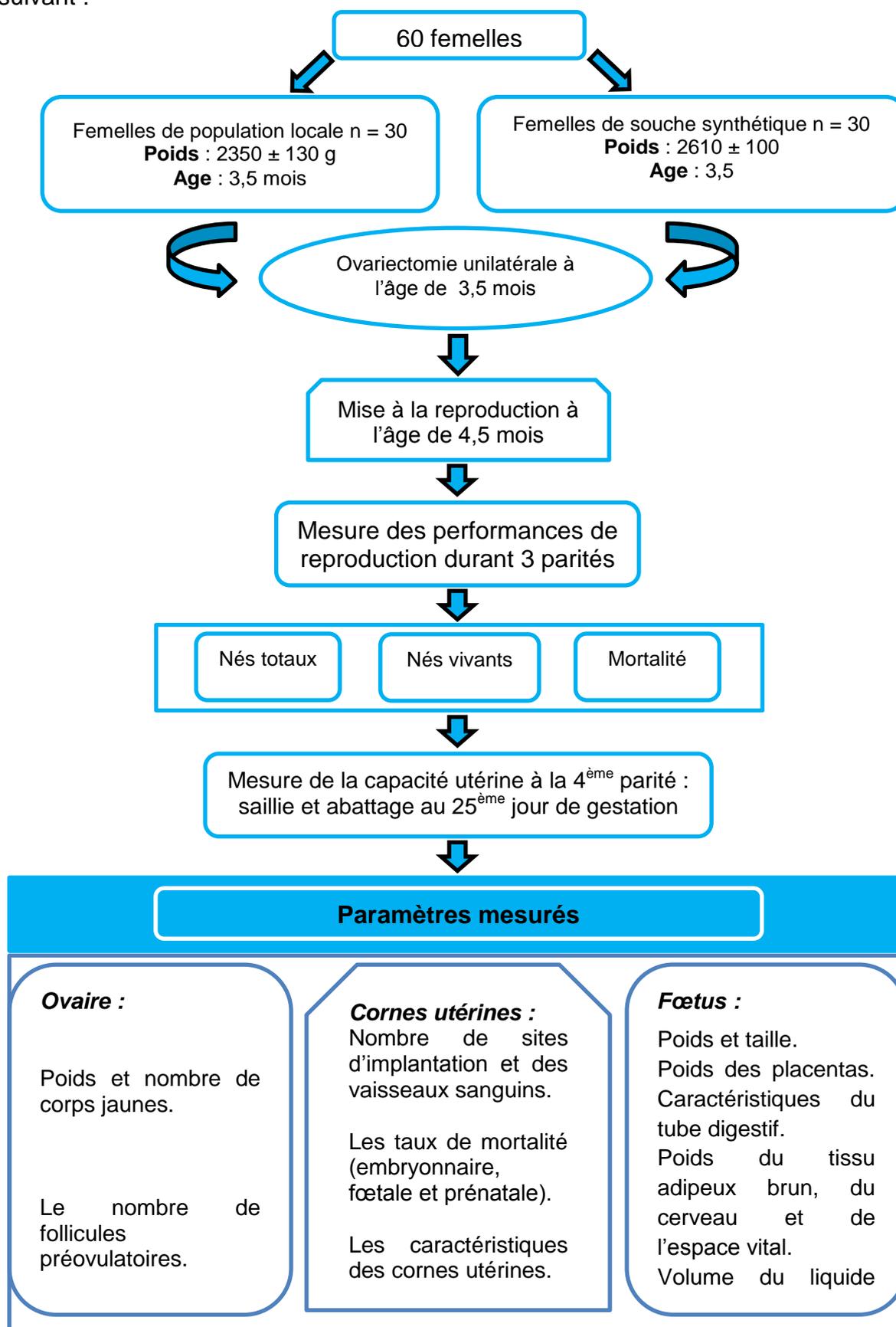
- **Age** : 3,5 mois.
- **Un poids homogène et représentatif de chaque type génétique** : 2350 ± 130 g pour les femelles de population locale et 2610 ± 100 g pour les lapines de la souche synthétique.
- **Un bon état sanitaire.**

Au cours de l'expérience, six mâles de population locale (3145 ± 120 g ; 7 mois) et 6 de souche synthétique (3221 ± 142 g ; 7 mois), sont utilisés pour saillir les femelles à un rythme de reproduction d'une saillie par jour et un repos d'un jour entre deux saillies consécutives.

Les animaux utilisés au cours de l'expérimentation sont nourris *ad libitum* avec un aliment granulé spécial lapin. La composition chimique de ce dernier est présentée dans la partie relative aux conditions expérimentales communes aux essais.

7.2.3. La conduite expérimentale :

Les différentes étapes de l'expérimentation sont regroupées dans le schéma suivant :



7.2.3.1. L'ovariectomie unilatérale :

A l'âge de 3,5 mois, les femelles sélectionnées (n = 30 pour chaque groupe) ont subi une ovariectomie unilatérale par voie médiane, au niveau du bloc opératoire de la Clinique Vétérinaire de l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université de Blida 1.

7.2.3.1.1. Préparation de l'animal :

La veille de l'intervention, les animaux ont subi une diète hydrique de 12 heures, afin d'évacuer le contenu de tube digestif. Dans la salle de préparation, une demi-heure avant l'ovariectomie, l'abdomen est tondu depuis la région péri-ombilicale jusqu'à la région inguinale, et aseptisé à l'aide d'un savon chirurgical.

Le protocole d'anesthésie des femelles consiste en une injection intramusculaire de xylazine (5mg/kg, Rompun[®] 2% solution injectable ; Bayer Healthcare) suivie par une deuxième injection en intraveineuse de Kétamine (5mg/kg, Imalgène 1000[®], Biomérieux, France). L'association de ces deux substances anesthésiques est nécessaire afin d'obtenir une myorelaxation et une analgésie suffisantes.

7.2.3.1.2. Technique opératoire :

Une fois la lapine anesthésiée, préparée et sa vessie vidée manuellement, elle est transférée en salle de chirurgie. Elle est mise en décubitus dorsal et immobilisée et la zone tondu est largement désinfectée avec une solution de polyvidone iodée (Bétadine[®]). Des champs opératoires stériles sont placés sur l'abdomen et maintenus par quatre pinces à champ (**Figure 7.1**).

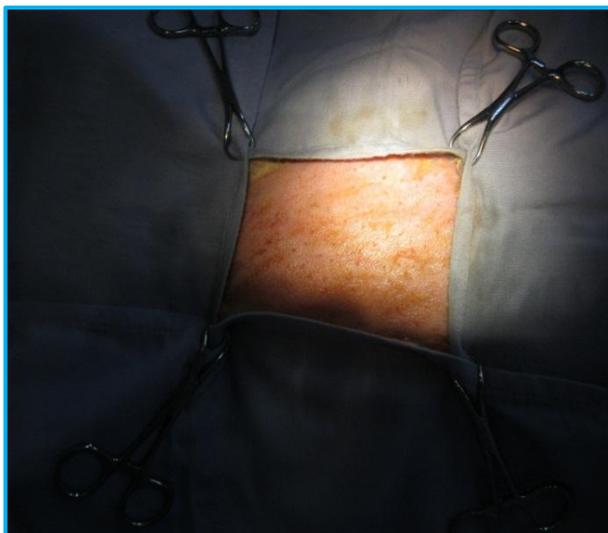


Figure 7.1 : Fixation des champs opératoires.

L'ovariectomie unilatérale se déroule en 4 étapes : la laparotomie, la recherche et l'extériorisation de l'ovaire gauche, l'exérèse de l'ovaire et enfin, la suture de la paroi abdominale.

7.2.3.1.2.1. La laparotomie :

L'abord des ovaires s'est effectué par laparotomie longitudinale médiane moyenne, centrée sur la ligne blanche (LB) de l'ombilic vers le pubis. Une incision du plan cutané est pratiquée à l'aide d'un bistouri à environ 1 cm en arrière de l'ombilic et s'étend 3 à 5 cm approximativement et caudalement à celui-ci. Cette incision cutanée laisse apparaître le tissu conjonctif sous cutané (**Figure 7.2**). Un ciseau de MAYO est introduit, lames fermées, entre les fibres afin de ponctionner d'un seul coup ferme celles-ci. Le ciseau est retiré, lames ouvertes, ce qui permet d'élargir la plaie opératoire pour faire apparaître la paroi musculaire abdominale (**Figure 7.3**).



Figure 7.2 : Incision du plan cutané.

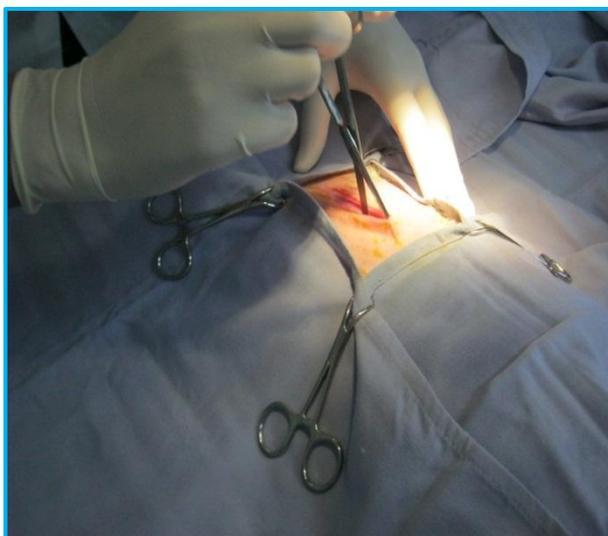


Figure 7.3: La dilacération du plan sous-cutané à l'aide d'un ciseau de MAYO.

L'étape suivante consiste à identifier la LB, la saisir à l'aide de pinces à dents de souris et la ponctionner avec la lame du bistouri placée parallèlement à la LB. Une sonde cannelée est introduite dans l'ouverture. Une incision de la paroi musculaire est pratiquée alors, tout en plaçant la lame du bistouri dans la gouttière de la sonde, ce qui évitera de ponctionner accidentellement les structures vitales sous-jacentes, comme par exemple l'intestin ou le caecum très volumineux chez le lapin (**Figure 7.4**).

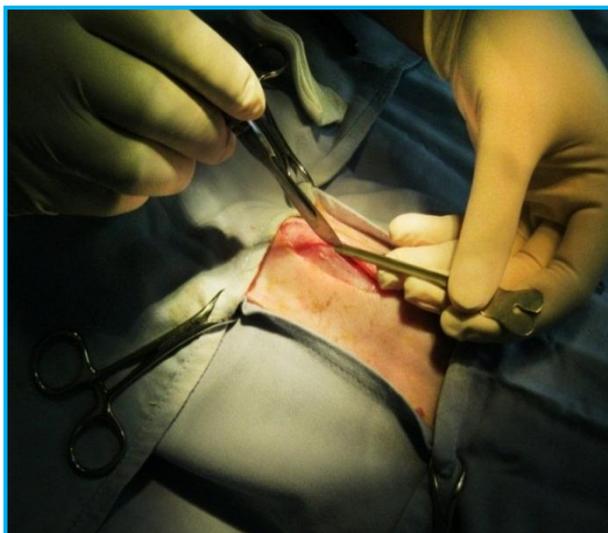


Figure 7.4 : Incision des muscles de l'abdomen.

7.2.3.1.2.2. Recherche et extériorisation de l'ovaire :

La paroi abdominale est réclinée à l'aide d'un écarteur. La corne utérine gauche est extériorisée à l'aide d'un crochet à ovariectomie. Une fois l'ovaire gauche identifié, il est comprimé contre la paroi abdominale et glissé jusqu'à la plaie en s'aidant avec le pouce appuyé sur la peau. L'ovaire gauche et la corne utérine correspondante sont conduits délicatement vers la plaie opératoire pour être enfin extériorisés (**Figure 7.5**).

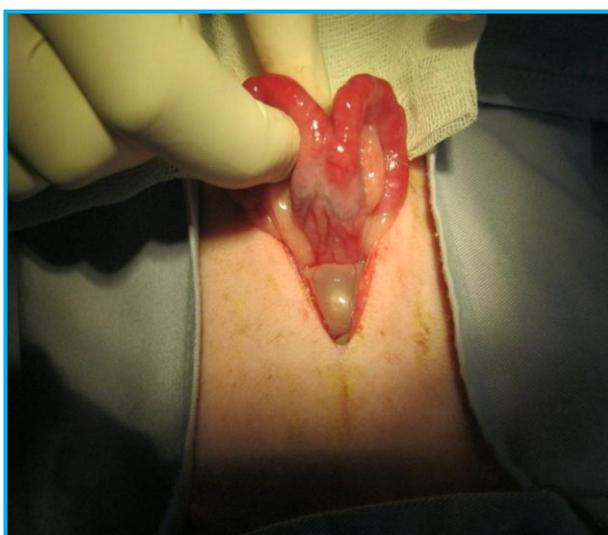


Figure 7.5 : Recherche et extériorisation de l'ovaire.

7.2.3.1.2.3. L'exérèse de l'ovaire :

Avant de procéder à l'ablation de l'ovaire, l'hémostase chirurgicale est réalisée au moyen de deux ligatures (**Figure 7.6**). Pour ce faire, la pointe d'une pince hémostatique est utilisée pour créer une brèche dans le ligament large en dessous de l'ovaire. Cette brèche doit être réalisée entre les vaisseaux sanguins qui convergent vers l'ovaire, permettant ainsi le passage du fil pour poser la ligature. La première ligature intéresse l'artère et la veine utéro-ovarienne en amont de l'ovaire. La deuxième ligature doit être placée en aval de l'ovaire et intéresse l'artère ovarienne ainsi que sa veine satellite. Le passage du fil pour la réalisation de cette ligature se fait par la même brèche. Les ligatures doivent être placées assez loin de l'ovaire. L'exérèse de l'ovaire se fait ensuite à l'aide de ciseaux entre la ligature et l'organe. Toutefois, il est à préciser que l'exérèse de l'ovaire est effectuée le plus loin possible des ligatures pour ne pas les défaire, et que l'ablation de la glande est réalisée dans sa totalité.

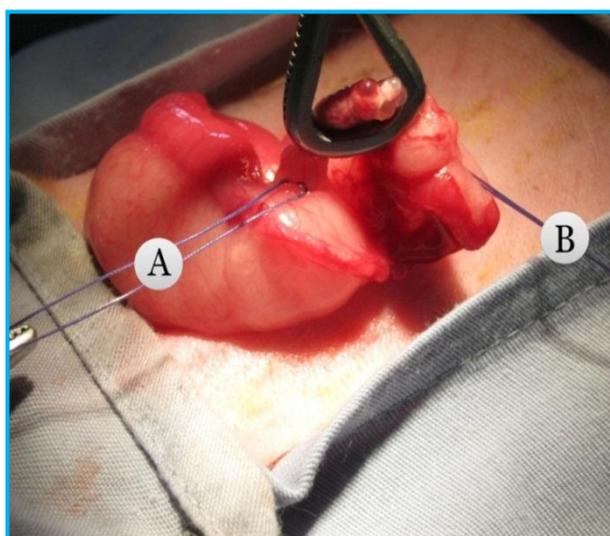


Figure 7.6 : L'hémostase chirurgicale au moyen de deux ligatures.

A : Ligature de l'artère et la veine utéro-ovarienne "en amont de l'ovaire".

B : Ligature de l'artère ovarienne ainsi que sa veine satellite "en aval de l'ovaire".

7.2.3.1.2.4. Suture de la paroi abdominale :

La suture se fait en trois plans. Un premier plan regroupant le péritoine et les muscles abdominaux est réalisé à l'aide d'un surjet à points passés (**Figure 7.7**).

Un deuxième plan intéressant le conjonctif sous cutané est refermé par un surjet simple. Enfin, la suture de la peau se fait au moyen de points simples séparés (**Figure 7.8**).



Figure 7.7 : Suture du péritoine et du muscle abdominal.



Figure 7.8: Suture de la peau.

7.2.3.1.2.5. Les soins post opératoires :

La femelle est remise dans sa cage après :

- un nettoyage de la plaie avec une solution de polyvidone iodée (Bétadine®) (**Figure 7.9**),
- une injection de 0,5 ml de pénicilline en intramusculaire (Duphopen® L.A. suspension injectable de procaïne pénicilline G et de benzothine pénicilline G, 100ml, Pfizer)
- et une pulvérisation superficielle avec l'ALUSPRAY® (Spray 220 ml, Vétoquinol) (**Figure 7.10**).

Un suivi de la reprise de l'appétit et du transit digestif est fait d'une manière régulière durant le postopératoire, car il constitue un élément prédictif de la réussite de l'intervention. Les points de sutures sont enlevés 10 à 12 jours après l'intervention.



Figure 7.9 : Nettoyage de la plaie opératoire par une solution de polyvidone iodée.



Figure 7.10 : Pulvérisation superficielle d'ALUSPRAY®.

7.2.3.2. La mise à la reproduction et le contrôle des performances zootechniques :

Les femelles (n = 60) sont présentées la première fois aux mâles à l'âge de 4,5 mois. La saillie est réalisée selon la méthode décrite la partie conditions communes aux essais. La taille de la portée à la naissance est mesurée durant les 3 premières parités.

7.2.3.3. Mesure de la capacité utérine :

Quarante-huit heures après le sevrage de la 3^{ème} parité les lapines (n = 25 lapines de population locale et n = 27 lapines de souche synthétique) sont saillies et le diagnostic de gestation est réalisé par palpation abdominale au 12^{ème} jour *post coïtum*. Cependant, huit femelles des deux lots initiaux (5 de population locale et 3 de souche synthétique) sont éliminées pour des raisons sanitaires. Au 25^{ème} jour *post coïtum*, les femelles diagnostiquées gestantes sont pesées puis sacrifiées par saignée.

Après dépouillement, l'animal est mis en décubitus dorsal, puis une incision d'environ 10 cm est effectuée au niveau de la ligne blanche légèrement au-dessus de l'orifice uro-génital. La masse intestinale est poussée dans la cavité abdominale afin de faciliter l'extériorisation de l'appareil génital ainsi, l'ovaire, la corne utérine et l'oviducte droits sont prélevés. Divers paramètres sur les différentes composantes de l'appareil génital sont alors mesurés.

7.2.3.3.1. Les caractéristiques de l'ovaire :

Une fois débarrassés de leur graisse, les ovaires sont pesés puis placés dans du sérum physiologique. Le nombre de follicules préovulatoires dont le diamètre est supérieur à 1 mm sont mesurés sur l'ovaire selon la technique citée par Lorenzo *et al.* [402]. Les corps jaunes non hémorragiques sont dénombrés directement sur l'ovaire (**Figure 7.11**). Les ovaires (n = 25 lapines de population locale et n = 27 lapines de souche synthétique), destinés pour des coupes histologiques, sont rapidement mis dans une solution du Bouin Hollande [550] pour la réalisation ultérieure des coupes histologiques.

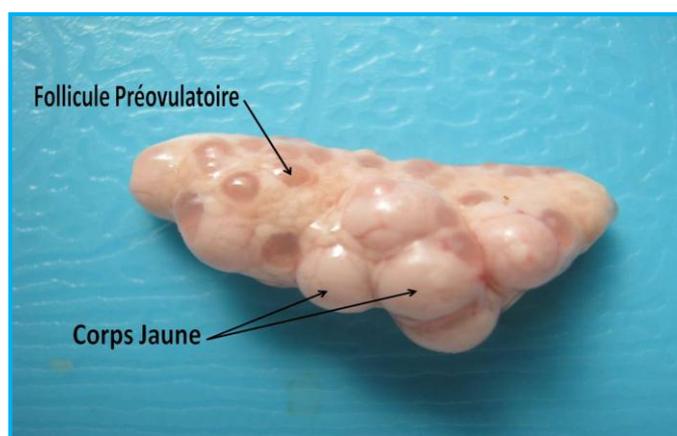


Figure 7.11: Corps jaunes et follicules préovulatoires sur l'ovaire.

7.2.3.3.2. Etude de la vascularisation :

Le dénombrement, par un examen externe des cornes utérines, des sites d'implantation contenant des fœtus ou non et du nombre de vaisseaux sanguins arrivant au niveau de chaque site d'implantation (**Figure 7.12**), est réalisé selon la technique d'Argente *et al.* [327]. Les fœtus sont classés selon le nombre de vaisseaux sanguins en trois classes :

- Fœtus avec un nombre de vaisseaux sanguins \leq à 2.
- Fœtus présentant entre 3 à 5 vaisseaux sanguins.
- Fœtus ayant un nombre de vaisseaux sanguins \geq à 6.

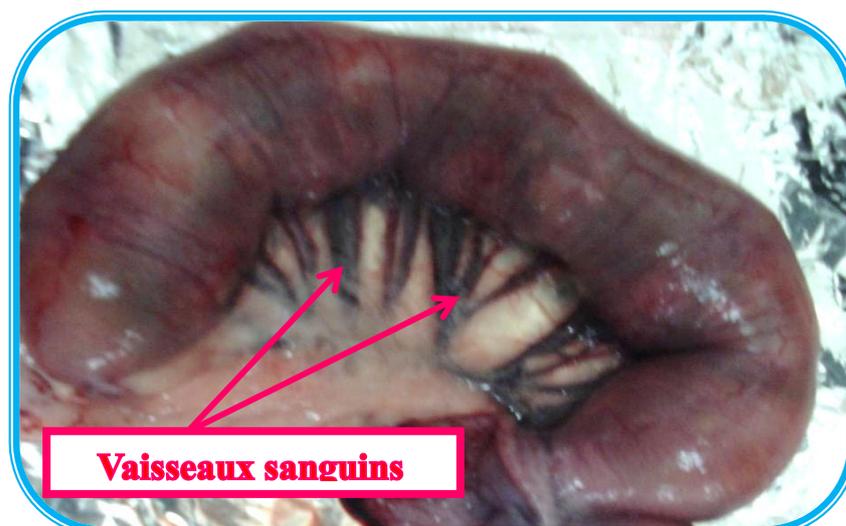


Figure 7.12 : Dénombrement des vaisseaux sanguins au niveau des sites d'implantation.

7.2.3.3.3. Etude de l'implantation et du développement fœtal :

La corne utérine droite, séparée dans la zone vaginale au niveau du cervix, est débarrassée de sa graisse. La longueur et le poids sont rapidement notés avant que celle-ci ne soit longitudinalement fondue afin de mesurer les différents paramètres.

- **Détermination du nombre de sites d'implantation :**

Toute trace d'implantation de l'embryon, qu'il soit mort ou vivant est considérée comme site d'implantation. Ainsi, le nombre de sites d'implantation est défini et noté.

Le nombre d'embryons implantés = le nombre de sites d'implantation

- **Le statut des fœtus et dénombrement:**

Trois catégories de fœtus sont considérées, et les fœtus sont dénombrés dans chacune d'entre elles [262] :

- **Fœtus vivants** : fœtus bien développés (**Figure 7.13**).
- **Fœtus résorbés** : fœtus non reconnaissables et seulement le placenta est présent (mortalité observée généralement entre le 15^{ème} et le 20^{ème} jour de la gestation) (**Figure 7.14**).

- **Fœtus morts** : reconnaissables mais présentent un retard de développement (mortalité s'observée entre le 20^{ème} et le 24^{ème} jour de la gestation) (**Figure 7.13**).

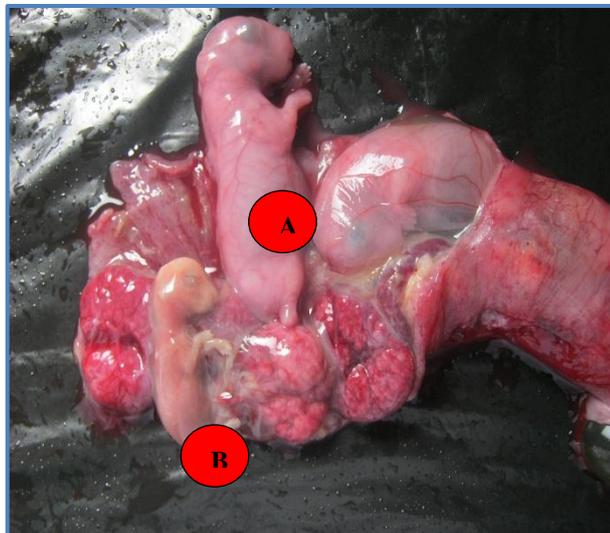


Figure 7.13: Fœtus mort et vivant.
(**A** : Fœtus vivant ; **B** : Fœtus mort).

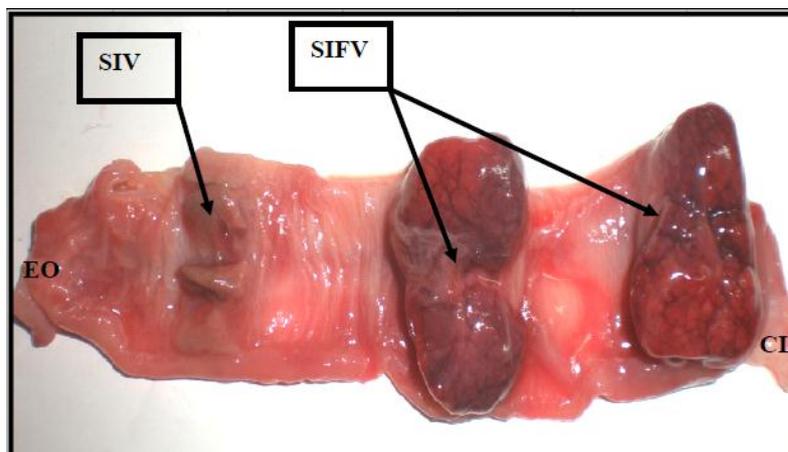


Figure 7.14: Sites d'implantation au niveau d'une corne utérine.

SIV : site d'implantation vide d'un fœtus résorbé ; **SIFV** : site d'implantation d'un fœtus vivant ; **CL** : col utérin ; **EO** : Extrémité oviductale.

7.2.3.3.4. Le prélèvement du liquide amniotique:

Immédiatement après l'ouverture de la corne utérine, le liquide amniotique est prélevé au niveau de chaque ampoule fœtale et le volume est noté.

7.2.3.3.5. Etude des effets de la position intra utérine:

Les fœtus sont classés selon leur localisation dans la corne utérine, en trois positions [328] (**Figure 7.15**) :

- **Position oviductale** : premier fœtus proche de l'extrémité ovarienne (FPO).
- **Position médiane** : fœtus situés au milieu de la corne (FPM).
- **Position cervicale** : le dernier fœtus proche du col utérin (FPC).

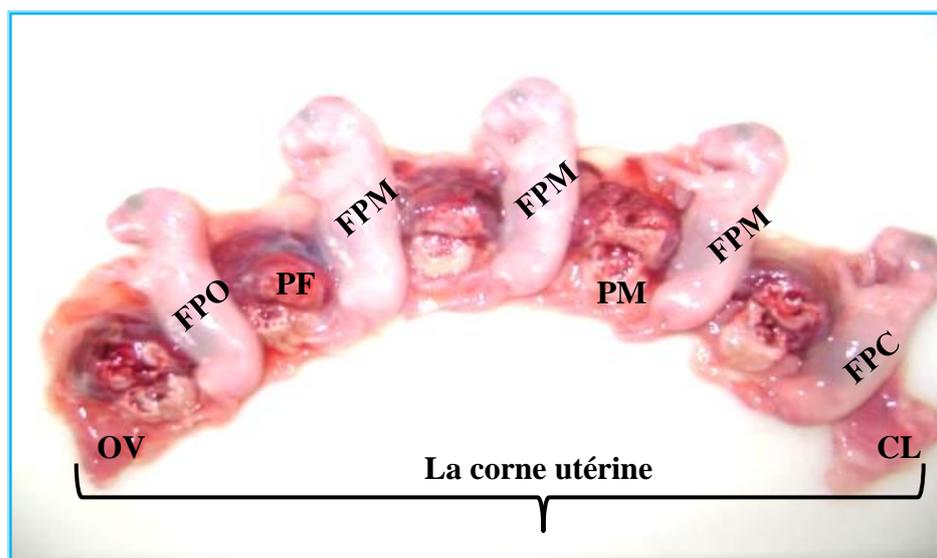


Figure 7.15: Position des fœtus au niveau de la corne utérine.

CL : Col utérin ; **FPC** : Fœtus en position cervicale ; **FPM** : Fœtus en position médiane ; **FPO** : Fœtus en position oviductale ; **OV** : Extrémité oviductale ; **PF** : Placenta fœtal ; **PM** : placenta maternel.

7.2.3.3.6. Etude des caractéristiques fœtales :

Les fœtus vivants, débarrassés de leurs enveloppes fœtales, sont pesés, la longueur est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse (**Figure**). Ils sont ensuite disséqués et les poids du tube digestif vide, du foie, du cerveau et du tissu adipeux brun sont notés (**Figure 7.16**).



Figure 7.16: Détermination de la taille des fœtus à l'aide d'un pied à coulisse.

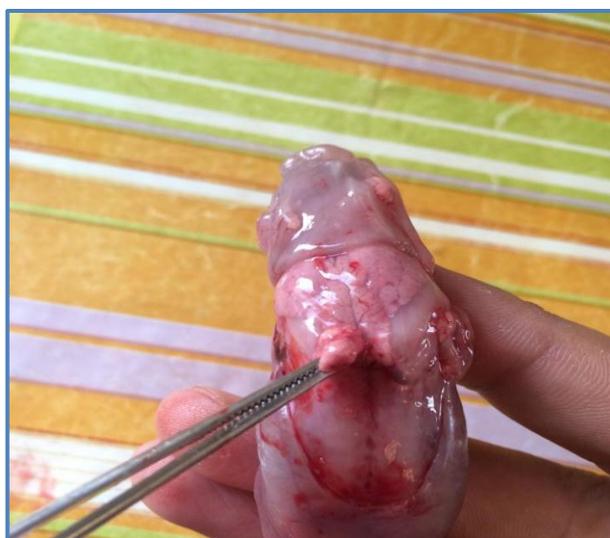


Figure 7.17: Le tissu adipeux brun du fœtus.

Le sexe de chaque fœtus est identifié par observation directe des gonades mâles ou femelles. Enfin, les fœtus ainsi que leurs organes sont hachés et homogénéisés à l'aide d'un hachoir à viande. L'homogénat est pesé, ensaché sous vide et conservé immédiatement à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ jusqu'au jour de l'analyse de la composition corporelle.

7.2.3.3.7. Calcul de l'espace vital :

Les placentas fœtaux et maternels sont disséqués et séparés, tout en laissant le placenta maternel attaché à l'utérus. L'espace vital ou disponible pour chaque fœtus est calculé selon les formules citées par Argente *et al.* [328] (**Figure 7.18**) :

- ***Pour le fœtus en position centrale :***

L'espace disponible (**ED**) = La longueur de son placenta maternel (**LPM**) + $\frac{1}{2}$ la distance totale entre deux placentas maternels adjacents (**2**).

- **Pour les fœtus en position extrême :**

La position oviductale :

L'espace disponible (**ED**) = distance entre le sommet de la corne utérine et le premier placenta maternel (**01**) + la longueur du placenta maternel (**LPM**) + $\frac{1}{2}$ la distance entre le premier placenta maternel et le placenta maternel adjacent.

La position cervicale :

L'espace disponible (**ED**) = distance entre le col et le premier placenta maternel (**3**) + la longueur de placenta maternel (**LPM**) + $\frac{1}{2}$ la distance entre le premier placenta maternel et le placenta maternel adjacent.

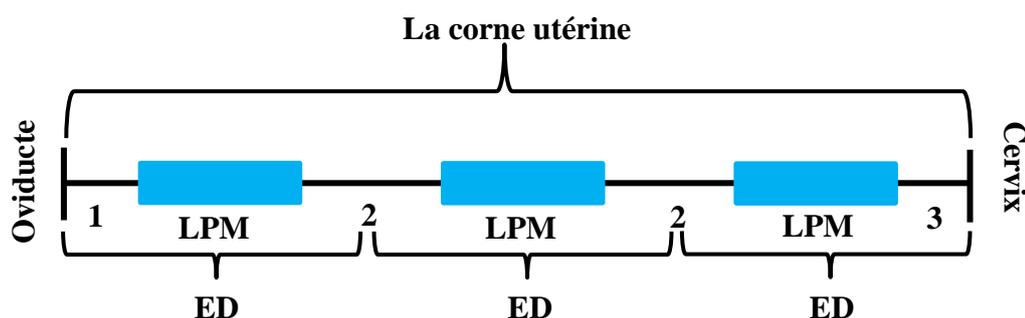


Figure 7.18: L'espace vital par fœtus mesuré sur la corne utérine.

LPM : Longueur du placenta maternel ; **ED** : Espace vital ou disponible pour chaque fœtus ; **1** : Distance entre le sommet de la corne utérine et le premier placenta maternel ; **2** : Distance entre deux placentas maternels adjacents ; **3** : Distance entre le col et le premier placenta maternel.

A la fin, les placentas maternels et fœtaux prélevés sont pesés (**Figure 7.19**) et la longueur et le poids de corne utérine vide sont notés.

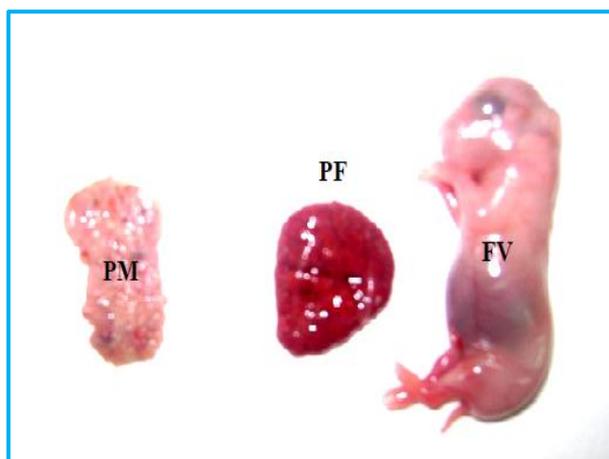


Figure 7.19 : Foetus vivant avec ses placentas (maternel et foetal).

FV : Foetus vivant ; **PM** : Placenta maternel ; **PF** : Placenta foetal.

7.2.3.4. Les paramètres mesurés et calculés chez la femelle et chez les foetus :

Les différents paramètres mesurés et calculés chez les femelles ainsi que les foetus sont regroupés respectivement dans les **tableaux 7.1 et 7.2**.

Tableau 7.1 : Les paramètres mesurés et calculés chez les lapines au moment de l'abattage

Paramètres	Définition
Paramètres mesurés	
PO	Le poids de l'ovaire droit
TO	Le taux d'ovulation : le nombre de corps jaunes non hémorragiques
EI	Le nombre d'embryons implantés : le nombre de sites d'implantation
FV	Le nombre de foetus vivants : foetus bien développés sans aucun retard de croissance ou malformation
FM	Le nombre de foetus morts : foetus de petite taille, reconnaissables et présentant un retard de croissance.
FR	Le nombre de foetus résorbés : foetus non reconnaissables. Seul le placenta

	est présent marquant l'implantation.
LCUP et PCUP	La longueur et le poids de la corne utérine pleine.
LCUV et PCUV	La longueur et le poids de la corne utérine vide
DOP	La distance entre l'oviducte et le premier placenta maternel
DPC	La distance entre le dernier placenta maternel et le cervix
Paramètres calculés	
SE	La survie embryonnaire = EI / TO
SF	La survie fœtale = FV / EI
SP	La survie prénatale = FV / TO

Tableau 7.2: Les paramètres mesurés et calculés chez les fœtus

Paramètres	Définition
Paramètres mesurés	
PIF	Poids individuel du fœtus
VLA	Volume du liquide amniotique
PTD	Poids du tube digestif avec l'estomac vidé
PF	Poids du foie
PTAB	Poids de tissu adipeux brun
PIPM	Poids individuel du placenta maternel
PIPF	Poids individuel du placenta fœtal
LF	Longueur du fœtus : distance entre le sommet de la tête et la croupe
LPM	Longueur du placenta maternel
Paramètres calculés	
EDI	Espace disponible individuel ou espace vital
EP	Efficacité placentaire = poids

	individuel du fœtus / poids individuel du placenta fœtal
--	--

7.2.3.5. Etude histologique des ovaires:

Les ovaires sont déshydratés dans 3 bains successifs contenant des concentrations croissantes d'éthanol (30%, 70%, 100%), puis de xylène. Il sont ensuite inclus dans des blocs de paraffine, et des coupes sériées de 5 µm sont réalisées à l'aide d'un microtome de type Leica. Les coupes sont colorées avec l'hématoxyline et l'éosine (HE) [550]. La technique est décrite en détails dans l'appendice C. Les lames histologiques sont observées au microscope optique, de type Motic, muni d'une caméra et d'un logiciel d'analyse d'images (Motic Image plus 2.0). Sur les coupes histologiques, les follicules préovulatoires dont le diamètre est supérieur à 1 mm sont dénombrés (**Figure 7.20**), afin d'évaluer l'écart entre la méthode microscopique et macroscopique décrite dans le point **7.2.3.3.1**.

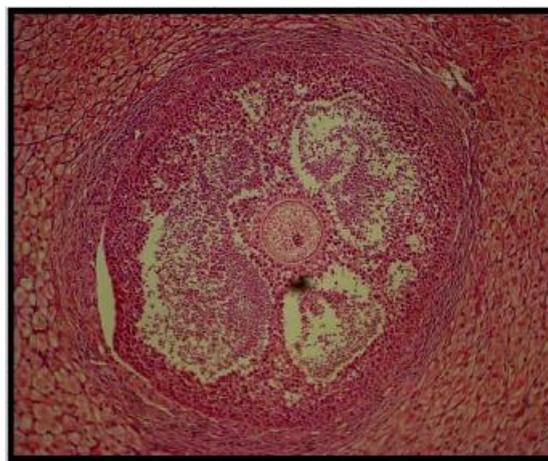


Figure 7.20: Follicule préovulatoire
(H&E X 400).

7.2.3.6. Détermination de la composition corporelle des fœtus :

Les fœtus de 7 femelles de chaque groupe expérimental (femelles ayant une taille de portée égale à la moyenne de l'effectif étudié) sont sélectionnés pour l'étude de la composition corporelle. Pour chaque femelle choisie, 03 fœtus sont prélevés selon leur position intra utérine: 1 fœtus de la position oviductale, 1 fœtus de la position cervicale et un fœtus de la position médiane. Ce dernier représente le

poids moyen de tous les fœtus en position médiane. L'analyse de la composition chimique corporelle des lapereaux (n = 42) concerne la détermination de la matière sèche et des teneurs en protéines totales, en lipides totaux et en cendres, respectivement par la méthode de thermogravimétrie, la méthode de Kjeldahl (N × 6,25), la méthode Soxhlet et enfin, l'incinération, selon les indications citées dans le Journal officiel de la république algérienne (2006) (Appendice D).

7.3. Analyse statistique :

Les résultats sont présentés par la somme des moindres carrés et l'erreur standard. Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel SAS (*version 9.1.3; SAS Institute, 2002*).

7.3.1. Paramètres mesurés chez la femelle :

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

$$y_{ijklmn} = \mu + R_i + P_j + L_k + S_l + p_{ijklm} + e_{ijklmn}$$

R_i : l'effet de la population avec deux niveaux (synthétique et locale), P_j : l'effet de la parité avec 3 niveaux (nullipares, primipares et multipares), L_k : L'effet de la lactation avec trois niveaux (nullipares, allaitantes et non allaitantes), S_l : l'effet de la saison avec deux niveaux (printemps et été), p_{ijklm} : l'effet permanent de l'environnement, e_{ijklmn} : l'erreur.

Le modèle statistique a inclus uniquement l'effet de la population pour les paramètres suivant : le poids vifs des femelles et ovaires, le taux d'ovulation et le nombre de follicules préovulatoires, le nombre d'embryons implantés, le nombre de fœtus vivants, morts et résorbés, le taux de la survie au différents stades de gestation, la longueur et le poids des cornes utérines pleines et vides, la distance entre l'oviducte et le premier placenta maternel et la distance entre le dernier placenta maternel et le cervix. Afin de mieux comprendre la variabilité de certains paramètres, des covariables sont ajoutées au modèle statistique.

7.3.2. Paramètres mesurés chez les fœtus :

Les paramètres mesurés chez les fœtus sont analysés en utilisant la procédure Mixed avec le modèle suivant :

$$y_{ijklm} = \mu + R_i + P_j + S_k + V_l + e_{ijklm}$$

R_i : l'effet de la population avec deux niveaux (synthétique et locale), P_j : l'effet de la position intra utérine avec trois niveaux (oviductale, médiane et cervicale), S_k : l'effet du sexe avec deux niveaux (mâle et femelle), V_l : l'effet de la vascularisation avec trois niveaux (≤ 2 , entre 3 et 5 et ≥ 6 vaisseaux sanguins), e_{ijklm} : l'erreur. Des covariables sont ajoutées au modèle statistique afin de mieux comprendre la variabilité de certains paramètres.

L'analyse de la distribution du pourcentage des fœtus morts et vivants en fonction du génotype de la lapine, la position intra utérine, le sexe fœtal et la vascularisation est réalisée par le test χ^2 de contingence.

7.3.3. Analyse de la composition corporelle fœtale :

L'analyse de la composition corporelle des fœtus est réalisée par la procédure Mixed et le modèle suivant :

$$y_{ijklm} = \mu + R_i + P_j + S_k + V_l + e_{ijklm}$$

R_i : l'effet de la population avec deux niveaux (synthétique et locale), P_j : l'effet de la position intra utérine avec trois niveaux (oviductale, médiane et cervicale), S_k : l'effet du sexe avec deux niveaux (mâle et femelle), V_l : l'effet de la vascularisation avec cinq niveaux (2, 3, 4, 5 et ≥ 6 vaisseaux sanguins), p_{ijklm} : l'effet permanent de l'environnement, e_{ijklm} : l'erreur.

Enfin, une analyse en composantes principales est effectuée à l'aide du logiciel STATGRAPHICS® Centurion XVI est réalisée afin d'apprécier la relation entre les différents paramètres mesurés dans cette étude.

7.4. Résultats :

7.4.1. Paramètres mesurés chez la femelles uniovariectomisée :

7.4.1.1. La taille de la portée :

Les femelles uniovariectomisées de la souche synthétique présentent une taille de portée à la naissance significativement plus élevée que celle des femelles de population locale (**Tableau 7.3**) (8,51 vs 6,84 lapereaux ; $P = 2e-16$).

Tableau 7.3: Prolificité moyenne mesurée chez les femelle de souche synthétique et de population locale au cours des trois premières parités (LSM \pm ES)

	Femelles de souche synthétique (n = 27)	Femelles de population locale (n = 25)	D _{S-L} \pm ES	P
TP (Lp)	8,51 \pm 0,15	6,84 \pm 0,15	1,66 \pm 0,16	2e-16

TP : la taille de la portée ; Lp : nombre Lapereaux.

7.4.1.2. Ovulation, implantation et caractéristiques des fœtus :

Au 25^{ème} jour de la gestation, le poids vif des femelles des deux groupes expérimentaux est similaire (3346 pour la souche synthétique et 3328 pour la population locale g ; $P > 0,05$) (**Tableau 7.4**).

En revanche, l'écart moyen entre les taux d'ovulation est élevé (+26%) en faveur des femelles de la souche synthétique ($P < 0,05$). De même, ces dernières présentent un poids de l'ovaire droit significativement plus lourd que celui noté chez les femelles de population locale (+ 17 %; $P < 0,05$). Par ailleurs, aucune différence significative n'est constatée entre les deux groupes, concernant le nombre de follicules préovulatoires dont le diamètre dépasse 1mm et ce, quelque soit la méthode de mesure (macroscopique ou microscopique).

L'effet du type génétique sur le nombre total d'embryons implantés est hautement significatif : 9,6 chez les femelles de la souche synthétique et 7,1 pour les femelles de population locale ($P < 0,001$). L'écart en faveur des femelles de la souche synthétique perd sa signification, lorsque le nombre total d'embryons implantés est corrigé par le taux d'ovulation.

Le nombre de fœtus vivants est significativement plus élevé chez les femelles de la souche synthétique (8,4 vs 6,6 fœtus vivants; $P < 0,05$). Une fois corrigé par le taux d'ovulation ou par le nombre total d'embryons implantés, l'écart enregistré entre les deux groupes n'est plus significatif. En revanche, le type génétique des femelles n'a aucun effet sur le nombre de fœtus morts et ni sur celui des fœtus résorbés ($P < 0,05$).

Tableau 7.4 : Taux d'ovulation, nombre de fœtus implantés et leurs caractéristiques chez les lapines de la souche synthétique et de population locale au 25^{ème} jour de la gestation (LSM \pm ES)

	Femelles de souche synthétique (n = 27)	Femelles de population locale (n = 25)	D _{S-L} \pm ES	P
PV , g	3346 \pm 58,8	3328 \pm 61,1	17,27 \pm 84,83	0,84
TO , Cj	11,07 \pm 0,30	8,20 \pm 0,31	2,87 \pm 0,43	1,85e-08
PO , g	0,72 \pm 0,02	0,60 \pm 0,02	0,13 \pm 0,03	2,02e-05
FP_{macro}	3,89 \pm 0,20	3,44 \pm 0,21	0,45 \pm 0,29	0,122
FP_{micro}	2,9 \pm 0,10	1,9 \pm 0,22	1 \pm 0,13	0,354
EI , embryons	9,59 \pm 0,28	7,08 \pm 0,29	2,51 \pm 0,39	6,77e-08
EI_{TO}	8,78 \pm 0,26	7,96 \pm 0,27	0,82 \pm 0,43	0,068
FV	8,37 \pm 0,30	6,64 \pm 0,31	1,73 \pm 0,44	0,0002
FV_{TO}	7,78 \pm 0,33	7,28 \pm 0,35	0,51 \pm 0,55	0,363
FV_{EI}	7,41 \pm 0,25	7,68 \pm 0,26	-0,28 \pm 0,41	0,499
FM	0,30 \pm 0,07	0,18 \pm 0,08	0,12 \pm 0,12	0,149
FR	0,93 \pm 0,21	0,36 \pm 0,21	0,57 \pm 0,30	0,063

PV : poids vif ; **TO** : taux d'ovulation ; **CJ** : corps jaunes non hémorragiques ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **FP_{macro}** : nombre de follicules préovulatoires estimés macroscopiquement ; **FP_{micro}** : nombre de follicules préovulatoires estimés microscopiquement ; **EI** : nombre d'embryons implantés ; **EI_{TO}** : le nombre d'embryons implantés analysé avec le taux d'ovulation comme covariable ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FV_{TO}** : le nombre de fœtus vivants analysé avec le taux d'ovulation comme covariable ; **FV_{EI}** : le nombre de fœtus vivants analysé avec le nombre d'embryons implantés comme covariable ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés.

7.4.1.3. Survie au cours de la gestation :

Dans nos conditions expérimentales, aucune différence significative de la survie n'est relevée entre les deux groupes de femelles, et ce quelque soit le stade de gestation (**Tableau 7.5**) (**Figure 7.21**).

Tableau 7.5: Survie embryonnaire, fœtale et prénatale chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (LSM \pm ES)

	Femelles de souche synthétique (n = 27)	Femelles de population locale (n = 25)	D _{S-L} \pm ES	P
SE , %	87,28 \pm 2,23	86,81 \pm 2,31	0,47 \pm 3,21	0,480
SF , %	87,83 \pm 2,35	93,58 \pm 2,44	-5,75 \pm 3,90	0,096
SP , %	76,73 \pm 2,88	81,06 \pm 2,99	-4,33 \pm 4,15	0,301

SE : survie embryonnaire ; **SF** : survie fœtale ; **SP** : survie prénatale.

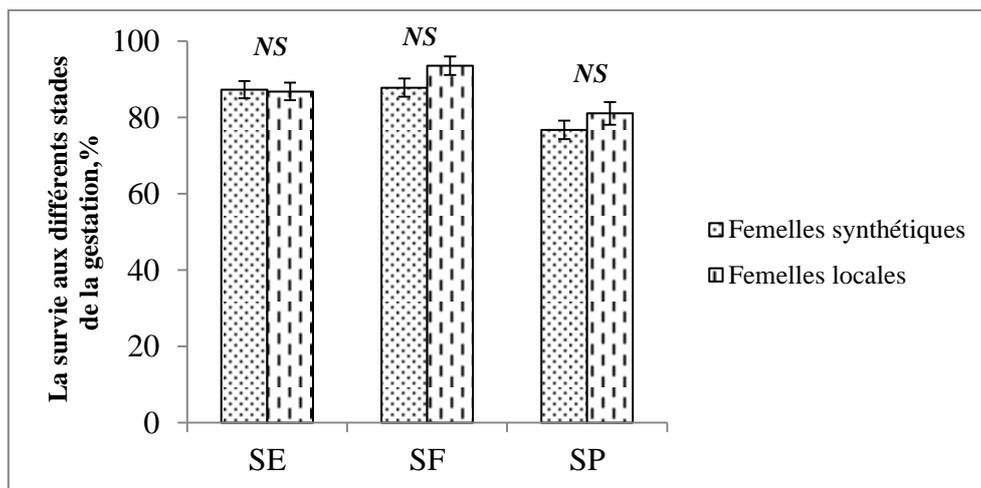


Figure 7.21 : Survie au cours des différents stades de la gestation chez les femelles de souche synthétique et de population locale.

SE : survie embryonnaire ; **SF** : survie fœtale ; **SP** : survie prénatale.

7.4.1.4. Les caractéristiques des cornes utérines :

Le poids et la longueur des cornes utérines droites pleines sont quasi comparables chez les femelles des deux groupes (**Tableau 7.6**). Contrairement au poids des cornes utérines vides, la longueur de celles-ci varie significativement entre les deux groupes de femelles. En effet, un écart de plus 20% est enregistré chez les femelles de souche synthétique ($P < 0,05$), qui persiste après correction de ce dernier par le

nombre de fœtus vivants. Cependant, cet écart perd sa signification lorsque l'analyse statistique prend en considération le nombre total d'embryons implantés comme covariable ($P > 0,05$).

Par ailleurs, la distance entre le dernier placenta maternel et le cervix au niveau de la corne utérine est significativement plus élevée chez les femelles de la souche synthétique (+19% ; $P < 0,05$). Enfin, les deux groupes de femelles ne montrent aucune différence significative quant à la distance entre l'oviducte et le premier placenta maternel au niveau de la corne utérine.

Tableau 7.6 : Caractéristiques des cornes utérines chez les femelles de souche synthétique et de population locale (LSM \pm ES)

	Femelle de souche synthétique (n = 27)	Femelles de population locale (n = 25)	D _{S-L} \pm ES	P
PCUP, g	245,06 \pm 12,47	250,86 \pm 12,95	-5,80 \pm 17,98	0,748
LCUP, cm	39,22 \pm 1,09	36,46 \pm 1,13	2,76 \pm 1,57	0,085
PCUV, g	26,87 \pm 0,89	24,55 \pm 0,93	2,32 \pm 1,28	0,077
LCUV, cm	22,70 \pm 0,68	18,19 \pm 0,71	4,52 \pm 0,94	3,01e-05
LCUV _{FV} , cm	22,06 \pm 0,69	18,89 \pm 0,72	3,14 \pm 1,07	0,004
LCUV _{EI} , cm	21,48 \pm 0,74	19,51 \pm 0,78	1,97 \pm 1,22	0,112
DPMC, cm	2,01 \pm 0,09	1,62 \pm 0,09	0,40 \pm 0,13	0,004
DPMO, cm	1,53 \pm 0,11	1,55 \pm 0,11	-0,02 \pm 0,16	0,89

PCUP : poids de la corne utérine pleine ; LCUP : la longueur de la corne utérine pleine ; PCUV : le poids de la corne utérine vide ; LCUV : la longueur de la corne utérine vide ; LCUVEI et LCUV_{FV} : la longueur de la corne utérine vide analysée respectivement avec le nombre total d'embryons implantés et le nombre de fœtus vivants comme covariables ; DPMC : La distance entre le dernier placenta maternel et le cervix ; DPMO : la distance entre le premier placenta maternel et l'oviducte.

7.4.1.5. Etude de la relation entre les paramètres mesurés chez les lapines :

7.4.1.5.1. Femelles de souche synthétique :

L'analyse en composantes principales pour les paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique au 25^{ème} jour de la gestation est présentée dans la **figure 7.22** (composante 1 et 2) et la **figure 7.23** (composante 2 et 3). Les trois

premières composantes expliquent 72,2 % de la variabilité totale des paramètres mesurés dans cette étude.

Les paramètres qui contribuent à la formation de la première composante (36,3%) sont, le taux d'ovulation, le nombre d'embryons implantés et vivants, la longueur de la corne utérine pleine et vide. Le nombre d'embryons implantés est positivement corrélé avec le taux d'ovulation et le nombre de fœtus vivants ($R = 0,68$; $P < 0,001$) (**Tableau 7.7**). La longueur de la corne utérine pleine est liée au nombre de fœtus vivants d'une part ($R = 0,60$; $P < 0,001$) et à la longueur de la corne utérine vide d'autre part ($R = 0,75$; $P < 0,001$).

Les poids de la femelle, de l'ovaire droit et de la corne utérine pleine définissent la deuxième composante (18,9%). L'analyse en composantes principales montre une corrélation positive et significative entre le poids de la femelle et le poids de l'ovaire droit ($R = 0,51$), de même qu'entre le poids de la corne utérine pleine et sa longueur (vide ou pleine).

La 3^{ème} composante est définie par le nombre de fœtus résorbés. Ce dernier est négativement corrélé au nombre de fœtus vivants ($R = -0,51$; $P < 0,01$).

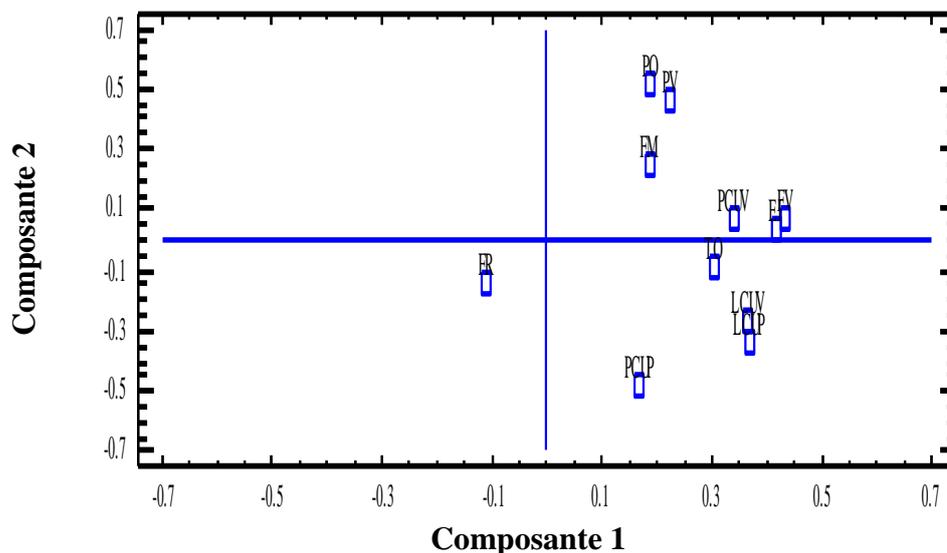


Figure 7.22 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique (composantes 1 et 2).

Tableau 7.7: Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique
(n = 27 femelles)

	PO	TO	EI	PCUP	LCUP	FV	FM	FR	LCUV	PCUV
PV	0,51**	-0,01	0,26	-0,31	0,10	0,54**	0,11	-0,42*	0,12	0,39*
PO		0,27	0,43*	0,36	-0,14	0,26	0,43*	0,05	0,10	0,22
TO			0,69***	0,05	0,42*	0,39*	0,18	0,29	0,47*	0,15
EI				0,18	0,46*	0,68***	0,39*	0,21	0,56*	0,39*
PCUP					0,45*	0,27	0,05	-0,14	0,35*	0,28
LCUP						0,60***	0,03	0,21	0,75***	0,44*
FV							0,18	-0,52**	0,44*	0,55**
FM								-0,08	0,07	0,29
FR									0,10	-0,34
LCUV										0,36
PCUV										

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation ; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de foetus vivants ; **FM** : nombre de foetus morts ; **FR** : nombre de foetus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide. * P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide.

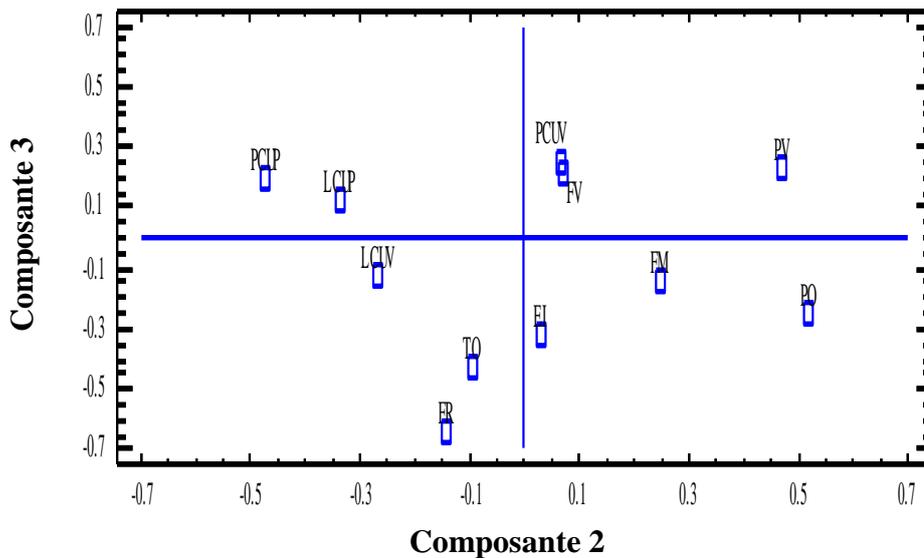


Figure 7.23 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique (composantes 2 et 3).

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide.

7.4.1.5.2. Femelles de population locale :

Dans nos conditions expérimentales, les trois premières composantes expliquent 64,6% de la variabilité des paramètres mesurés chez les femelles de population locale (**figure 7.24** pour les composantes 1 et 2 et **figure 7.25** pour les composantes 2 et 3). Les principaux paramètres contribuant à la formation de la première composante (38 %) sont le poids et la longueur de la corne utérine pleine, le nombre de fœtus vivants, le poids de la corne utérine vide et le taux d'ovulation.

La relation entre le poids et la longueur de la corne utérine pleine est positive et significative ($R = 0,74$; $P < 0,001$) (**Tableau 7.8**). Ces deux derniers paramètres sont

corrélés positivement au nombre de fœtus vivants d'une part ($R = 0,50$ et $0,58$; $P < 0,05$ respectivement) et à la longueur de la corne utérine vide d'autre part ($R = 0,84$ et $0,55$; $P < 0,05$ respectivement). Le nombre de fœtus vivants est corrélé positivement au taux d'ovulation ($R = 0,51$; $P < 0,05$). Enfin, le nombre de fœtus résorbés est négativement corrélé au poids et à la longueur de la corne utérine pleine ($R = -0,52$ et $-0,63$; $P < 0,01$ respectivement) et au nombre de fœtus vivants ($R = -0,59$; $P < 0,01$).

La deuxième composante est définie par le poids de la femelle, le poids de l'ovaire droit et le nombre de fœtus morts et résorbés (14,2%). Une corrélation positive est retrouvée à la fois entre le poids de la femelle et la longueur et le poids de la corne utérine pleine ($R = 0,43$; $P < 0,05$).

La troisième composante est définie par le nombre d'embryons implantés (12,4%). Celui-ci est positivement corrélé au nombre de fœtus vivants chez les femelles de population locale ($R = 0,83$; $P < 0,001$).

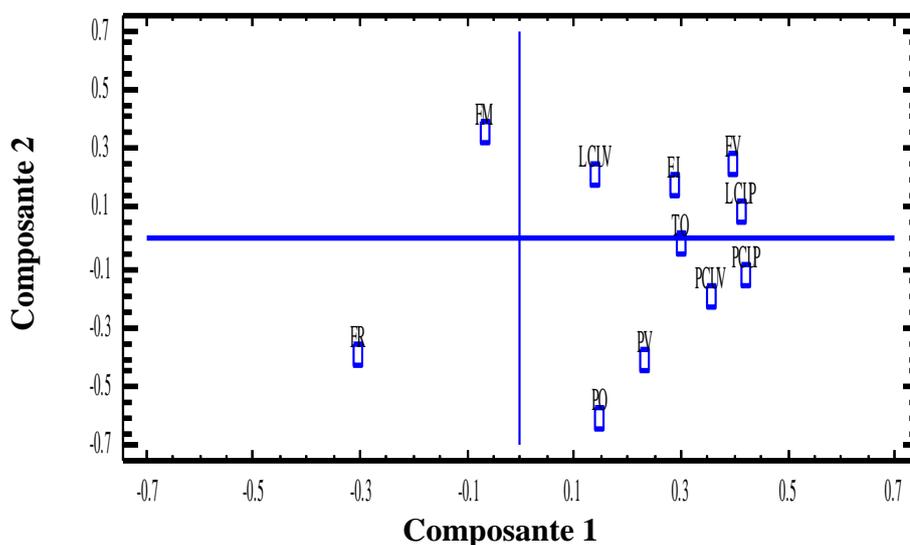


Figure 7.24 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de population locale (composantes 1 et 2).

PV : poids vif ; **PO :** poids de l'ovaire droit ; **TO :** taux d'ovulation ; **EI :** embryons implantés ; **FV :** nombre de fœtus vivants ; **FM :** nombre de fœtus morts ; **FR :** nombre de fœtus résorbés ; **PCUP :** poids de la corne utérine pleine ; **LCUP :** la

Tableau 7.8: Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de population locale (n = 25 femelles)

	PO	TO	EI	PCUP	LCUP	FV	FM	FR	LCUV	PCUV
PV	0,31	0,29	0,11	0,39*	0,47*	0,16	-0,21	0,05	0,08	0,27
PO		0,10	0,26	0,36	0,08	0,12	-0,21	0,26	-0,01	0,33
TO			0,42*	0,39*	0,40*	0,51*	-0,21	-0,24	0,07	0,31
EI				0,30	0,33	0,83***	0,12	-0,10	0,27	0,18
PCUP					0,74***	0,50*	0,01	-0,52**	0,14	0,84***
LCUP						0,58***	0,02	-0,63**	0,25	0,55**
FV							-0,14	-0,59**	0,36*	0,36
FM								0,06	00	-0,09
FR									-0,10	-0,40*
LCUV										0,07
PCUV										

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide.

* P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

longueur de la corne utérine pleine ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide;
LCUV : la longueur de la corne utérine vide.

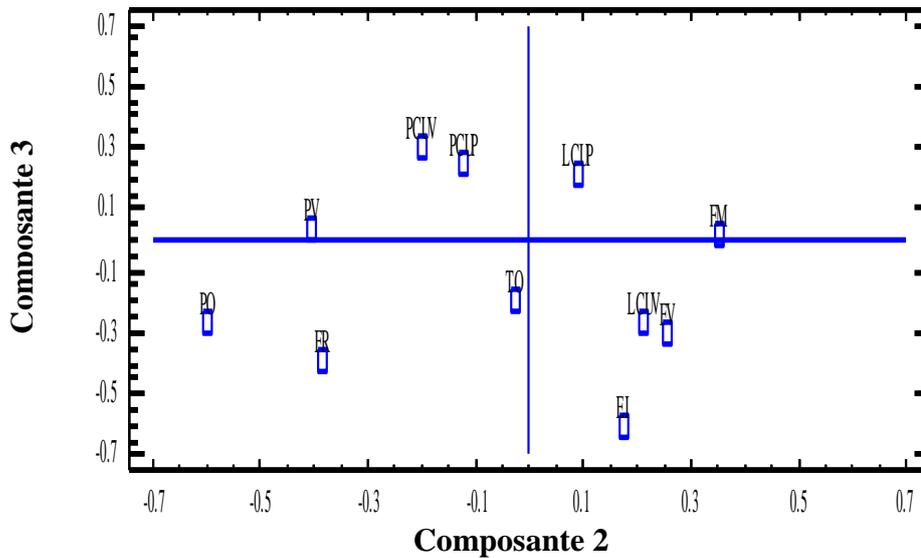


Figure 7.25: Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de population locale (composantes 2 et 3).

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide.

7.4.1.5.3. Femelles de la souche synthétique et de population locale:

L'analyse en composantes principales pour les paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale est présentée dans la **figure 7.26** (composantes 1 et 2) et la **figure 7.27** (composantes 2 et 3). Les trois premières composantes expliquent 68,9% de la variabilité des paramètres mesurés chez les femelles au 25^{ème} jour de la gestation (39,8%, 18,6% et 10,5% respectivement pour la 1^{ère}, 2^{ème} et 3^{ème} composante).

Les principaux paramètres participant à la formation de la 1^{ère} composante sont, la longueur de la corne utérine pleine, le taux d'ovulation, le nombre de fœtus implantés et vivants et la longueur de la corne utérine pleine et vide. La longueur de la corne utérine pleine et le nombre de fœtus vivants sont corrélés positivement à la longueur et au poids de la corne utérine vide (**Tableau 7.9**). Des corrélations

Tableau 7.9 : Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale
(n = 52 femelles)

	PO	TO	EI	PCUP	LCUP	FV	FM	FR	LCUV	PCUV
PV	0,35**	0,08	0,21	0,08	0,29*	0,24*	-0,00	-0,26	0,09	0,32*
PO		0,50***	0,00	0,00	0,11	0,41**	0,30*	0,23	0,32	0,36**
TO			0,16	0,08	0,44***	0,60***	0,25	0,31*	0,55***	0,31*
EI				-0,27*	0,07	0,25	-0,08	0,00	-0,01	0,18
PCUP					0,57***	0,29*	0,02	-0,25	0,16	0,57***
LCUP						0,61***	0,06	-0,24	0,51***	0,53***
FV							0,20	-0,32*	0,51***	0,51***
FM								0,02	0,18	0,9
FR									0,16	0,24
LCUV										0,29*
PCUV										

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation ; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide ; **PCUV** : le poids de la corne utérine vide. * P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

positives et significatives sont notées entre le nombre de foetus vivants et chacun des paramètres suivants : taux d'ovulation ($R = 0,60$; $P < 0,001$), poids de l'ovaire droit ($R = 0,41$; $P < 0,01$) et enfin, longueur de la corne utérine pleine ($R = 0,61$; $P < 0,001$). De même, pour le taux d'ovulation qui est positivement lié à la longueur de la corne utérine pleine et vide ($R = 0,44$ et $0,55$ respectivement ; $P < 0,001$).

La deuxième composante est formée principalement par le poids de la corne utérine pleine et le nombre de foetus résorbés. Une corrélation positive est notée entre le poids de la corne utérine pleine et la longueur de la corne utérine vide et pleine ($R = 0,57$; $P < 0,001$). En revanche, le nombre de foetus résorbés et celui des foetus vivants sont corrélés négativement ($R = -0,32$; $P < 0,05$).

Enfin, le poids vif de la femelle et le poids de l'ovaire droit sont les principales variables ayant contribué à la formation de la 3^{ème} composante. Le taux d'ovulation est corrélé positivement au poids vif de la femelle d'une part ($R = 0,35$; $P < 0,01$) et au poids de l'ovaire d'autre part ($R = 0,50$; $P < 0,001$).

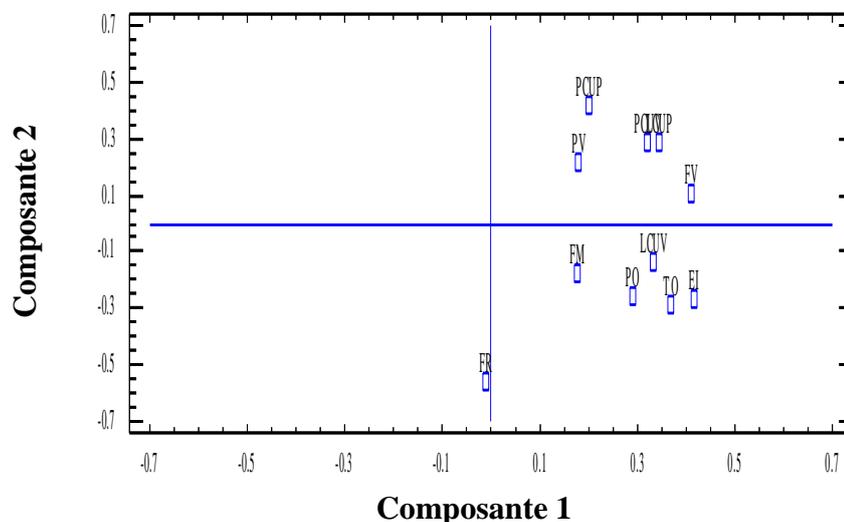


Figure 7.26 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la souche synthétique et de population locale (composantes 1 et 2).

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **PCUV** : le poids de le corne utérine vide ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide.

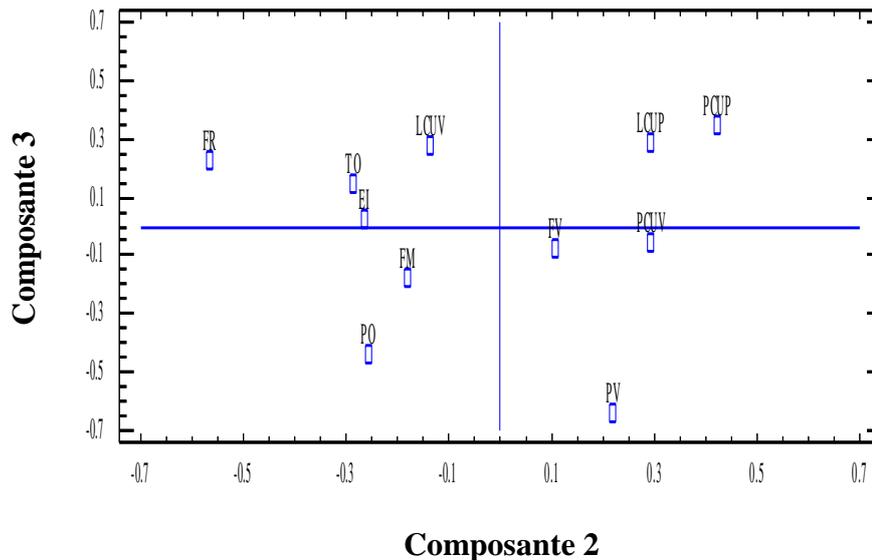


Figure 7.27 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (composantes 2 et 3).

PV : poids vif ; **PO** : poids de l'ovaire droit ; **TO** : taux d'ovulation; **EI** : embryons implantés ; **FV** : nombre de fœtus vivants ; **FM** : nombre de fœtus morts ; **FR** : nombre de fœtus résorbés ; **PCUP** : poids de la corne utérine pleine ; **LCUP** : la longueur de la corne utérine pleine ; **PCUV** : le poids de le corne utérine vide ; **LCUV** : la longueur de la corne utérine vide.

7.4.2. Paramètres mesurés chez les fœtus :

Les effets de la population, de la position intra utérine, du sexe des fœtus et de la vascularisation *in utero* sur les paramètres mesurés chez les fœtus de souche synthétique et de population locale sont différents (**Tableau 7.10**). Contrairement à l'effet du sexe qui n'a influencé aucun des paramètres, l'effet de la vascularisation est significatif sur tous les paramètres, à l'exception du poids du tissu adipeux brun. De même, la majorité des paramètres notés varient en fonction de la population, excepté le volume du liquide amniotique, l'espace vital et

l'efficacité placentaire. Enfin, seuls le poids, la taille des fœtus et le poids du placenta maternel, n'ont pas été affectés par la position *in utero*.

Tableau 7.10 : Effets des variables fixes sur les paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique et de population au 25^{ème} jour de la gestation
(n = 448)

	Population	Position	Sexe	Vascularisation
PIF	<u>x</u>			<u>x</u>
LF	<u>x</u>			<u>x</u>
PTD	<u>x</u>	<u>x</u>		<u>x</u>
PF	<u>x</u>	<u>x</u>		<u>x</u>
PC	<u>x</u>	<u>x</u>		<u>x</u>
PTAB	<u>x</u>	<u>x</u>		
VLA		<u>x</u>		<u>x</u>
EDI		<u>x</u>		<u>x</u>
PIPF	<u>x</u>	<u>x</u>		<u>x</u>
PIPM	<u>x</u>			<u>x</u>
EP		<u>x</u>		<u>x</u>

x : effet significatif ; **PIF** : poids individuel des fœtus ; **LF** : taille des fœtus ou la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; **PF** : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique ; **EDI** : espace disponible individuel pour chaque fœtus ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire.

7.4.2.1. Effet du génotype de la femelle :

7.4.2.1.1. Effet sur le développement fœtal :

L'effet du génotype de la femelle sur le développement des fœtus montre que ceux issus des femelles de la souche synthétique sont plus légers (- 20 % ; P<0,0001) (**Tableau 7.11**). L'écart noté entre les deux types génétiques perd sa signification lorsque le nombre de fœtus vivants est considéré comme covariable dans l'analyse statistique. De même, les fœtus de souche synthétique présentent une taille réduite comparée à celle des fœtus de population locale avec un écart significatif de - 3% qui perd, cependant, sa signification après correction avec le nombre de fœtus vivants.

Le poids du tube digestif, ainsi que ceux du foie, du cerveau et du tissu adipeux brun sont significativement influencés par le type génétique de la lapine. Ainsi, les fœtus de population locale présentent des poids du tube digestif, du foie, du

cerveau et du tissu adipeux brun significativement plus élevés (respectivement + 16%, + 20%, + 32% ; $P < 0,0001$ et + 12% ; $P = 0,056$).

Enfin, les fœtus des deux génotypes présentent des valeurs comparables du volume du liquide amniotique (3,07 vs 2,82 ml ; $P > 0,05$).

Tableau 7.11: Effet du génotype de la femelle sur le développement des fœtus et de leurs organes internes (LSM \pm ES)

Traits	Fœtus de souche synthétique (n = 223)	Fœtus de population locale (n = 181)	D _{S-L} \pm ES	P
PIF, g	18,71 \pm 0,69	23,49 \pm 1,19	-4,78 \pm 0,79	0,0001
PIF _{NF} , g	19,21 \pm 0,71	21,63 \pm 1,21	-2,42 \pm 0,90	0,0621
LF, cm	6,71 \pm 0,08	6,89 \pm 0,09	-0,19 \pm 0,06	0,001
LF _{NF} , cm	6,79 \pm 0,09	6,83 \pm 0,09	-0,03 \pm 0,8	0,663
PTD, g	0,71 \pm 0,03	0,85 \pm 0,05	-0,15 \pm 0,04	0,0001
PF, g	1,87 \pm 0,08	2,35 \pm 0,14	-0,48 \pm 0,09	0,0001
PC, g	0,82 \pm 0,06	1,20 \pm 0,11	-0,38 \pm 0,07	0,0001
PTAB, g	0,15 \pm 0,02	0,17 \pm 0,02	-0,02 \pm 0,01	0,056
VLA, ml	3,07 \pm 0,19	2,82 \pm 0,32	0,25 \pm 0,22	0,237

PIF : poids individuel des fœtus ; PIF_{NF} : poids individuel des fœtus analysé avec le nombre de fœtus vivants comme une covariable ; LF : longueur des fœtus ou la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; LF_{NF} : longueur des fœtus analysée avec le nombre de fœtus vivants comme covariable ; PTD : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; PF : poids du foie ; PC : poids du cerveau ; PTAB : poids de tissu adipeux brun ; VLA : volume du liquide amniotique.

7.4.2.1.2. Effet sur l'espace vital et le développement des placentas :

Dans nos conditions expérimentales, l'espace vital ou disponible pour chaque fœtus est comparable entre les femelles de souche synthétique et de population locale ($P > 0,05$) (**Tableau 7.12**). En revanche, les femelles de population locale présentent un poids du placenta fœtal et un poids du placenta maternel significativement plus élevés (écart de + 18 % ; $P < 0,001$).

Le poids du placenta fœtal et celui du placenta maternel sont corrigés par rapport au nombre de fœtus vivants et par rapport à l'espace vital. Dans le premier cas, la différence observée entre les deux groupes de femelles perd sa signification, par

contre, dans le deuxième cas, l'écart significatif mesuré entre les deux populations persiste pour les deux paramètres.

Par ailleurs, aucune différence significative entre les valeurs de l'efficacité placentaire des deux types génétiques n'est mise en évidence ($P > 0,05$).

Tableau 7.12: Effet du type génétique de la femelle sur l'espace vital, le développement des placentas et sur l'efficacité placentaire (LSM \pm ES)

	Fœtus de souche synthétique (n = 223)	Fœtus de population locale (n = 181)	D _{S-L} \pm ES	P
EDI , cm	3,54 \pm 0,11	3,53 \pm 0,10	0,02 \pm 0,07	0,835
PIPF , g	2,75 \pm 0,11	3,37 \pm 0,12	-0,62 \pm 0,08	0,0001
PIPF_{NF} , g	2,84 \pm 0,11	3,20 \pm 0,12	-0,36 \pm 0,11	0,0695
PIPF_{EDI} , g	2,57 \pm 0,10	3,20 \pm 0,11	-0,62 \pm 0,07	0,0001
PIPM , g	1,02 \pm 0,12	1,26 \pm 0,07	-0,25 \pm 0,08	0,002
PIPM_{NF} , g	0,88 \pm 0,12	1,03 \pm 0,07	-0,15 \pm 0,09	0,308
PIPM_{EDI} , g	0,96 \pm 0,11	1,17 \pm 0,06	-0,21 \pm 0,07	0,003
EP	7,52 \pm 0,26	7,82 \pm 0,45	-0,30 \pm 0,29	0,308

EDI : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPF_{NF}** et **PIPF_{EDI}** : poids individuel du placenta fœtal analysé respectivement avec le nombre de fœtus vivants et l'espace disponible ou espace vital comme covariables ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **PIPM_{NF}** et **PIPM_{EDI}** : poids individuel du placenta maternel analysé respectivement avec le nombre de fœtus et l'espace disponible individuel ou espace vital comme covariables ; **EP** : efficacité placentaire.

7.4.2.1.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants :

Le pourcentage de fœtus vivants est significativement plus élevé chez les femelles de population locale comparé à celui des femelles de la souche synthétique (93,5 vs 87,5 %; $P = 0,02$) (**Tableau 7.13**).

Tableau 7.13: Effet du type génétique de la femelle sur le pourcentage de fœtus vivants et morts

Statuts	Races	
	Synthétique	Locale
Fœtus vivants (%)	87,5	93,5
Fœtus morts (%)	12,5	6,3
	$\chi^2 = 4,97$	$P = 0,02$

7.4.2.2. Effet de la position intra utérine :

7.4.2.2.1. Effet sur le développement fœtal :

L'effet de la position intra utérine sur le développement corporel des fœtus, le poids de leurs organes internes et le volume du liquide amniotique est présenté dans le **tableau 7.14**.

Aucune différence significative n'est décelée entre le poids moyen des fœtus en position médiane et celui de ceux en position cervicale. Néanmoins, le seul effet révélé significatif se trouve entre le poids moyen des fœtus en position oviductale et celui des fœtus en position médiane (+ 5% en position ; $P < 0,05$). En revanche, la taille des fœtus est similaire quelque soit les positions ($P > 0,05$).

Les fœtus en position oviductale montrent un poids du tube digestif significativement plus important comparé à celui des fœtus en position médiane (+ 11% ; $P < 0,05$) et à celui des fœtus en position cervicale (+ 5 ; $P < 0,05$). Cependant, aucune différence significative n'apparaît entre les poids des tubes digestifs des fœtus en position médiane et ceux des fœtus en position cervicale ($P > 0,05$). Concernant le poids du foie, les fœtus en position oviductale présentent une valeur significativement plus élevée à celle notée chez les fœtus en position médiane (+ 10 % ; $P < 0,05$), mais tout à fait comparable à celle enregistrée chez les fœtus en position cervicale ($P > 0,05$). En revanche, le poids du foie des fœtus en position cervicale est significativement plus élevé par rapport à celui mesuré chez les fœtus en position médiane (+ 0,2 g ; $P < 0,05$). L'effet de la position *in utero* sur le poids du cerveau des fœtus est significatif. Les fœtus en position oviductale présentent un poids du cerceau le plus élevé. Il est, cependant, significativement différent de celui des fœtus en position médiane (+ 15 %;

P<0,05) et de celui des fœtus en position cervicale (+ 8 % ; P<0,05). Par ailleurs, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les poids des cerveaux des fœtus en position médiane et ceux en position cervicale. Le poids du tissu adipeux brun varie en fonction des trois positions intra utérines considérées. Il est, toutefois, plus élevé chez les fœtus en position oviductale et significativement différent de celui des fœtus en position médiane (+ 22 % ; P<0,05).

La position du fœtus dans la corne utérine influence significativement le volume du liquide amniotique. En effet, les fœtus en position oviductale ont le volume le plus élevé, suivi des fœtus en position cervicale et enfin, ceux en position médiane. L'écart entre les volumes extrêmes est de + 16 %. En revanche, la différence entre les volumes du liquide amniotique s'annule lorsque l'espace vital est utilisé comme covariable dans l'analyse statistique.

Tableau 7.14: Effet de la position *in utéro* sur le développement des fœtus et de leurs organes internes (LSM \pm ES)

Traits	PO (n = 51)	PM (n = 302)	PC (n = 51)
PIF, g	21,49 ^a \pm 1,06	20,37 ^b \pm 0,89	21,43 ^{ab} \pm 1,02
LF, cm	6,89 \pm 0,11	6,71 \pm 0,08	6,83 \pm 0,10
PTD, g	0,82 \pm 0,05 ^a	0,74 \pm 0,04 ^b	0,78 \pm 0,05 ^b
PF, g	2,20 \pm 0,13 ^a	1,97 \pm 0,10 ^b	2,17 \pm 0,12 ^a
PC, g	1,09 \pm 0,09 ^a	0,93 \pm 0,08 ^b	1,00 \pm 0,09 ^b
PTAB, g	0,18 \pm 0,02 ^a	0,14 \pm 0,02 ^b	0,16 \pm 0,02 ^{ab}
VLA, ml	3,17 \pm 0,29 ^a	2,65 \pm 0,24 ^b	3,02 \pm 0,28 ^c
VLA _{EDI} , ml	2,89 \pm 0,29	2,84 \pm 0,24	2,85 \pm 0,28

PO : position oviductale ; PM : position médiane ; PC : position cervicale ; PIF : poids individuel des fœtus ; LF : longueur des fœtus ou la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; PTD : poids du tube digestif avec l'estomac vidé PF : poids du foie ; PC : poids du cerveau ; PTAB : poids de tissu adipeux brun ; VLA : volume du liquide amniotique ; VLA_{EDI} : volume du liquide amniotique analysé avec l'espace vital comme covariable. a, b, c ... : sur une même colonne les moyennes affectées d'une lettre différente, différent entre elles au seuil P<0,05.

7.4.2.2.2. Effet sur l'espace vital et le développement des placentas :

La position *in utéro* influence d'une manière significative l'espace disponible ou vital pour chaque fœtus (**Tableau 7.15**). L'espace vital le plus important est enregistré chez les fœtus en position oviductale il est cependant supérieur de + 9

% par rapport à celui des fœtus en position cervicale et de + 34 % par rapport à celui des fœtus position médiane.

Le poids du placenta maternel ne varie pas en fonction de la position intra utérine des fœtus. En revanche, les poids des placentas fœtaux sont significativement plus élevés chez les fœtus en position oviductale comparés à ceux des fœtus en position cervicale (3,38 vs 2,97 g ; $P < 0,05$) et ceux des fœtus en position médiane (3,38 vs 2,74 g ; $P < 0,05$). Cependant, aucune différence significative n'est soulignée entre les poids des placentas fœtaux en position médiane et cervicale.

Enfin, la position intra utérine agit sur l'efficacité placentaire. Les fœtus en position médiane présentent une meilleure efficacité placentaire (+ 4% par rapport à la position cervicale et + 16% par rapport à la position oviductale). A espace vital équivalent, l'analyse statistique de ce dernier paramètre ne révèle aucune différence significative entre les trois positions *in utéro*.

Tableau 7.15: Effet de la position intra utérine sur l'espace vital, le développement des placentas et l'efficacité placentaire (LSM \pm ES)

	PO (n = 51)	PM (n = 302)	PC (n = 51)
EDI, cm	4,13 \pm 0,14 ^a	2,71 \pm 0,10 ^b	3,77 \pm 0,13 ^c
PIPF, g	3,38 \pm 0,15 ^a	2,74 \pm 0,11 ^b	2,97 \pm 0,14 ^b
PIPM, g	1,17 \pm 0,11	1,14 \pm 0,09	1,11 \pm 0,10
EP	7,05 \pm 0,39 ^a	8,15 \pm 0,33 ^b	7,81 \pm 0,38 ^c
EP_{EDI}	7,44 \pm 0,39	7,89 \pm 0,33	8,04 \pm 0,38

PO : position oviductale ; **PM** : position médiane ; **PC** : position cervicale ; **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire ; **EP_{EDI}** : efficacité placentaire analysé avec l'espace disponible individuel ou espace vital comme covariable. a, b, c ... : sur une même colonne les moyennes affectées d'une lettre différente, différent entre elles au seuil $P < 0,05$.

7.4.2.2.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants :

Le pourcentage de fœtus morts et vivants n'est pas influencé par les positions intra utérines considérées (**Tableau 7.16**).

Tableau 7.16 : Effet de la position intra utérine sur le pourcentage de fœtus vivants et morts

Statuts	Positions		
	PO	PM	PC
Vivant (%)	96,3	88,8	92,6
Mort (%)	3,7	11,2	7,4
	$\chi^2 = 4,97$	$P = 0,18$	

PO : position oviductale ; PM : position médiane ; PC : position cervicale.

7.4.2.3. Effet du sexe fœtal :

7.4.2.3.1. Effet sur le développement fœtal :

L'effet du sexe sur le développement corporel des fœtus et sur le poids des organes internes est présenté dans le **tableau 7.17**. Au 25^{ème} jour de la gestation, les résultats ne révèlent aucune différence significative entre les deux sexes et ce pour tous les paramètres mesurés.

Tableau 7.17 : Effet du sexe sur le développement des fœtus et de leurs organes internes (LSM \pm ES)

	Mâles (n = 179)	Femelles (n = 231)	P
PIF, g	21,59 \pm 1,27	20,62 \pm 1,27	0,591
LF, cm	6,81 \pm 0,15	6,79 \pm 0,15	0,952
PTD, g	0,82 \pm 0,06	0,74 \pm 0,06	0,378
PF, g	2,23 \pm 0,15	1,99 \pm 0,15	0,257
PC, g	1,01 \pm 0,12	1,01 \pm 0,12	0,981
PTAB, g	0,18 \pm 0,03	0,13 \pm 0,03	0,338
VLA, ml	3,03 \pm 0,35	2,85 \pm 0,36	0,726

PIF : poids individuel des fœtus ; LF : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; PTD : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; PF : poids du foie ; PC : poids du cerveau ; PTAB : poids de tissu adipeux brun ; VLA : volume du liquide amniotique.

7.4.2.3.2. Effet sur le développement des placentas et sur l'espace vital :

L'effet du sexe fœtal sur l'espace vital, le poids des placentas et l'efficacité placentaire est présenté dans le **Tableau 7.18**. Les paramètres mesurés dans notre étude n'ont pas varié significativement entre les sexes fœtaux.

Tableau 7.18 : Effet du sexe fœtal sur l'espace vital et le développement placentaire
(LSM \pm ES)

	Mâles (n=179)	Femelles (n=231)	P
EDI, cm	3,61 \pm 0,19	3,46 \pm 0,19	0,591
PIPF, g	3,16 \pm 0,20	2,97 \pm 0,20	0,572
PIPM, g	1,13 \pm 0,13	1,15 \pm 0,13	0,919
EP	7,66 \pm 0,47	7,69 \pm 0,48	0,962

EDI : espace disponible individuel ou espace vital ; PIPF : poids individuel du placenta fœtal ; PIPM : poids individuel du placenta maternel ; EP : efficacité placentaire.

7.4.2.3.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants :

Le pourcentage de fœtus vivants et morts en fonction du sexe est présenté dans le **Tableau 7.19**. Aucune différence significative n'est mise en évidence entre le pourcentage de fœtus vivants et morts selon le sexe du fœtus.

Tableau 7.19: Effet du sexe sur le pourcentage de fœtus vivants et morts

Statuts	Sexe	
	Mâles	Femelles
Fœtus vivants (%)	99,4	97,4
Fœtus mort (%)	0,6	2,6
	$\chi^2 = 2,49$	$P = 0,11$

7.4.2.4. Effet de la vascularisation :

7.4.2.4.1. Effet sur le développement fœtal :

L'effet de la vascularisation, apprécié à travers le nombre de vaisseaux sanguins enrichissant chaque site d'implantation, sur le développement fœtal est présenté dans le **tableau 7.20**.

Au 25^{ème} jour de la gestation, la vascularisation a un effet hautement significatif sur tous les paramètres mesurés chez les fœtus vivants. Les fœtus ayant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6 présentent le poids le plus élevé avec, cependant, des écarts respectifs de 10 % et 22 % comparés à ceux disposant entre 3 à 5 vaisseaux sanguins, et ceux ayant un nombre égal ou inférieur à 2 vaisseaux sanguins. La taille des fœtus mesurée entre le sommet de la tête et la croupe varie en fonction des trois classes de vaisseaux sanguins

considérées. La taille la plus élevée est retrouvée chez les fœtus dont leur site d'implantation présente un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6 ($7,14 \pm 0,07$ cm). Elle est cependant significativement différente de la taille des fœtus ayant entre 3 à 5 vaisseaux sanguins (+ 4 %; $P < 0,05$) et ceux ayant un nombre de vaisseaux sanguins égal ou inférieur à 2 (+ 12 % ; $P < 0,05$).

Concernant les poids des organes internes (tube digestif, foie et cerveau), les fœtus recevant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6 montrent les poids les plus élevés, alors que ceux disposant d'un nombre de vaisseaux sanguins inférieur ou égal à 2 présentent les poids les faibles. Le poids du tissu adipeux brun est significativement plus faible chez les fœtus ayant un nombre de vaisseaux sanguins inférieur ou égal à 2, comparé à ceux recevant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 3 ($P < 0,05$).

Les fœtus les plus vascularisés (≥ 6 vaisseaux sanguins) présentent un volume du liquide amniotique important. Ces derniers montrent des écarts significatifs de + 16 % par rapport aux fœtus ayant entre 3 à 5 vaisseaux sanguins et de + 33 % comparés aux fœtus présentant un nombre de vaisseaux sanguins inférieur ou égal à 2.

Tableau 7.20: Effet de la vascularisation sur le développement des fœtus et des organes internes (LSM \pm ES)

	\leq à 2 VS (n = 34)	Entre 3 à 5 VS (n = 289)	\geq à 6 VS (n = 81)
	LSM \pm SE	LSM \pm SE	LSM \pm SE
PIF, g	$17,35 \pm 0,83^a$	$20,01 \pm 0,53^b$	$22,22 \pm 0,62^c$
LF, cm	$6,29 \pm 0,11^a$	$6,83 \pm 0,05^b$	$7,14 \pm 0,07^c$
PTD, g	$0,68 \pm 0,04^a$	$0,75 \pm 0,02^b$	$0,81 \pm 0,03^c$
PF, g	$1,76 \pm 0,10^a$	$2,00 \pm 0,06^b$	$2,31 \pm 0,07^c$
PC, g	$0,73 \pm 0,08^a$	$0,93 \pm 0,05^b$	$1,10 \pm 0,06^c$
PTAB, g	$0,16 \pm 0,02^a$	$0,18 \pm 0,01^b$	$0,19 \pm 0,01^b$
VLA, ml	$2,47 \pm 0,24^a$	$3,08 \pm 0,15^b$	$3,66 \pm 0,17^c$

VS : vaisseaux sanguins ; PIF : poids individuel des fœtus ; LF : longueur des fœtus ou la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; PTD : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; PF : poids du foie ; PC : poids du cerveau ; PTAB : poids de

tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique ; a, b, c.. : sur une même colonne les moyennes affectées d'une lettre différente, différent entre elles au seuil $P < 0,05$.

7.4.2.4.2. Effet sur l'espace vital et le développement des placentas :

Le **tableau 7.21** présente l'effet de la vascularisation sur l'espace vital, le poids des placentas et l'efficacité placentaire.

Le nombre de vaisseaux sanguins arrivant au niveau de chaque site d'implantation influence significativement l'espace vital. Les fœtus recevant un nombre de vaisseaux sanguins égal ou supérieur à 6 présentent un espace vital plus élevé comparé à celui noté chez les fœtus ayant entre 3 à 5 vaisseaux sanguins d'une part (4,03 vs 3,66 cm ; $P < 0,05$), et ceux disposant d'un nombre de vaisseaux sanguins égal ou inférieur à 2 (4,03 vs 3,12 cm ; $P < 0,05$).

Le poids des placentas (fœtaux et maternels) varie en fonction des trois classes de vaisseaux sanguins considérées. Les fœtus ayant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6 bénéficient d'un meilleur poids du placenta fœtal avec un écart de 9 % comparés à ceux recevant entre 3 à 5 vaisseaux sanguins et + 25 % par rapport à ceux présentant un nombre inférieur ou égal à 2 vaisseaux sanguins. Le même effet est noté pour le poids du placenta maternel. Enfin, les fœtus irrigués avec un nombre de vaisseaux sanguins inférieur ou égal à 2 présentent une valeur d'efficacité placentaire plus élevée comparativement à celle des fœtus possédant plus de 3 vaisseaux sanguins ($P < 0,05$).

Tableau 7.21 : Effet de la vascularisation sur l'espace vital et le développement placentaire (LSM \pm ES)

	\leq à 2 VS (n = 34)	Entre 3 à 5 VS (n = 289)	\geq à 6 VS (n = 81)
	LSM \pm SE	LSM \pm SE	LSM \pm SE
EDI, cm	3,12 \pm 0,14 ^a	3,66 \pm 0,08 ^b	4,03 \pm 0,10 ^c
PIPF, g	2,60 \pm 0,14 ^a	3,18 \pm 0,07 ^b	3,49 \pm 0,09 ^c
PIPM, g	1,09 \pm 0,08 ^a	1,32 \pm 0,05 ^b	1,43 \pm 0,06 ^c
EP	7,36 \pm 0,31 ^a	6,64 \pm 0,20 ^b	6,59 \pm 0,23 ^b

VS : vaisseaux sanguins ; **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire. ; a, b, c ... : sur une même colonne les moyennes affectées d'une lettre différente, différent entre elles au seuil $P < 0,05$.

7.4.2.4.3. Effet sur le pourcentage de fœtus morts et vivants :

Le pourcentage de fœtus vivants augmente en fonction du nombre de vaisseaux sanguins (**Tableau 7.22**). En effet, les pourcentages les plus élevés de fœtus vivants sont observés à partir des sites d'implantation recevant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 3.

Tableau 7.22: Effet du nombre de vaisseaux sanguins irriguant les sites d'implantation sur le pourcentage de fœtus vivants et morts

	<i>Irrigation</i>								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fœtus vivants	0	11,1	71,7	95,6	97,2	95,1	94	100	100
Fœtus morts	10	88,9	28,3	4,4	2,8	4,9	6	0	0
	0								
	$\chi^2 = 2,49$				$P = 0,11$				

7.4.2.5. Etude de la relation entre les paramètres mesurés chez les fœtus :

7.4.2.5.1. Fœtus de la souche synthétique :

L'analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique est illustrée dans la **figure 7.28** (composantes 1 et 2) et la **figure 7.29** (composantes 2 et 3). La première composante (51,1%) est formée principalement par, le poids du fœtus et sa longueur, le poids de ses organes internes (le tube digestif, le foie, le tissu adipeux brun et le cerveau) et enfin, le poids de son placenta fœtal. En revanche, les principales variables ayant contribué à la formation de la deuxième composante avec 17,1 % sont, le volume du liquide amniotique, le poids du placenta maternel, l'espace vital et l'efficacité placentaire. Enfin, le poids du fœtus et de son placenta maternel et le volume du liquide amniotique participent à la formation de la 3^{ème} composante (9,2%).

La taille du fœtus, le poids de ses organes internes (le tube digestif, le foie et le cerveau) sont positivement corrélés au poids du fœtus ($R = 0,88$; $P < 0,01$) (**Tableau 7.23**). De même, ce dernier est corrélé positivement avec le poids de ses placentas d'une part ($R = 0,70$ pour le placenta fœtal et $R = 0,51$ pour le

Tableau 7.23: Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les fœtus de souche synthétique (n=223)

	PIF	LF	PTD	PF	PC	PTAB	VLA	EDI	PIPF	PIPM
LF	0,89***									
PTD	0,83***	0,79***								
PF	0,88***	0,83***	0,78***							
PC	0,95***	0,83***	0,80***	0,85***						
PTAB	0,07	0,01	0,14	0,09	0,11					
VLA	0,20**	0,22***	0,10	0,32***	0,15*	0,42				
EDI	0,64***	0,64***	0,55***	0,64***	0,35***	0,04	0,35***			
PIPF	0,70***	0,71***	0,63***	0,76***	0,64***	0,15*	0,46***	0,65***		
PIPM	0,51***	0,51***	0,55***	0,51***	0,53***	0,06	0,16*	0,51***	0,54***	
EP	-0,20***	-0,33***	-0,25***	-0,35***	-0,14*	-0,16	-0,33***	-0,38***	-0,77***	-0,31***

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vide ; **PF** : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire. * P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

placenta maternel ; $P < 0,001$) et son espace vital d'autre part ($R = 0,64$; $P < 0,001$). Le volume du liquide amniotique est corrélé positivement au poids du placenta fœtal ($R = 0,46$; $P < 0,001$) et négativement à l'efficacité placentaire ($R = - 0,33$; $P < 0,001$).

Une corrélation positive est notée entre le poids du placenta maternel et l'espace vital d'une part ($R = 0,51$; $P < 0,001$) et le poids du placenta fœtal d'autre part ($R = 0,54$; $P < 0,001$). En revanche, l'efficacité placentaire et le poids du placenta fœtal sont corrélés négativement ($R = - 0,77$; $P < 0,001$).

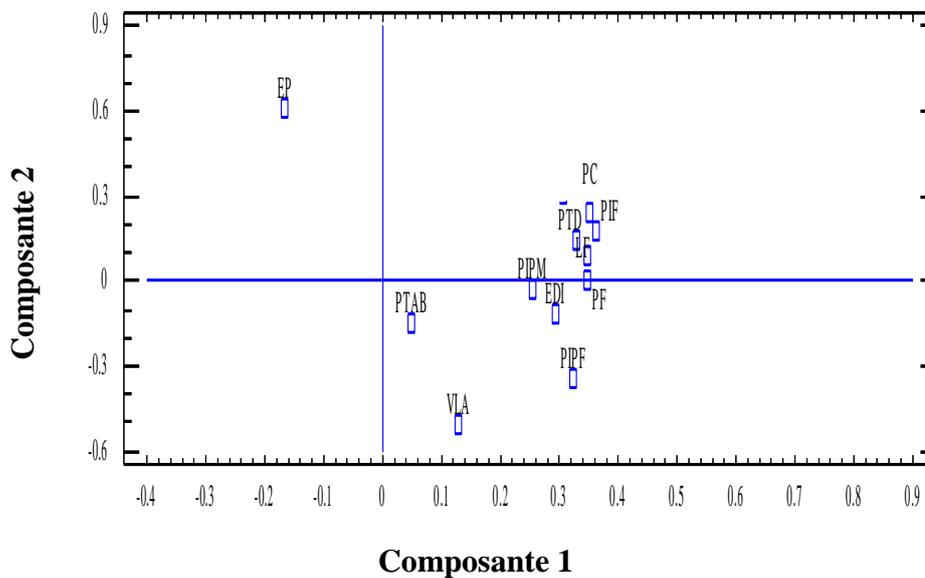


Figure 7.28 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique (composantes 1 et 2).

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ;

PF : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire.

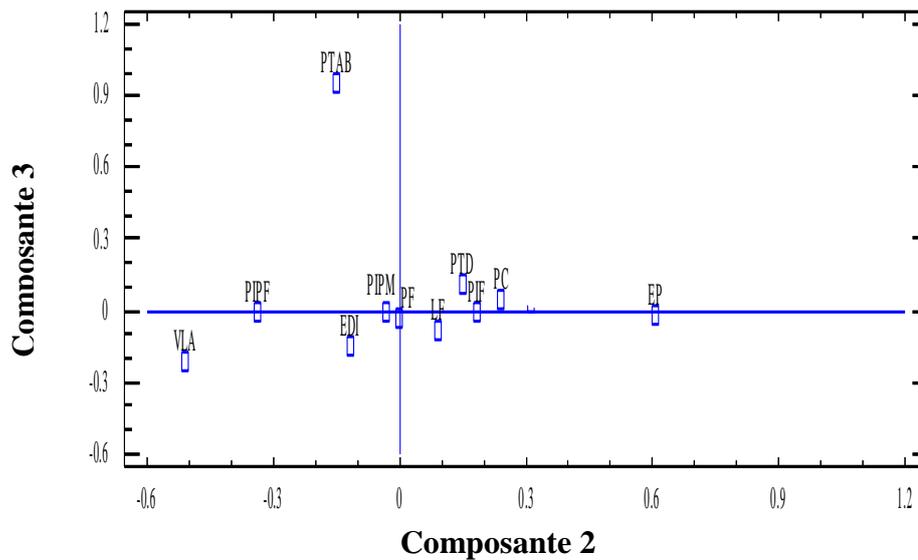


Figure 7.29 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique (composantes 2 et 3).

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ;

PF : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire.

7.4.2.5.2. Fœtus de population locale :

L'analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de population locale est illustrée dans la **figure 7.30** (composantes 1 et 2) et la **figure 7.31** (composantes 2 et 3). Les trois premières composantes expliquent 79,4% de la variabilité des paramètres mesurés chez les fœtus de population locale. La première composante (57%) est formée principalement par les paramètres concernant le poids du fœtus et de ses organes internes. Le volume du liquide amniotique, le poids du placenta fœtal et l'efficacité placentaire sont les principaux paramètres formant la deuxième composante avec un pourcentage de 14%. Enfin, seul le poids du tissu adipeux brun participe à la formation de la troisième composante (8,4%).

Le poids de fœtus est positivement corrélé à sa taille ($R = 0,81$; $P < 0,001$), au poids du tube digestif ($R = 0,79$; $P < 0,001$), au poids du foie ($R = 0,88$; $P < 0,001$) et à celui du cerveau ($R = 0,90$; $P < 0,001$) (**Tableau 7.24**). Le poids du placenta fœtal est

positivement lié au poids individuel du fœtus d'une part ($R = 0,68$; $P < 0,001$) et à l'espace vital ou disponible pour chaque fœtus d'autre part ($R = 0,55$; $P < 0,001$).

L'efficacité placentaire est négativement corrélée au volume du liquide amniotique ($R = -0,25$; $P < 0,001$) et au poids du placenta fœtal ($R = -0,43$; $P < 0,001$). En revanche, une corrélation positive est retrouvée entre le volume du liquide amniotique et l'espace vital ($R = -0,42$; $P < 0,001$).

Enfin, le poids du tissu adipeux brun est positivement corrélé au poids du fœtus ($R = 0,79$; $P < 0,001$) et à celui du placenta fœtal ($R = 0,66$; $P < 0,001$).

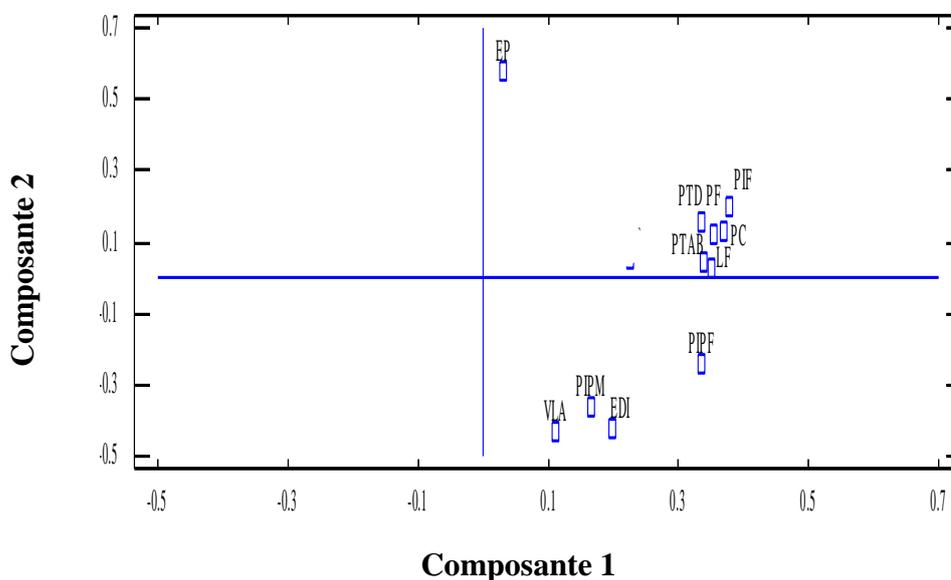


Figure 7.30 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de population locale (composantes 1 et 2).

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ;

PF : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire.

Tableau 7.24 : Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez les fœtus de population locale (n = 181)

	PIF	LF	PTD	PF	PC	PTAB	VLA	EDI	PIPF	PIPM
LF	0,81***									
PTD	0,79***	0,71***								
PF	0,88***	0,69***	0,72***							
PC	0,90***	0,74***	0,72***	0,79***						
PTAB	0,79***	0,60***	0,67***	0,81***	0,71***					
VLA	0,08	0,25***	0,01	0,07	0,11	0,17***				
EDI	0,26***	0,33***	0,23**	0,33***	0,32**	0,39***	0,42***			
PIPF	0,68***	0,64***	0,59***	0,71***	0,68***	0,66***	0,26***	0,55***		
PIPM	0,19**	0,39***	0,25***	0,16*	0,28***	0,20**	0,37***	0,36***	0,35***	
EP	0,33***	0,16*	0,20**	0,14*	-0,34***	0,08	-0,25***	-0,34***	-0,43***	-0,25***

PIF : poids individuel des fœtus ; LF : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; PTD : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; PF : poids du foie ; PC : poids du cerveau ; PTAB : poids de tissu adipeux brun ; VLA : volume du liquide amniotique. EDI : espace disponible individuel ou espace vital ; PIPF : poids individuel du placenta fœtal ; PIPM : poids individuel du placenta maternel ; EP : efficacité placentaire. * P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

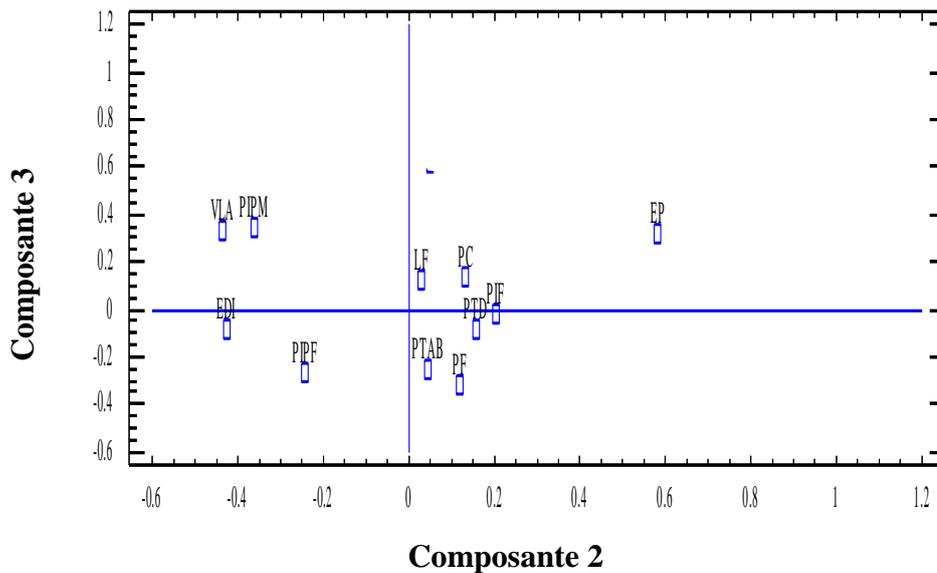


Figure 7.31 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de population locale (composantes 2 et 3).

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; **PF** : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire.

7.4.2.5.3. Fœtus de souche synthétique et de population locale :

L'analyse en composantes principales regroupant les fœtus des deux génotypes est présentée dans la **figure 7.32**. Les deux principales composantes expliquent 65,8 % de la variabilité des paramètres mesurés. Les paramètres ayant participé à la formation de la première composante sont, le poids et la taille des fœtus, le poids de leurs organes internes (tube digestif, le foie et le cerveau) et le poids du placenta fœtal. En revanche, la deuxième composante regroupe le volume du liquide amniotique, l'espace vital et l'efficacité placentaire.

Une corrélation positive et hautement significative est révélée entre le poids des fœtus, leur taille, le poids du tube digestif, du foie et du cerveau (**Tableau 7.25**). Le développement des fœtus et de leurs organes internes sont fortement liés au

Tableau 7.25: Corrélation entre les différents paramètres mesurés chez le fœtus de souche synthétique et de population locale (n = 404)

	PIF	LF	PTD	PF	PC	PTAB	VLA	EDI	PIPF	PIPM
LF	0,84***									
PTD	0,82***	0,76***								
PF	0,98***	0,77***	0,76***							
PC	0,93***	0,79***	0,77***	0,83***						
PTAB	0,26***	0,15**	0,27***	0,27***	0,79***					
VLA	0,16**	0,24***	0,07	0,22***	0,18**	0,08				
EDI	0,45***	0,52***	0,39***	0,49***	0,49***	0,10*	0,38***			
PIPF	0,70***	0,68***	0,62***	0,74***	0,67***	0,22***	0,38***	0,57***		
PIPM	0,39***	0,46***	0,40***	0,35***	0,42***	0,08*	0,24***	0,47***	0,43***	
EP	-0,04	-0,17***	-0,11*	-0,18***	-0,05	-0,06	-0,30***	-0,34**	-0,68***	-0,27***

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; **PF** : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta foetal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire. * P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

développement du placenta fœtal ($R = 0,68$; $P < 0,001$) mais faiblement corrélés au développement du placenta maternel ($R = 0,40$; $P < 0,001$).

Le volume du liquide amniotique est positivement corrélé au poids du placenta fœtal et à l'espace vital ($R = 0,38$; $P < 0,001$) mais négativement lié à l'efficacité placentaire ($R = - 0,30$; $P < 0,001$), elle-même négativement liée au développement du placenta fœtal ($R = - 0,68$; $P < 0,001$).

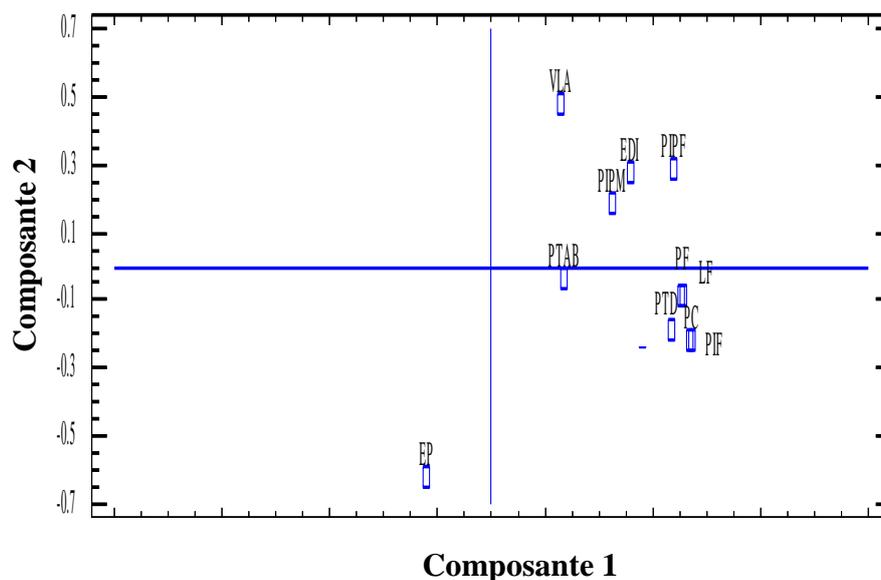


Figure 7.32 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus de la souche synthétique et de la population locale (composantes 1 et 2).

PIF : poids individuel des fœtus ; **LF** : longueur des fœtus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; **PF** : poids du foie ; **PC** : poids du cerveau ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **VLA** : volume du liquide amniotique. **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire.

7.4.3. Etude de la composition corporelle des fœtus :

Les données du **tableau 7.26** montrent, qu'au 25^{ème} jour de la gestation, l'effet de la population influence significativement les teneurs en matière sèche et en

protéines brutes des fœtus. Cependant, la vascularisation et la position intra utérine ont un effet significatif sur la teneur en protéines brutes et en matières grasses des fœtus. Enfin, le sexe des fœtus n'a pas d'effet sur la composition corporelle.

Tableau 7.26: Effets de la population, de la position *in utéro*, du sexe fœtal et de la vascularisation sur la composition corporelle des fœtus

	Population	Position	Sexe	Vascularisation
H	<u>x</u>			
MS	<u>x</u>			
PB	<u>x</u>	<u>x</u>		<u>x</u>
MG		<u>x</u>		<u>x</u>
MM				

H : humidité ; MS : matière sèche ; PB : protéines brutes ; MG : matières grasses ; MM : Matières minérales.

7.4.3.1. Effet de la population :

L'effet de la population est significatif sur la teneur en matière sèche et les teneurs en protéines totales des fœtus (**Tableau 7.27**). En effet, les fœtus de souche synthétique présentent des teneurs en matière sèche et en protéines brutes significativement plus élevées (respectivement +13 % et + 9%; $P < 0,05$). En revanche, aucune différence significative des teneurs en matières grasses et en matières minérales n'est révélée entre les fœtus des deux groupes étudiés.

Tableau 7.27: Effet de la population sur la composition corporelle des fœtus (LSM \pm ES)

Paramètres	Fœtus de souche synthétique (n=21)	Fœtus de population locale (n=21)	D _{S-L} \pm ES	P
H	85,41 \pm 0,74	83,16 \pm 0,59	2,25 \pm 0,86	0,014
MS	14,59 \pm 0,74	16,84 \pm 0,59	-2,25 \pm 0,86	0,014
PB	9,28 \pm 0,25	10,15 \pm 0,20	-0,87 \pm 0,30	0,006
MG	4,65 \pm 0,22	4,43 \pm 0,18	0,21 \pm 0,25	0,416
MM	1,83 \pm 0,10	1,73 \pm 0,08	0,10 \pm 0,12	0,388

H : humidité ; MS : matière sèche ; PB : protéines brutes ; MG : matières grasses ; MM : Matières minérales.

7.4.3.2. Effet de la position intra utérine :

La position intra utérine n'influence pas significativement la teneur en matière sèche et en matières minérales des fœtus. En revanche, les teneurs en protéines brutes varient entre les différentes positions intra utérines. Les fœtus en position oviductale présentent un écart de + 16 % comparé à celui des fœtus en position médiane, et de + 14 % par rapport à celui des fœtus en position cervicale. Les fœtus en position médiane présentent une teneur significativement faible en matières grasses par rapport à ceux en position oviductale et cervicale (- 26 % et - 17 % respectivement ; $P < 0,05$). Aucune différence significative n'est mise en évidence pour la teneur en matières grasses entre les fœtus en position oviductale et cervicale (5,2 vs 4,6 ; $P > 0,05$) (**Tableau 7.28**).

7.4.3.3. Effet de la vascularisation :

L'effet du nombre de vaisseaux sanguins atteignant chaque site d'implantation sur la composition corporelle des fœtus est présenté dans le **tableau 7.29**. La vascularisation n'affecte pas significativement la matière sèche et la teneur en matières minérales des fœtus. Cependant, les teneurs en protéines brutes et en matières grasses sont variables en fonction des différentes classes de vaisseaux sanguins considérées. Les fœtus ayant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6 montrent une teneur significativement plus élevée en protéines brutes et en matières grasses (+ 9 % et + 15 % respectivement).

7.4.3.4. Effet du sexe foetal :

Le sexe n'influence pas la composition corporelle du fœtus (**Tableau 7.30**).

Tableau 7.30 : Effet du sexe sur la composition corporelle (LSM \pm ES)

	Fœtus mâle (n=13)	Fœtus femelle (n=29)	D _{S-L} \pm SE	P
H	84,35 \pm 0,99	84,23 \pm 0,76	0,12 \pm 1,45	0,935
MS	15,65 \pm 0,99	15,77 \pm 0,78	-0,12 \pm 1,45	0,935
PB	9,79 \pm 0,34	9,64 \pm 0,27	0,15 \pm 0,50	0,761
MG	4,30 \pm 0,29	4,78 \pm 0,23	-0,48 \pm 0,48	0,273
MM	1,79 \pm 0,13	1,77 \pm 0,10	0,02 \pm 0,19	0,917

H : humidité ; MS : matière sèche ; PB : protéines brutes ; MG : matières grasses ; MM : Matières minérales.

Tableau 7.28 : Effet de la position intra utérine sur la composition corporelle des fœtus (LSM ± ES) (n = 42)

	Position O (n = 14)	Position M (n = 14)	Position C (n = 14)	Position O vs M		Position O vs C		Position M vs C	
	LSM ± SE	LSM ± SE	LSM ± SE	D _{O-M} ± SE	P	D _{O-C} ± SE	P	D _{M-C} ± SE	P
H	84,24 ± 0,88	84,81 ± 0,72	83,81 ± 0,81	-0,58 ± 1,11	0,608	0,42 ± 1,81	0,698	1,00 ± 1,05	0,349
MS	15,76 ± 0,88	15,19 ± 0,72	16,19 ± 0,81	-0,57 ± 1,11	0,608	0,42 ± 1,08	0,698	-1,00 ± 1,05	0,598
PB	10,81 ± 0,30	9,03 ± 0,25	9,30 ± 0,28	1,78 ± 0,38	0,0001	1,51 ± 0,37	0,0004	-0,28 ± 0,36	0,451
MG	5,16 ± 0,26	3,84 ± 0,21	4,62 ± 0,24	1,32 ± 0,33	0,0004	0,54 ± 0,32	0,105	-0,78 ± 0,31	0,018
MM	1,90 ± 0,12	1,69 ± 0,99	1,74 ± 0,11	0,22 ± 0,15	0,159	0,17 ± 0,15	0,257	-0,05 ± 0,14	0,739

O : position oviductale ; M : position médiane ; C : position cervicale ; H : taux d'humidité ; MS : matière sèche ; PB : protéines brutes ; MG : matières grasses ; MM : Matières minérales.

Tableau 7.29 : Effet de la vascularisation sur la composition corporelle des fœtus (LSM ± ES) (n = 42)

	2 VS (n = 4)	3 VS (n = 8)	4 VS (n = 7)	5 VS (n = 10)	≥ 6 VS (n = 13)
	LSM ± SE	LSM ± SE	LSM ± SE	LSM ± SE	LSM ± SE
H	84,84 ±1,30	84,32 ± 0,91	84,88 ±1,03	83,43 ±0,91	83,97 ±0,82
MS	15,16 ±1,30	15,68 ± 1,01	15,11 ± 1,03	16,57 ± 0,91	16,03 ± 0,82
PB	9,56 ±0,45a	9,45 ± 0,35a	9,35 ± 0,35a	9,79 ± 0,28a	10,42 ± 0,31b
MG	4,19 ±0,39a	4,34 ± 0,30a	4,86 ± 0,30a	4,08 ± 0,27a	5,13 ± 0,24b
MM	1,93 ± 0,17	1,65 ± 0,13	1,76 ± 0,14	1,88 ± 0,12	1,65 ± 0,11

VS : vaisseaux sanguins ; **MS** : matière sèche ; **PB** : protéines brutes ; **H** : taux d'humidité ; **MG** : matières grasses ; **MM** : Matières minérales. a, b, c ...: sur une même colonne les moyennes affectées d'une lettre différente, différent entre elles au seuil P=0,05.

7.4.3.5. Eude de la relation entre les différents paramètres mesurés chez les foetus et la composition corporelle :

L'analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les foetus en relation avec leur composition corporelle sont présentés dans la **figure 7.33** (composantes 1 et 2) et dans la **figure 7.34** (composantes 2 et 3). Les 3 premières composantes expliquent 63,8 % de la variabilité des paramètres étudiés (composante 1 = 38,7 ; composante 2 = 13,2 ; composante 3 = 12).

Les variables ayant participé à la formation de la première composante sont, le poids foetal, les teneurs en matières grasses et en matières minérales. Le poids des foetus est corrélé positivement avec les poids du placenta foetal ($R = 0,64$; $P < 0,01$), avec le poids des organes internes ($R = 0,84$; $P < 0,001$) et la teneur en matière sèche ($R = 0,61$; $P < 0,001$) (**Tableau 7.31**). Les teneurs en matières grasses et en matières minérales sont positivement corrélées à l'espace vital ($R = 0,49$ et $0,36$; $P < 0,001$ et $P < 0,05$ respectivement).

La deuxième composante est formée principalement par le poids des organes internes des foetus (tube digestif, foie, tissu adipeux brun et le cerveau), et la matière sèche. Le poids des organes internes est positivement corrélé à la teneur en matière sèche ($R = 0,57$; $P < 0,001$).

Enfin, la troisième composante regroupe les teneurs en protéines brutes, l'espace vital et l'efficacité placentaire. Les teneurs en protéines brutes du foetus est corrélée positivement au poids du placenta foetal ($R = 0,36$; $P < 0,05$), au poids du tissu adipeux brun ($R = 0,40$; $P < 0,01$) et au poids du foie ($R = 0,34$; $P < 0,05$).

Tableau 7.31: Corrélations entre les différents paramètres mesurés et la composition corporelle chez les fœtus (n = 42)

	PIPF	PIPM	EP	EDI	VLA	PTD	PTAB	PC	PF	MS	PB	H	MM	MG
PIF	0,64**	0,00	0,20	0,07	-0,04	0,90***	0,83***	0,89**	0,84***	0,61**	0,26*	-0,61***	-0,03	0,15
PIPF		0,77**	-0,58***	0,21	0,21	0,15	0,68**	0,59**	0,64***	0,43**	0,36*	-0,43**	-0,03	0,22
PIPM			-0,10	0,11	-0,02	0,15	0,00	0,05	-0,07	-0,11	-0,07	0,10	-0,28*	-0,10
EP				-0,05	-0,33*	0,11	-0,00	0,22	0,20	0,09	-0,18	-0,09	0,07	-0,10
EDI					0,15	0,05	0,21	0,20	0,10	-0,04	0,17	0,04	0,36*	0,49***
VLA						0,07	0,15	-0,07	-0,00	-0,00	0,12	0,00	0,15	-0,13
PTD							0,76***	0,83***	0,77***	0,55***	0,23	-0,55***	-0,06	0,04
PTAB								0,69***	0,76***	0,68**	0,40**	-0,68***	-0,05	-0,24
PC									0,81***	0,50**	0,14	-0,50***	0,02	0,09
PF										0,55***	0,34*	-0,55***	0,06	0,10
MS											0,26	-1,00***	-0,35	0,07
PB												-0,26*	-0,26**	0,31*
MM														0,23

PIF : poids individuel des fœtus ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ; **PIPM** : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire ; **EDI** : espace disponible individuel ou espace vital ; **VLA** : volume du liquide amniotique ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; **PTAB** : poids de tissu adipeux brun ; **PC** : poids du cerveau ; **PF** : poids du foie ; **H** : taux d'humidité ; **MS** : matière sèche ; **PB** : protéines brutes ; **H** : taux d'humidité ; **MM** : Matières minérales ; **MG** : matières grasses. * P < 0,05. ** P < 0,01. ***P < 0,001.

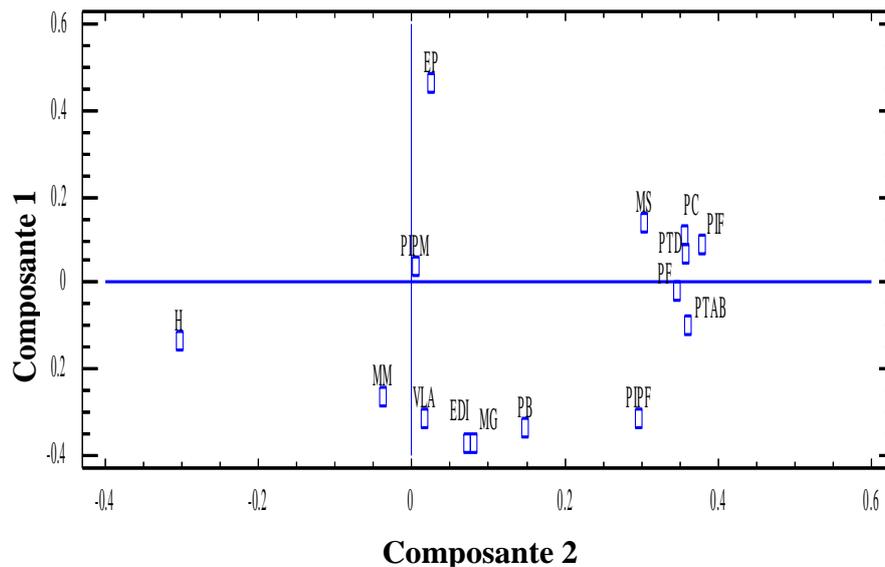


Figure 7.33: Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus et la composition corporelle (composantes 1 et 2).

PIF : poids individuel des fœtus ; **PIPF** : poids individuel du placenta fœtal ;
PIP : poids individuel du placenta maternel ; **EP** : efficacité placentaire ; **EDI** :
espace disponible individuel ou espace vital ; **VLA** : volume du liquide
amniotique ; **PTD** : poids du tube digestif avec l'estomac vidé ; **PTAB** : poids de
tissu adipeux brun ; **PC** : poids du cerveau ; **PF** : poids du foie ; **MS** : matière
sèche ; **PB** : protéines brutes ; **H** : taux d'humidité ; **MM** : Matières minérales ;
MG : matières grasses.

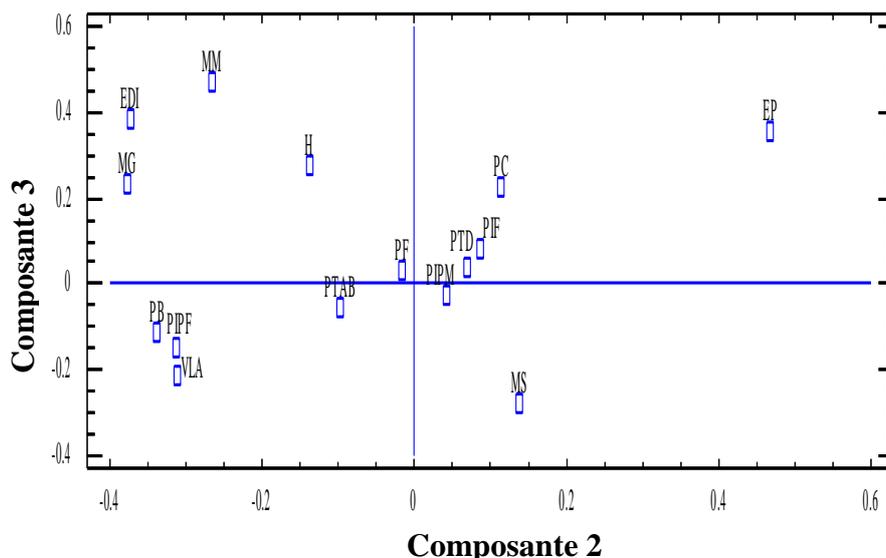


Figure 7.34 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les fœtus et la composition corporelle (composantes 2 et 3).

7.5. Discussion :

La 2^{ème} expérimentation a pour objectifs d'étudier d'une part, **la capacité utérine**, et d'autre part, **l'effet du génotype, du sexe fœtal, de la position et de la vascularisation in utero** sur le **développement fœtal et placentaire des fœtus 25^{ème} jour de la gestation** entre **les deux groupes de lapines étudiés**.

La capacité utérine est considérée comme une composante principale de la taille de la portée [430,209]. En effet, environ 20 à 40% des ovocytes libérés au cours de l'ovulation, n'arrivent pas à terme de la gestation chez les espèces polytoques comme le lapin, lié à une limitation de la capacité utérine de la femelle [26]. Ces derniers auteurs soulignent que les femelles ayant une capacité utérine faible affectent négativement le développement de la portée durant la gestation. De plus, Bennett et Leymaster [209] considèrent que la taille de la portée est la résultante du taux d'ovulation associé au potentiel de la viabilité embryonnaire et à la capacité utérine plutôt que celle du taux d'ovulation associé à la survie prénatale. De ce fait, la capacité utérine est toujours proposée et utilisée comme paramètre dans les méthodes indirectes de sélection, pour l'amélioration de la taille de la portée chez le porc [430], chez la souris [210] et chez le lapin [431].

Les aspects méthodologiques...

L'ovariectomie unilatérale des lapines est réalisée à l'âge de 3,5 mois, soit un mois avant la date présumée de l'entrée en puberté, afin de laisser aux femelles un intervalle de temps suffisant pour la cicatrisation des plaies et pour que l'ovaire restant, puisse entreprendre une croissance compensatrice. En effet, suite à l'ovariectomie unilatérale, une accélération de la prolifération des structures ovariennes ainsi qu'une croissance folliculaire sont observées [445,551]. Le nombre de follicules préovulatoires double rapidement dans l'ovaire restant [552,424] et une période de 10 jours est suffisante, pour restaurer le nombre de follicules préovulatoires.

Le modèle de la capacité utérine proposé par Christenson *et al.* [29] chez le porc, défini comme étant la taille de portée de la femelle ayant subi uni-ovariectomie-

hystérectomie, n'a pas été utilisé dans cette étude. Dans nos conditions expérimentales, les femelles des deux groupes ont subi uniquement une ovariectomie unilatérale suivant le modèle proposé par Blasco *et al.* [431] et Bolet *et al.* [210] chez le lapin. En effet, ces derniers soulignent l'absence de migration transutérine chez le lapin et de ce fait, l'ovariectomie unilatérale seule, est considérée comme suffisante pour mesurer la capacité utérine chez cette espèce. Bien que ce modèle soit l'unique à être utilisé chez le lapin, plusieurs études ont remis en question son efficacité en raison de la possibilité de migration des embryons d'une corne utérine à une autre, mais ce phénomène reste très rare [350,431]. Il est à signaler qu'aucune migration transutérine n'a été observée chez les deux groupes de femelles étudiées.

Un autre aspect méthodologique, concernant le choix de ***l'ovaire gauche*** pour la réalisation de l'ovariectomie unilatérale mérite d'être relevé. En effet, le choix de ce dernier n'est pas fortuit car, en comparaison avec l'ovaire droit, il présente plus de variabilité pour le taux d'ovulation [553,31].

Dans nos conditions expérimentales nous avons opté d'effectuer nos mesures sur ***des lapines multipares à la 4^{ème} parité*** pour laquelle la taille de la portée atteint de meilleures performances, ce qui rend la mesure de la capacité utérine plus précise. Selon Theau-Clément [92], le nombre de lapereaux nés par portée augmente en fonction de la parité de la femelle. Le nombre de lapereaux chez les nullipares passe de 8,9 à 11,4 chez les primipares puis à 11,9 chez les multipares. La parité pour laquelle le maximum est atteint varie d'une expérience à une autre. Selon Hulot et Matheron [89] et Argente *et al.* [98] un pic de la prolificité est observé vers la troisième parité, ou la quatrième voire même la cinquième selon Ouyed *et al.* [101]. Cependant, une détérioration de la taille de la portée nette et régulière survient rapidement au-delà de la 5^{ème} parité.

Notre choix a porté également sur l'utilisation ***des femelles non allaitantes*** afin d'éviter les effets défavorables de la lactation sur les performances de reproduction [113,109,105]. Il est souvent admis que chez la lapine simultanément gestante et allaitante, l'unité foëto-placentaire et la glande mammaire utilisent les mêmes substrats conduisant ainsi à une compétition entre ces deux

compartiments pour les nutriments, au détriment de la croissance et la survie foétales. En effet, dans ces conditions, la croissance foetale est réduite de 19,6% et la mortalité foetale tardive augmente de 10% chez les femelles allaitantes comparées aux non allaitantes [262].

Par ailleurs, la littérature rapporte que la plupart des études sur la capacité utérine sont réalisées à différents stades de la gestation à savoir au 18^{ème} jour [399,328], au 25^{ème} jour [327] ou bien plus tard au 28^{ème} jour [346]. Ces auteurs montrent que les paramètres étudiés varient d'un stade de gestation à un autre, particulièrement entre ceux mesurés au 18^{ème} jour et ceux estimés au 25^{ème} et 28^{ème} jour de gestation. Dans nos conditions expérimentales, nous avons retenu **le 25^{ème} jour** à partir duquel les paramètres de reproduction se stabilisent chez la lapine [328].

Dans notre étude, deux techniques d'estimation du nombre de **follicules préovulatoires** (macroscopique et microscopique) ont été utilisées, afin de vérifier la précision de chacune d'elles [34]. L'écart obtenu entre les résultats des deux techniques est de + 35% en moyenne, en faveur de la technique macroscopique. Ce dernier est, cependant, supérieur à celui rapporté par Mattaraia et *al.* [34].

Taille de la portée à la naissance...

...Plus 24% en faveur des femelles de souche synthétique

Au cours des trois premières parités, les femelles de la souche synthétique présentent une **prolificité à la naissance** de 8,5 lapereaux, nettement supérieure à celle notée chez les femelles de population locale (6,8 lapereaux), soit un écart significatif de + 24% ($P < 0,05$). Ces valeurs obtenues chez les femelles uniovariectomisées se rapprochent, d'une part, de celles mesurées lors de notre première expérimentation et, d'autre part, de celles rapportées par plusieurs auteurs sur des femelles intactes de même type génétique [18,43,22]. Le gain noté entre les deux groupes expérimentaux, confirme les résultats de Zerrouki et *al.* [25] obtenus au niveau de deux stations expérimentales de l'Itelv.

Composantes biologiques de la prolificité...

...Meilleure ovulation chez les femelles de souche synthétique

Le taux d'ovulation est de 11,1 et 8,2 corps jaunes respectivement chez les femelles de souche synthétique et de population locale. Le taux d'ovulation enregistré sur les femelles de souche synthétique est tantôt similaire [519,321] tantôt différent [239,327,228, 421,554,323] comparativement à ceux reportés chez les femelles de souches et de races étrangères intactes ou uniovariectomisées, sélectionnées sur des différents critères de reproduction. En revanche, les femelles de population locale montrent un taux d'ovulation tout à fait comparable à celui noté chez les femelles intactes de même origine [520,499]. De tels résultats mettent en évidence une restauration de l'activité ovarienne de l'ovaire restant, après l'ovariectomie unilatérale, par une hypertrophie compensatrice. Ce phénomène a été déjà décrit chez le lapin [424,428], chez la souris [210] et chez porc [29,427]. Par ailleurs, la variation du taux d'ovulation entre les différentes souches et races est liée aux différents niveaux de sécrétion d'hormones gonadotropes (LH et FSH), permettant ou non l'ovulation de tous les follicules au moment de l'accouplement [116] et aux conditions d'élevage à l'exemple de l'utilisation des programmes lumineux différents et au contrôle de la température ambiante.

Au 25^{ème} jour de la gestation, **le poids de l'ovaire droit** des lapines uniovariectomisées augmente d'environ 50% par rapport à celui des lapines intactes sélectionnées sur la capacité utérine [327] et celui des lapines intactes de population locale [520]. L'augmentation du poids de l'ovaire est due à une hypertrophie compensatrice observée suite à l'ovariectomie unilatérale, phénomène déjà décrit chez plusieurs espèces polytoques dont le lapin [555,556,352]. **Les ovaires** des femelles de souche synthétique sont plus lourds comparés à ceux des femelles de population locale (+16% ; $P < 0,001$). L'écart enregistré entre les deux groupes expérimentaux peut s'expliquer par le taux d'ovulation des femelles de souche synthétique plus important comparativement à celui des lapines de population locale, phénomène déjà rapporté par Rinaldo, [213] et Argente *et al.* [327]. Ceci est conforté par la corrélation positive et

significative retrouvée entre le poids de l'ovaire et le taux d'ovulation dans nos conditions expérimentales.

Dans cette étude, **le nombre de follicules préovulatoires** est plus élevé chez les femelles de souche synthétique comparées aux femelles de population locale sans, toutefois, être statistiquement significatif. A notre connaissance, les travaux concernant l'ovogénèse et la folliculogénèse chez la lapine sont moins nombreux [557,223,558,521], et inexistantes pour ceux traitant de l'évolution des réserves folliculaires en fin de gestation ce qui rend la discussion de ce paramètre difficile. Il est à souligner que chez la lapine, la gestation ne provoque pas l'interruption de la croissance folliculaire permettant ainsi en plus des corps jaunes, des follicules à différents stades sur les ovaires. Le nombre de follicules augmente au fur et à mesure que la gestation avance [556]. Notons aussi, qu'une vague de croissance folliculaire débute à l'approche de la parturition, au moment où le taux de progestérone diminue [105].

Composantes biologiques de la prolificité...

...Capacité utérine comparable au 25^{ème} jour de la gestation

La capacité utérine estimée au 25^{ème} jour de la gestation par le nombre de fœtus implantés au niveau de la corne utérine est de 7,1 pour la population locale et 9,6 chez les femelles de souche synthétique. Chez ces dernières, le nombre d'embryons implantés se rapproche de celui noté par Argente *et al.* [327] chez des femelles uniovariectomisées sélectionnées sur la capacité utérine au 23^{ème} jour de la gestation et de celui enregistré par Fortun-Lamothe *et al.* [262] sur des femelles intactes (INRA 1066 * 1077) au 28^{ème} jour de la gestation. Cependant, il est inférieur à celui mesuré chez les femelles sélectionnées sur le taux d'ovulation et sur la survie prénatale (intactes ou uniovariectomisées) avec un écart de +15 % [431] et chez les femelles de lignées espagnoles intactes avec un écart de +30% [178,323,554,421]. Chez les femelles de population locale, nos résultats sont tout à fait comparables à ceux obtenus dans l'unique étude concernant ce paramètre [520].

Dans nos conditions expérimentales, les femelles de la souche synthétique comptent ***un nombre d'embryons implantés et vivants plus*** élevés que ceux obtenus chez les femelles de population locale (+ 23% en moyenne, $P < 0,0001$). Cependant, l'analyse du nombre d'embryons implantés à un taux d'ovulation fixe, ne montre aucune différence significative entre les deux groupes de femelles, révélant ainsi que l'amélioration de la taille de la portée observée chez les femelles de souche synthétique, serait liée à l'augmentation du taux d'ovulation plutôt qu'à celle de la capacité utérine. Ceci pourrait s'expliquer, en partie, par la corrélation positive et significative retrouvée entre le taux d'ovulation et le nombre de fœtus implantés et vivants chez les femelles de population locale et de souche synthétique.

Notons également que ***30 % des femelles de souche synthétique et 28% des femelles de population locale*** n'ont pas exprimé leur capacité utérine (taux d'ovulation égal au nombre d'embryons implantés). Ces valeurs enregistrées chez les deux groupes expérimentaux sont plus élevées comparées à celles enregistrées par Argente *et al.* [428]. Ces auteurs rapportent que l'utérus est considéré comme surpeuplé, seulement lorsque le taux d'ovulation est supérieur au nombre d'embryons implantés. Par conséquent, les femelles dont le taux d'ovulation est égal au nombre d'embryons implantés, pourraient donner à terme plus fœtus, que si elles reçoivent plus d'embryons au moment de l'implantation. Contrairement aux femelles intactes, plusieurs auteurs soulignent que chez les femelles uniovariectomisées, le nombre d'embryons implantés est lié au nombre d'ovules pondus [29], à la fertilisation et au développement embryonnaire [321,431] et à la quantité et la qualité des sécrétions utérines [350,559,334] plutôt qu'à la capacité de l'utérus. D'autres auteurs ont proposé la longueur de l'utérus comme paramètre pour mesurer la capacité utérine, vue l'importante corrélation entre cette dernière et le nombre d'embryons implantés (0,5 à 0,6) [26,327].

Composantes biologiques de la prolificité...

...Survie embryonnaire, fœtale et prénatale similaires

Au 25^{ème} jour de la gestation, ***les taux de survie embryonnaire, fœtale et prénatale*** sont comparables chez les deux groupes de femelles. Ils sont toutefois

nettement supérieurs à ceux enregistrés par Argente *et al.* [327] au 25^{ème} jour de la gestation et Mocé *et al.* [346] (2004) en fin de gestation chez des lapines uniovariectomisées. En effet, la mortalité aux différents stades de la gestation est un phénomène complexe impliquant des facteurs liés à l'embryon, aux fœtus et à la femelle [26]. Une meilleure survie embryonnaire pourrait être expliquée par un taux d'ovulation élevé avec des ovocytes de bonne qualité [321], par une meilleure qualité de la semence [400] et enfin, par un taux de fertilisation élevé avec des embryons homogènes [352]. La survie embryonnaire dépend également du milieu oviductale et utérin [334,332,328]. Plusieurs protéines et glycoprotéines sont présentes au niveau des sécrétions de l'oviducte et de l'utérus à l'exemple de l'oviductine et l'utéroglobuline, et qui jouent un rôle important sur la survie embryonnaire, car elles sont liées à la capacitation des spermatozoïdes, la fertilisation, le développement des blastocystes et l'implantation des embryons [374,389]. En revanche, les pertes d'embryons enregistrées après l'implantation semblent être liées au développement du placenta [321,327], lui-même influencé par la disponibilité de l'espace vital, par la position du fœtus dans la corne utérine [451,343] et par la vascularisation de l'utérus [346]. Nos données montrent que l'ovariectomie unilatérale n'a pas entraîné pas une réduction de la survie embryonnaire et fœtale, ce qui corrobore les résultats de Blasco *et al.* [431].

Nombre élevé d'embryons implantés...

...Une grande longueur des cornes utérines

Les cornes utérines sont moins longues chez les femelles de population locale comparées à celles des femelles de souche synthétique (- 20% ; $P < 0,0001$), ceci serait lié à la taille de la portée plus importante chez ces dernières. En effet, lorsque le nombre de fœtus implantés est utilisé comme covariable dans l'analyse statistique, l'écart observé entre les longueurs des cornes utérines des deux groupes perd sa signification. Chez le lapin, Argente *et al.* [327] notent une augmentation de 2,4 cm de la longueur de l'utérus avec chaque augmentation d'un fœtus implanté. De même, chez le porc, la longueur de la corne utérine est en relation avec la taille de la portée et, les femelles ayant un nombre élevé d'embryons implantés présentent les longueurs les plus élevées des cornes utérines [342,427]. Ford *et al.* [422] indiquent que la longueur de la corne utérine

peut être considérée comme une composante principale dans la capacité utérine et peut limiter la taille de la portée, lié à sa forte corrélation avec le nombre d'embryons implantés [342,560], ce qui est conforté par les résultats de notre étude. En effet, nos résultats montrent une corrélation positive et significative entre le nombre de fœtus vivants et la longueur de la corne utérine pleine et, entre le taux d'ovulation et la longueur de la corne utérine (vide et pleine), chez l'ensemble des femelles. Par ailleurs, la longueur de la corne utérine (vide et pleine) est liée à son poids, ce qui indique que lorsque le nombre d'embryons implantés augmente, le poids de la corne utérine augmente également et entraînerait par conséquent, une distension de la corne utérine proportionnelle au nombre d'embryons contenus dans cette dernière [327,81].

La distance entre le dernier placenta maternel et le cervix est plus élevée chez les femelles de souche synthétique (2,01 vs 1,62 cm ; $P < 0,001$), lié probablement au nombre élevé d'embryons implantés chez la lapine de la souche synthétique, réduisant ainsi le développement du placenta maternel (surface placentaire) et permettant d'augmenter la distance entre ce dernier et le cervix [422,327,313].

Développement fœtal en fin de gestation...

...Faibles performances chez les fœtus de souche synthétique

A travers les résultats de notre étude, ***le poids et la taille des fœtus***, estimés au 25^{ème} jour de la gestation, varient entre les deux groupes de lapines. Les fœtus de souche synthétique affichent un poids et une taille réduits (-20% et -3% respectivement) par rapport aux fœtus locaux. Ces écarts perdent leur signification dès lors que le nombre de fœtus vivants est utilisé comme covariable dans l'étude statistique. Ceci est probablement lié au nombre élevé d'embryons implantés et vivants observé chez les femelles de souche synthétique. En effet, lorsque le nombre de fœtus par corne utérine s'accroît, le poids moyen de ces derniers diminue significativement chez le lapin [451,471,137], chez la souris [461] et chez le porc [427]. Par ailleurs, des travaux récents cités dans la littérature montrent que le poids de fœtus est influencé par son génotype et le génotype de sa mère [388].

De même, **les poids du tube digestif, du foie et du cerveau**, diffèrent entre les deux groupes expérimentaux, les plus faibles étant obtenus chez les fœtus de souche synthétique. Le poids des organes internes est corrélé positivement au poids fœtal chez l'ensemble des femelles. Un faible développement fœtal dans les portées nombreuses serait lié au type génétique de la femelle [561], à la grande compétition entre les fœtus pour l'espace vital [328,427], au développement des placentas [475] et enfin, à l'apport en nutriments par le sang maternel [344,472].

Nos résultats suggèrent, par ailleurs, que l'amélioration génétique par croisement entre le lapin de population locale et la souche INRA 2666, a permis d'augmenter le nombre d'embryons implantés mais en revanche, a entraîné une réduction du poids des lapereaux et de leurs organes en fin de gestation. A la naissance, Zerrouki *et al.* [25] enregistrent chez les femelles de souche synthétique, une prolificité élevée mais avec un poids moyen faible des lapereaux, ce qui pourrait augmenter le risque de mortalité à la naissance et tout au long de la période naissance-sevrage. Une relation négative a déjà été mise en évidence entre le poids du nouveau-né issu d'une portée nombreuse et sa probabilité de survie et de développement corporel. En effet, les lapereaux nés dans une portée nombreuse, présentent un poids faible (durant la gestation et à la naissance) avec une probabilité de survie très faible liée au manque de réserves énergétiques et à une thermorégulation déficiente [562,452,563,208]. Par ailleurs certains travaux rapportent que le poids et la taille des porcelets durant la gestation et à la naissance sont inversement corrélés à la taille de la portée dans laquelle ils se développent [338,475]. Le surpeuplement utérin durant la gestation affecte négativement le développement pré et postnatal [450]. En effet, les porcelets ayant un poids légers présentent une faible probabilité de survie [475,564], un faible pourcentage de fibres musculaires capables de se différencier durant le processus de myogenèse [565,566], un retard pour atteindre le poids idéal à l'abattage [567,568] et une viande de faible qualité à l'abattage [565].

Dans nos conditions expérimentales, **le poids du tissu adipeux brun** est significativement faible chez les fœtus issus des femelles de souche synthétique comparé à celui des fœtus de population locale (0,17 vs 0,15 g). Durant les premiers jours qui suivent la naissance, la thermorégulation chez le lapereau est

assurée par le tissu adipeux brun [569]. Les lapereaux ayant une faible adiposité à la naissance, présentent un risque élevé de mortalité lié à une déficience dans leur système de thermorégulation [569,258]. Chez les fœtus de population locale, le développement du tissu adipeux brun est lié à leur poids et au poids du placenta fœtal. En effet, au 28^{ème} jour de la gestation, Fortun *et al.* [258] rapportent que le poids du tissu adipeux brun est lié au poids du fœtus.

Dans notre étude, **le poids moyen du placenta maternel et fœtal** semble être influencé par le génotype de la femelle. Les fœtus de souche synthétique présentent des poids du placenta fœtal et maternel moins développés (-18% et -19% respectivement) par rapport à ceux des fœtus de population locale ($P < 0,01$). De tels résultats sont probablement liés au nombre élevé d'embryons implantés chez les femelles de souche synthétique. En effet, les écarts notés entre les deux génotypes perdent leur signification, lorsque le nombre de fœtus vivants est utilisé comme covariable dans l'analyse statistique. Ces résultats corroborent ceux rapportés par plusieurs auteurs, montrant que l'augmentation de la taille de la portée est souvent associée à une réduction du poids des placentas chez le lapin [346,313], chez le porc [343] et chez la souris [461]. La réduction du poids placentaire chez les femelles ayant des portées nombreuses est liée principalement, à une grande compétition entre le fœtus au moment de l'implantation [343] et à une réduction de la vascularisation intra utérine [327,346]. Ceci limiterait le développement des placentas et explique le pourcentage élevé de fœtus morts retrouvés chez les femelles de souche synthétique. Père et Etienne [570] rapportent que l'augmentation du nombre d'embryons implantés entraîne l'élévation du flux sanguin utérin, qui reste faible pour couvrir les besoins de tous les fœtus implantés. Ce qui limite le développement des placentas et par conséquent, une réduction de l'apport en nutriments. Le placenta assure un rôle critique en fournissant un environnement optimal pour le développement fœtal. Il s'agit d'un site de transfert des nutriments de la mère au fœtus et des déchets du fœtus à la mère et constitue une barrière sanitaire contre les pathogènes et un organe sécrétant des hormones, des facteurs de croissance, des cytokines et autres molécules bioactives [458]. Le poids des placentas (maternels et fœtaux) chez les deux types génétiques est lié à l'espace vital. Un meilleur espace vital

permet à un grand nombre de vaisseaux sanguins d'arriver au niveau du site d'implantation et par conséquent, un meilleur développement placentaire [346].

Développement fœtal en fin de gestation...

...Position oviductale privilégiée

Le poids moyen des fœtus, à J25 de la gestation semble être lié à leurs positions au niveau de la corne utérine. Les fœtus en position intermédiaire sont plus légers par rapport à ceux des autres positions avec un écart de - 5%, proche de celui mesuré par Argente et al. [327] (-7%). De tels résultats sont probablement liés à une réduction de l'espace vital au niveau de la position médiane, où les flancs des fœtus poussent l'un contre l'autre sur les deux côtés, d'autant plus que cette réduction dans l'espace vital limite le développement des placentas maternels et par conséquent le développement fœtal [327]. Dans nos conditions expérimentales, les fœtus qui s'implantent près de l'extrémité oviductale bénéficient d'un meilleur poids par rapport à ceux en position cervicale, ce qui est en accord avec les résultats rapportés chez lapine [344,472,451,571,327,328], chez la souris [572] et chez la truie [475]. En effet, ces auteurs mentionnent qu'au niveau de la position oviductale, la compétition entre les embryons implantés est faible et le flux sanguin est meilleur, permettant ainsi un développement optimal des placentas. Par ailleurs, Bautristra et al. [573] rapportent, qu'à la naissance, les lapereaux issus de la position oviductale ont un poids plus élevé comparé à celui noté en position médiane ou cervicale.

À J25 de la gestation, ***les poids du tube digestif, du foie et du cerveau*** des fœtus implantés à l'extrémité oviductale sont supérieurs à ceux des fœtus en position médiane et cervicale. Ceci est lié à un espace vital plus important et probablement à une moindre compétition entre les placentas maternels. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Argente et al. [327]. Cependant, ces mêmes auteurs indiquent, qu'au 18^{ème} jour de la gestation, les fœtus en position cervicale présentent un meilleur développement par rapport à ceux situés en position médiane et oviductale chez des lapines sélectionnées sur la capacité utérine [399,328]. Chez le lapin, Oxana et al. [494,485] soulignent que la position

intra utérine du fœtus influence sa morphologie et même son comportement sexuel à l'âge adulte.

Le poids du tissu adipeux brun des fœtus localisés à l'extrémité oviductale est plus développé que celui des fœtus en position médiane. De tels résultats suggèrent qu'à la naissance, les fœtus issus de la position médiane présentent un risque élevé de mortalité lié d'une part à leur faible poids [451,81,574] et d'autre part, à leur système de thermorégulation défaillant par manque de tissu adipeux brun responsable de la thermorégulation chez le nouveau-né [262].

Dans nos conditions expérimentales, les fœtus en position oviductale présentent un **volume du liquide amniotique** plus important ($P \leq 0,05$). Ce phénomène s'explique par l'augmentation de l'espace vital observé au niveau de la position oviductale, permettant ainsi à un nombre élevé de vaisseaux sanguins d'irriguer le site d'implantation. Ceci entraîne un meilleur développement du placenta [399] qui sécrète un important volume de liquide amniotique [346], conforté par la corrélation positive et significative obtenue entre le poids du placenta fœtal et le volume du liquide amniotique chez les femelles des deux groupes.

L'espace vital estimé à J25 de la gestation chez les fœtus des deux génotypes, est fortement influencé par la position *in utero*. En effet, les fœtus de la position intermédiaire ont toujours l'espace vital le plus faible comparé à celui des autres positions. Ces résultats sont en accord avec ceux annoncés par plusieurs auteurs indiquant que ceci est probablement dû à une très grande compétition entre les placentas maternels pour l'espace disponible d'une part et à une faible irrigation d'autre part [344,472,327].

Le développement du placenta fœtal est influencé par la position *in utero*. Les fœtus vivants situés en position oviductale ont le poids du placenta fœtal le plus élevé, en relation avec une meilleure vascularisation et un important espace vital [344,327]. Cependant, **le poids du placenta maternel** ne présente aucune variation en fonction des positions étudiées, probablement en relation avec le rythme de croissance des placentas maternel et fœtal. En effet, après l'implantation, le placenta maternel se développe le premier pour atteindre son

poids maximal vers le 16^{ème} jour de la gestation, par contre, le placenta fœtal est visible seulement vers le 10^{ème} jour, et son poids continue à croître au cours de la gestation parallèlement à l'augmentation du poids fœtal [05]. Ceci explique la forte corrélation retrouvée entre le poids du fœtus et celui de son placenta fœtal comparée à la faible relation entre le poids du fœtus et le poids de son placenta maternel et ce quel que soit le type génétique de la lapine.

L'efficacité placentaire, évaluée par le ratio entre le poids du fœtus et le poids de son placenta fœtal, est plus élevée en position médiane et dépend de l'espace vital. Nos résultats suggèrent qu'un nombre d'embryons implantés élevé en position médiane est associé à une meilleure efficacité placentaire, malgré la réduction importante du poids du placenta fœtal. La différence en efficacité placentaire entre les trois positions étudiées serait liée à la différence des poids des placentas fœtaux (- 19 et - 8% par rapport à la position oviductale et cervicale respectivement) plutôt qu'au poids fœtal (5% en moyenne). Ford *et al.* [422] montrent que la variation de l'efficacité placentaire entre deux races porcines de prolificité différente, résulte de la différence du poids du placenta fœtal. Ces résultats suggèrent que les placentas fœtaux ayant une taille réduite mais une efficacité importante, pourraient augmenter la capacité utérine de la femelle et par conséquent, la taille de la portée à la naissance, en permettant à un grand nombre de fœtus de s'implanter. De ce fait, l'efficacité placentaire est proposée comme une méthode indirecte de sélection sur la taille de la portée [575,422]. Les résultats de l'unique étude sur le lapin montrent des valeurs d'efficacité placentaire faibles chez les lapines hyper prolifiques comparées à celles notées chez les femelles avec une prolificité faible (4,8 vs 5,4) [327] ce qui est en contradiction avec les résultats obtenus sur le porc [576,461]. Les résultats sur l'efficacité placentaire chez le porc et la souris sont souvent contradictoires, ainsi d'autres paramètres sont proposés pour mesurer l'efficacité du placenta tels que, la densité de la vascularisation placentaire [461,462], les facteurs de croissance de l'endothélium vasculaire placentaire qui sont liés à la perméabilité vasculaire entre le placenta et l'endothélium [577] et enfin, l'efficacité de l'érythropoïèse fœtale [423]. Enfin, nos résultats indiquent que l'effet de la position *in utero* sur la viabilité fœtale n'est pas significatif. Le pourcentage de fœtus vivants et morts est

comparable entre les trois positions intra utérines, ce qui est en accord avec les résultats de plusieurs auteurs [428,399].

Développement fœtal en fin de gestation...

...Pas de différence entre les deux sexes fœtaux

Les résultats de notre expérience montrent que ***tous les paramètres estimés au 25^{ème} jour*** de la gestation ne varient pas entre les fœtus de sexe mâle et femelle. Ceci pourrait être lié au rythme de la croissance foetale et au choix de la date d'abattage des femelles à J25. La croissance foetale n'est accélérée qu'en fin de gestation [05] et pourrait dévoiler une différence entre les deux sexes. En effet, à la naissance, Bolet *et al.* [81] montrent que les lapereaux de sexe mâle sont significativement plus lourds comparés aux lapereaux de sexe femelle, et cette supériorité est maintenue jusqu'au sevrage (+ 19,3g). Chez le porc au 70^{ème} jour de la gestation, les poids des fœtus de sexe mâle et de leurs placentas sont plus élevés comparés aux fœtus de sexe femelle [475]. Cependant, avant cette date, aucune différence significative n'est révélée entre les deux sexes de fœtus [398,475].

Développement fœtal maximal...

...Vascularisation maximale

Le poids des fœtus, leur taille et le poids de leurs organes internes varient significativement en fonction du nombre de vaisseaux sanguins dans les classes considérées. En effet, les fœtus recevant un nombre élevé de vaisseaux sanguins (≥ 06) présentent les meilleures performances au 25^{ème} jour de la gestation comparés à ceux ayant un nombre de vaisseaux sanguins moyen (entre 03 et 05) ou faible (≤ 02). Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés chez la lapine au 18^{ème} jour de gestation par Argente *et al.* [328], au 28^{ème} jour par Bruce et Abdul-Karim [472] et Mocé *et al.* [346], et chez la souris en fin de gestation [347]. L'augmentation de l'irrigation des sites d'implantation est associée à l'augmentation de l'apport en nutriments traduisant une meilleure croissance des fœtus et de leurs organes [159].

L'augmentation du nombre de vaisseaux sanguins irrigant les sites d'implantation est liée à **un volume du liquide** amniotique très important, ce qui expliquerait le meilleur développement fœtal observé dans la classe des fœtus recevant un nombre de vaisseaux sanguins élevé lié lui-même à un meilleur apport en nutriments [346,328].

Dans nos conditions expérimentales, l'augmentation **de l'espace vital ou disponible pour chaque fœtus** est associée à celle du nombre de vaisseaux sanguins. Argente et al. [328] suggèrent qu'un meilleur espace disponible permet à un grand nombre de vaisseaux sanguins d'arriver au niveau au site d'implantation.

Les fœtus vivants recevant un nombre supérieur ou égal à 06 vaisseaux sanguins présentent **le placenta fœtal** le plus lourd contrairement à ceux recevant moins de vaisseaux sanguins, avec des écarts très significatifs et ce quelque soit la classe de vaisseaux sanguins considérée. Le même résultat est constaté pour **le poids du placenta maternel**. Nos résultats sont tantôt similaires, tantôt différents des données de la littérature. Des résultats similaires sont rapportés par Mocé et al. [346], indiquant que le nombre de vaisseaux sanguins aboutissant au niveau de chaque site d'implantation affecte le poids du placenta fœtal mais pas celui du placenta maternel au 28^{ème} jour de gestation. Cependant, Argente et al. [327] observent un léger effet de la vascularisation sur le poids du placenta maternel chez la lapine au 25^{ème} jour de gestation et les fœtus ayant un nombre élevé de vaisseaux sanguins, présentent le meilleur poids.

Dans notre étude, les fœtus faiblement irrigués présentent des valeurs **d'efficacité placentaire** plus élevées, ce qui est en contradiction avec les résultats obtenus chez le porc [422]. Comparé à ce dernier, le placenta du lapin est de type hémochorial et donc plus invasif que celui du porc, ce qui explique que le développement de la surface placentaire n'est pas autant lié au développement fœtal [422]. Chez le porc, le concept de l'efficacité placentaire, défini comme étant le ratio entre le poids fœtal et le poids du placenta fœtal par Wilson et al. [444] pourrait ne pas être adapté chez le lapin [327]. D'autres méthodes de mesure d'efficacité placentaire ont été proposées et citées auparavant [461,462,577,423].

Composition chimique des fœtus au 25^{ème} jour de la gestation...

Les fœtus de souche synthétique présentent une faible teneur en **matière sèche** et en **protéines brutes** comparés aux fœtus locaux (respectivement - 13 % et - 9%; $P < 0,05$). Une teneur importante en matière sèche et protéines brutes chez les fœtus de population locale est liée à un meilleur développement corporel chez ces derniers par rapport aux fœtus de souche synthétique ($P \leq 0,05$). En effet, plusieurs auteurs soulignent que le poids du fœtus est positivement corrélé à la teneur en matière sèche ce qui est en accord avec les résultats de notre étude ($R = - 0,61$; $P < 0,001$) [578,579].

Dans les conditions de notre étude, les fœtus en **position oviductale** montrent les teneurs les plus élevées en **matières grasses et en protéines brutes** dûes à une meilleure disponibilité en espace vital permettant à un grand nombre de vaisseaux sanguins d'arriver aux sites d'implantation [399], et entraînant un meilleur développement des placentas [346] et par conséquent un meilleur développement fœtal [571471,137]. Ceci pourrait expliquer, en grande partie, les corrélations positives et hautement significatives retrouvées dans notre étude, entre l'espace vital et la teneur des fœtus en matières grasses et minérales d'une part, et la teneur en protéines brutes et le poids du placenta fœtal d'autre part.

Contrairement aux autres constituants de la composition corporelle mesurés chez les fœtus, **les teneurs en matières grasses et en protéines brutes** de ces derniers varient entre les différentes classes de vaisseaux sanguins considérées dans cette étude. Les fœtus dont le site d'implantation est irrigué avec un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6 présentent les teneurs les plus élevés. Un nombre de vaisseaux sanguins élevé permet un important apport en nutriments, traduisant un meilleur développement corporel et une meilleure composition chimique des fœtus [258,328,346]. Une corrélation positive et significative est enregistrée entre le poids du foie et la teneur des fœtus en protéines brutes. Ceci peut s'expliquer par la richesse du foie en protéines participant ainsi à l'augmentation de la teneur en ces dernières dans la composition corporelle globale des fœtus [580].

7.6. Conclusion :

Lors de cette deuxième expérience, les résultats obtenus nous permettent de conclure que :

La taille de la portée mesurée au cours des trois premières parités est supérieure de 24% de plus chez les femelles de souche synthétique comparées aux femelles de population locale, un gain tout à fait comparable à celui énoncé dans la littérature indiquant une nette amélioration de la taille de la portée chez les femelles de la souche synthétique.

De même, les femelles de la souche synthétique présentent, **un taux d'ovulation** à la quatrième parité plus élevé par rapport aux femelles de population locale (+ 26%) mais tout à fait comparable aux femelles de races et lignées étrangères. Toutes les femelles montrent une réponse compensatrice de l'ovaire restant suite à l'ovariectomie unilatérale. En effet, l'ovaire droit double son **poids** et sa production en ovocytes. **Le nombre de follicules** préovulatoires dont le diamètre dépasse 1mm n'a pas varié significativement entre les deux groupes de femelles et entre les deux techniques d'estimation (macro et microscopique).

Le nombre d'embryons implantés est significativement plus élevé chez les femelles de souche synthétique (+ 26%) comparées aux femelles de population locale. Cependant, au même taux d'ovulation, cet écart enregistré entre les deux femelles est non significatif, ce qui montre clairement que la meilleure prolificité notée chez les femelles de souche synthétique serait liée à l'amélioration du taux d'ovulation plutôt qu'à leur capacité utérine.

Dans nos conditions expérimentales, les femelles des deux groupes expérimentaux présentent des taux de **survie embryonnaire, foetale et prénatale** similaires et élevés comparativement aux données de la littérature. De tels résultats seraient en relation d'une part, au taux de fertilisation élevé et au meilleur développement embryonnaire tel que confirmé dans notre première expérimentation et, d'autre part, probablement à une bonne qualité des ovocytes et de la semence du mâle [321,400].

Par ailleurs, le nombre élevé d'embryons implantés noté chez les femelles de souche synthétique est associé à une meilleure **longueur des cornes utérines** et une augmentation de **la distance entre le dernier placenta maternel et le cervix**.

Au 25^{ème} jour de la gestation, les foetus issus des femelles de souche synthétique présentent un **poids** et une **taille réduits**, un faible développement des **organes internes**, du **tissu adipeux brun** et des **placentas**. Ces faibles performances s'expliquent par l'augmentation du nombre de foetus implantés, ce qui réduit l'espace vital et le développement des placentas d'une part, et augmente la compétition entre les embryons au moment de l'implantation et au cours du développement foetal d'autre part.

Le poids du foetus au 25^{ème} jour de la gestation est fortement lié à sa position au niveau de la corne utérine. Les foetus implantés près de l'extrémité ovarienne bénéficient d'un meilleur poids contrairement à ceux implantés au milieu de la corne utérine. Des résultats similaires sont observé pour **les poids des organes foetaux, l'espace vital, le volume du liquide amniotique et le poids du placenta foetal**. En revanche, **le poids du placenta maternel** ne varie pas quelque soit la position considérée.

Contrairement à l'effet sexe, celui de la **vascularisation foetale**, estimée par le comptage des vaisseaux sanguins arrivant au niveau de chaque site d'implantation du foetus vivant, montre que les foetus recevant un nombre élevé de vaisseaux sanguins présentent les meilleures performances. Ceci est probablement lié à un meilleur apport en nutriments et à un important espace vital. Cependant, chez les foetus recevant \leq à 2 vaisseaux sanguins, la valeur de **l'efficacité placentaire** est significativement plus élevée que celle notée chez les foetus dont la vascularisation est assurée par 3 à 5 vaisseaux sanguins ou \geq à 6 vaisseaux sanguins. Ce résultat est contradictoire par rapport aux données de la littérature et remet en cause le concept de l'efficacité placentaire chez le porc par Wilson *et al.* [444] et qui ne pourrait être adapté chez le lapin.

Enfin, les fœtus de souche synthétique présentent une teneur faible en **matière sèche** et en **protéines brutes** comparés aux fœtus de population due probablement à l'importante taille de la portée chez les lapines de souche synthétique. **Les teneurs en protéines brutes et en matières grasses** sont plus élevées chez les fœtus en position oviductale ou recevant un nombre de vaisseaux sanguins supérieur ou égal à 6.

CHAPITRE 8

EXPERIENCE 3

Etude de la prolificité et de ses principales composantes biologiques (Taux d'ovulation, survie embryonnaire, fœtale et prénatale)

8.1. L'objectif :

L'objectif de cette expérience est de mesurer la prolificité au cours des trois premières parités, chez les lapines de population locale et de souche synthétique, et d'évaluer les principales composantes biologiques de celle-ci (taux d'ovulation et survie embryonnaire, fœtale et prénatale) à l'aide de l'endoscopie à J12 de la gestation.

8.2. Matériel et méthodes :

8.2.1. La durée de l'expérimentation et paramètres d'ambiance :

L'expérience s'est étalée entre le mois d'août 2014 et le mois de janvier 2015. La température et l'hygrométrie, contrôlées quotidiennement l'aide d'un hygromètre digital, étaient en moyenne de 25 °C et 67%.

8.2.2. Les animaux :

Un total de 66 femelles (population locale : $n = 34$; souche synthétique : $n = 32$) sont sélectionnées et placées dans des cages individuelles. Les critères de choix des femelles sont:

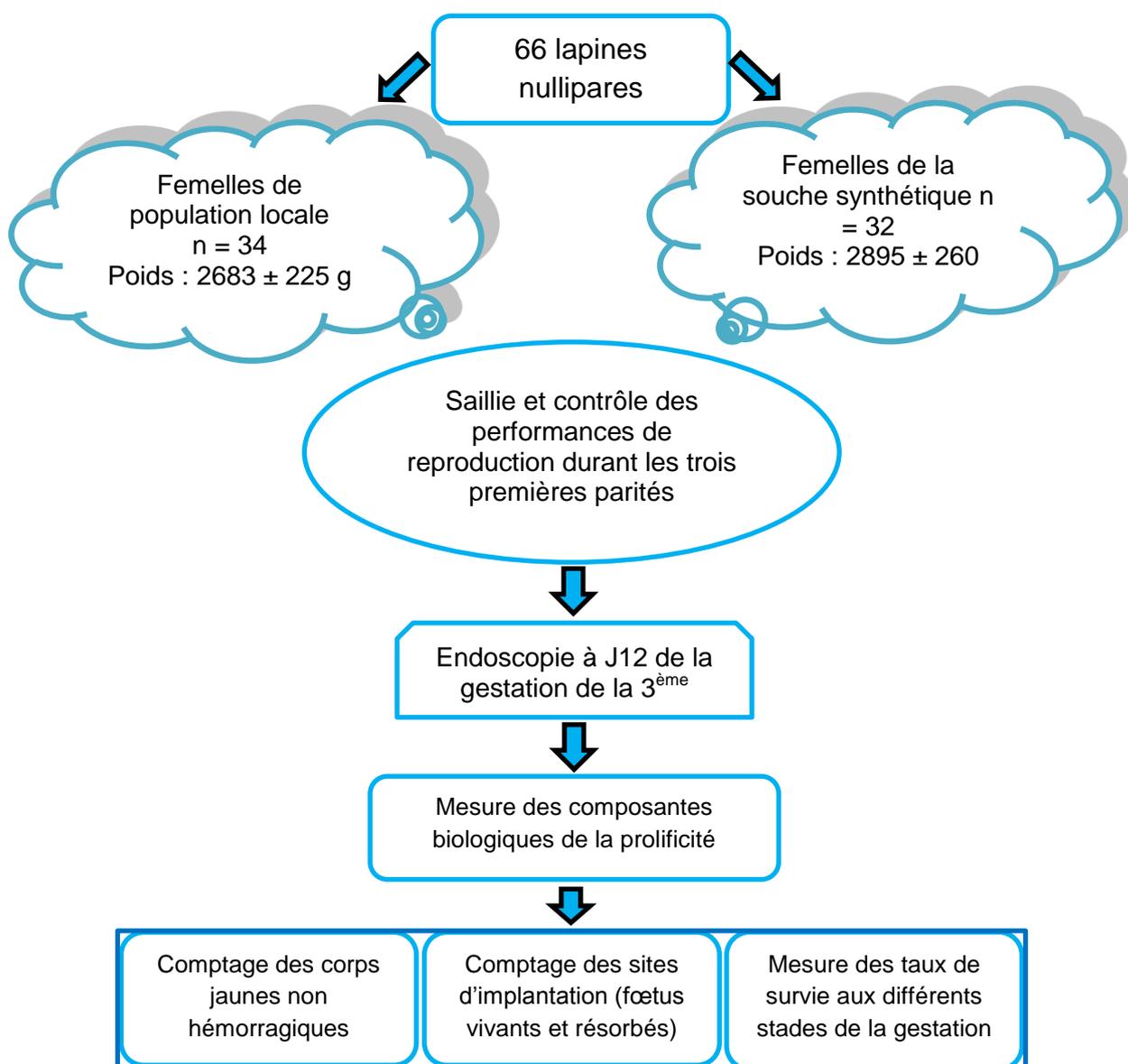
- **Age** : nullipares de 4,5 mois.
- **Un poids homogène et représentatif de chaque type génétique** : 2683 ± 225 g pour les femelles de population locale et 2895 ± 260 g pour les lapines de la souche synthétique.
- **Un bon état sanitaire.**

Sept mâles de population locale (3255 ± 255 g) et 8 de souche synthétique (4230 ± 284 g) sont utilisés pour saillir les femelles avec un rythme de 3 saillies par

semaine et un repos d'un jour entre deux saillies consécutives. Durant toute l'expérimentation, les lapines sont nourries *ad libitum* avec un granulé spécial lapin (composition décrite dans les conditions expérimentales communes aux essais).

8.2.3. La conduite expérimentale :

Les principales étapes de l'expérimentation sont présentées dans le schéma suivant :



8.2.3.1. La mise à la reproduction et le contrôle des performances

zootechniques :

La saillie est réalisée selon la méthode décrite dans la partie présentant les conditions expérimentales communes aux essais. Les performances de reproduction des femelles sont enregistrées durant les trois premières parités à savoir :

- **La taille de la portée des nés totaux** : le nombre total de lapereaux retrouvés dans la boîte à nid le jour de la mise bas.
- **La taille de la portée des nés vivants** : le nombre de lapereaux retrouvés vivants le jour de la mise bas.
- **Le taux de mortinatalité** : le nombre de lapereaux morts le jour de la mise bas sur le nombre des nés totaux.

8.2.3.2. L'endoscopie :

8.2.3.2.1. La description de l'endoscope :

L'étude des composantes biologiques de la prolificité est réalisée à l'aide d'un endoscope rigide (**Karl Storz, 201123 20**), composé des structures suivantes :

➤ **Le projecteur :**

Une source de lumière froide, également nommée projecteur de lumière et située en dehors de l'endoscope, produit de la lumière froide à l'aide de lampes halogènes de 150 Watt et assure une puissance lumineuse élevée et réglable. Sur sa façade existe les différentes commandes à savoir (**Figure 8.1**) :

- Bouton de démarrage permettant l'alimentation du projecteur (**A**).
- Régulateur de l'intensité lumineuse (**B**).
- L'emplacement du câble à fibre optique (**C**).



Figure 8.1: Le projecteur de la lumière froide.

A : Bouton de démarrage ; **B** : Régulateur de l'intensité lumineuse ;

C : L'emplacement du câble à fibre optique.

La lumière est transmise jusqu'à la pointe de l'endoscope par un câble à fibres optiques (**Figure 8.2**) possédant deux extrémités :

- L'extrémité **A**: adaptée à la fente de la source lumineuse.
- L'extrémité **B**: se termine par un adaptateur qui se fixe sur l'endoscope rigide (le tube métallique).

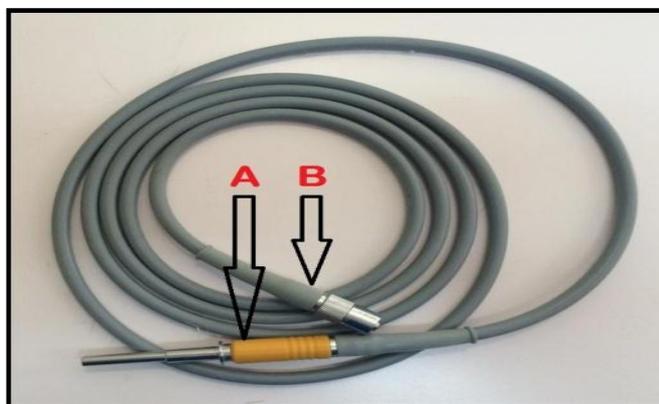


Figure 8.2: Le câble à fibre optique.

Pour permettre d'exploiter au mieux la lumière ainsi produite, le projecteur est équipé d'un système de condenseur qui centralise avec précision la lumière dans le câble. Cette technologie produit une lumière extraordinairement, claire, sans grand échauffement de l'objet examiné et permet un éclairage sans ombre de la zone à examiner.

➤ **L'endoscope rigide:**

Ou tube métallique est constitué de plusieurs structures (**Figure 8.3**) :

Une gaine métallique (**A**) à l'intérieur de laquelle se trouve une suite de lentilles composées, permettant de fabriquer une image :

- ✓ Les lentilles particulières aux extrémités : la partie proximale est constituée d'un oculaire (**B**) et la partie distale est munie d'un objectif (**C**).
- ✓ Plusieurs barrettes de lentilles se trouvent dans la gaine (**D**).

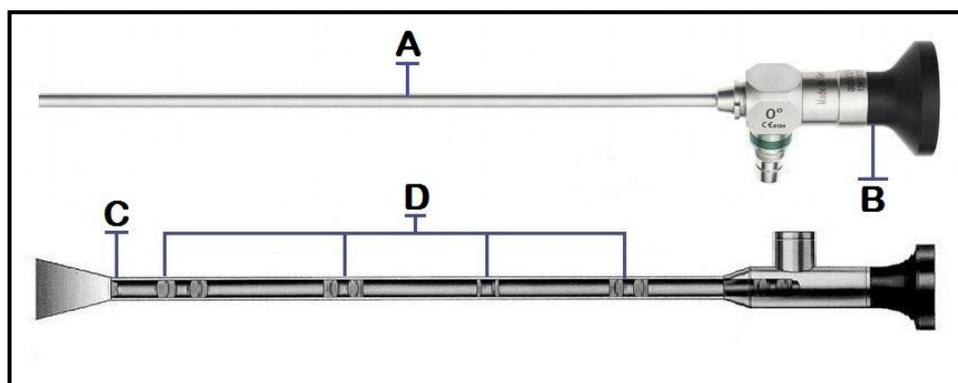


Figure 8.3: Structures internes et externes de l'endoscope rigide.

➤ **Le compresseur d'air:**

Dans lequel l'air passe à travers un filtre de stérilisation et le CO₂ fourni est débarrassé de l'eau à l'état liquide, des aérosols et des particules solides (**Figure 8.4**). L'air passe ensuite par un carter à air stérile, comprenant un carter inox et une cartouche stérile pour une dernière filtration. Cette dernière permet d'éliminer tous les microorganismes, bactéries et autres composants impropres.

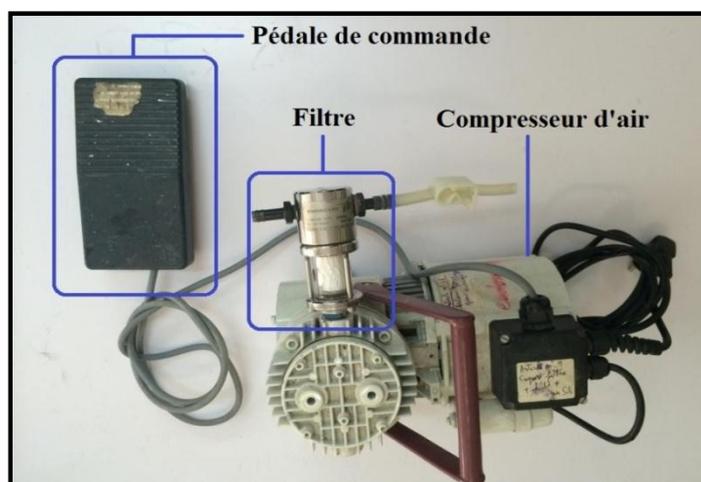


Figure 8.4: Le compresseur d'air.

8.2.3.2.2. Phase préopératoire :

L'endoscopie est réalisée sur des femelles multipares (3^{ème} parité), à 12 jours *post coïtum*. Une fois la lapine est prête pour l'intervention, l'abdomen est tondu depuis la région péri-ombilicale jusqu'à la région inguinale, puis nettoyée à l'aide d'un savon antiseptique chirurgical (**Figure 8.5**). Le rasage est effectué minutieusement afin d'éviter les blessures et les lésions cutanées.



Figure 8.5 : L'aspect du ventre après rasage.

Avant et après chaque utilisation de l'endoscope, toutes ses composantes sont lavées, puis désinfectées (20 minutes dans une solution désinfectante STERANIOS® 2%) (**Figure 8.6**) (**Figure 8.7**).

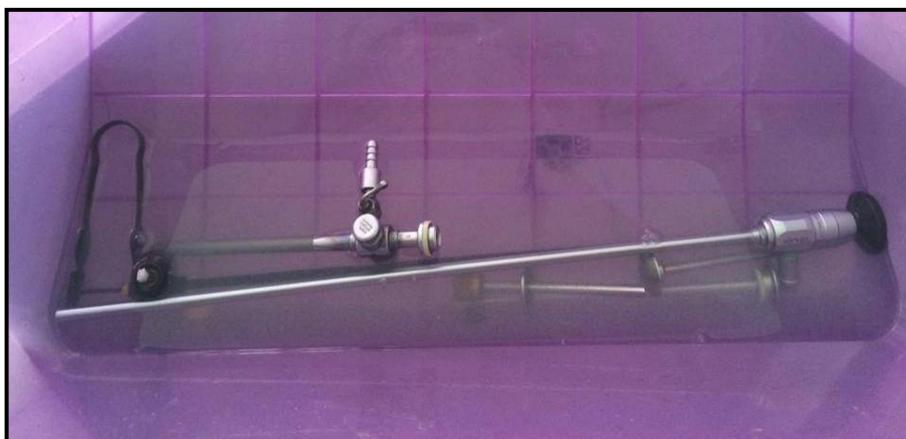


Figure 8.6 : Désinfection du matériel utilisé pour l'endoscopie.



Figure 8.7: Ensemble des pièces utilisées pour l'endoscopie.

8.2.3.2.3. Phase opératoire :

- **Le protocole d'anesthésie :**

L'anesthésie est réalisée à l'aide d'une injection en intramusculaire de 0,4 ml d'un tranquillisant à base d'acépromazine (Calmivet[®] solution injectable), suivie par une deuxième injection en intramusculaire de 0,7 ml de la Kétamine (5mg/kg, Imalgène 1000[®], Biomérieux, France). La kétamine seule ne donne pas une myorelaxation ni une analgésie suffisantes d'où la nécessité de l'associer avec l'acépromazine. Une fois la lapine anesthésiée, sa vessie est vidée manuellement en exerçant une pression externe sur cette dernière (**Figure 8.8**).



Figure 8.8: Méthode de vidange de la vessie.

- **Immobilisation et aseptie :**

La femelle est mise en décubitus dorsal sur une table d'endoscopie, puis immobilisée et attachée à l'aide de 4 ficelles (**Figure 8.9**).

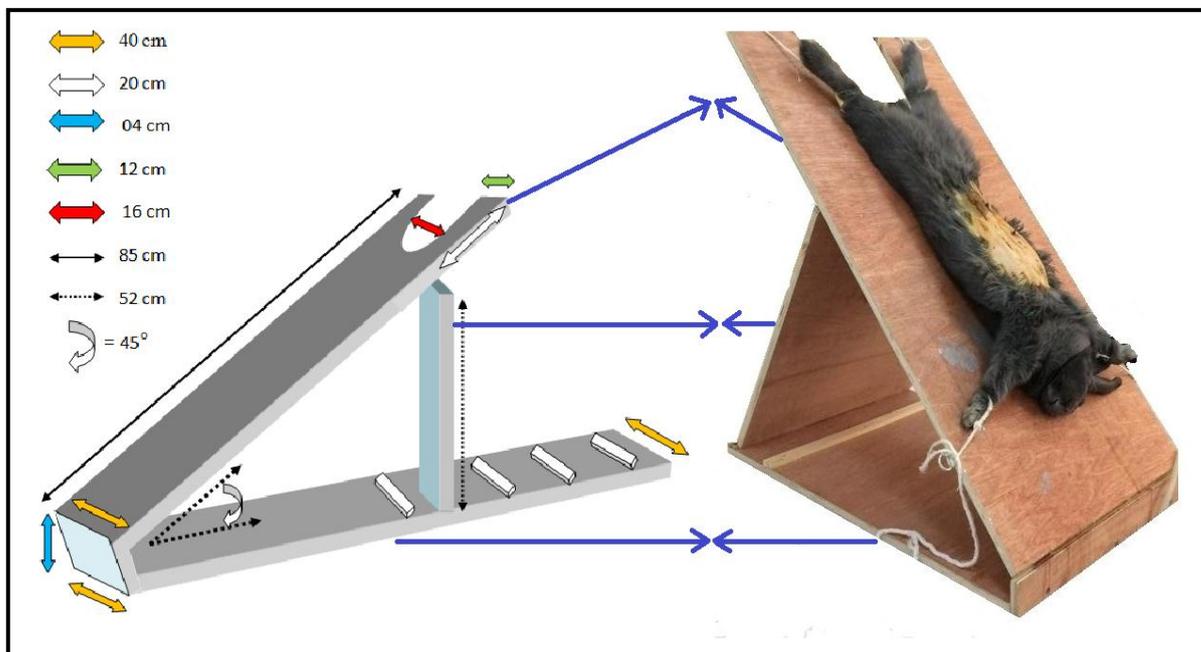


Figure 8.9: Attachement et mobilisation de la femelle sur une table d'endoscopie.

La zone tondu est en premier désinfectée avec de l'alcool chirurgical pour éliminer les débris comme les poils rasés et ensuite avec une solution antiseptique à base de polyvidone iodée (Bétadine @10%) (**Figure 8.10**).



Figure 8.10: Etapes de l'asepsie.

- **Insufflation d'air :**

Une aiguille est introduite dans la cavité abdominale en tirant la peau, sur le côté droit et en dessous de la dernière côte pour insuffler du gaz carbonique. L'embase de l'aiguille est attachée à l'extrémité du tuyau d'air qui fournit du CO_2 stérile provenant du générateur d'air (**Figure 8.11**). Le volume d'air est pompé par une légère pression sur une pédale, liée directement au compresseur et qui donne aussi l'avantage de contrôler et de rajouter l'air en cas de dégonflement. L'air introduit permet une séparation des structures internes afin de délimiter les différents organes.

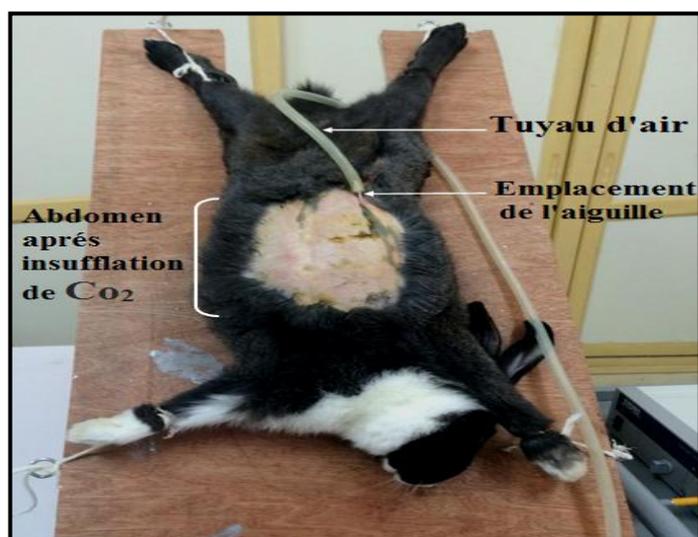


Figure 8.11 : Insufflation du CO_2 .

Deux ponctions exploratrices au niveau abdominal sont effectuées en utilisant deux trocars :

- **La première ponction :**

Elle est médiane et réalisée à 2 cm au-dessus du sternum (**Figure 8.12**). Le trocart est contenu dans une canule ne laissant émerger que sa pointe. Dès que la tige métallique pénètre l'abdomen et la ponction est effectuée, la canule reste à l'intérieur de la cavité abdominale et le trocart est rapidement retiré. La ponction est réalisée doucement avec des mouvements de rotations afin d'éviter les hémorragies et les traumatismes des structures internes. Cette première ponction sert à la mise en place de l'endoscope rigide.

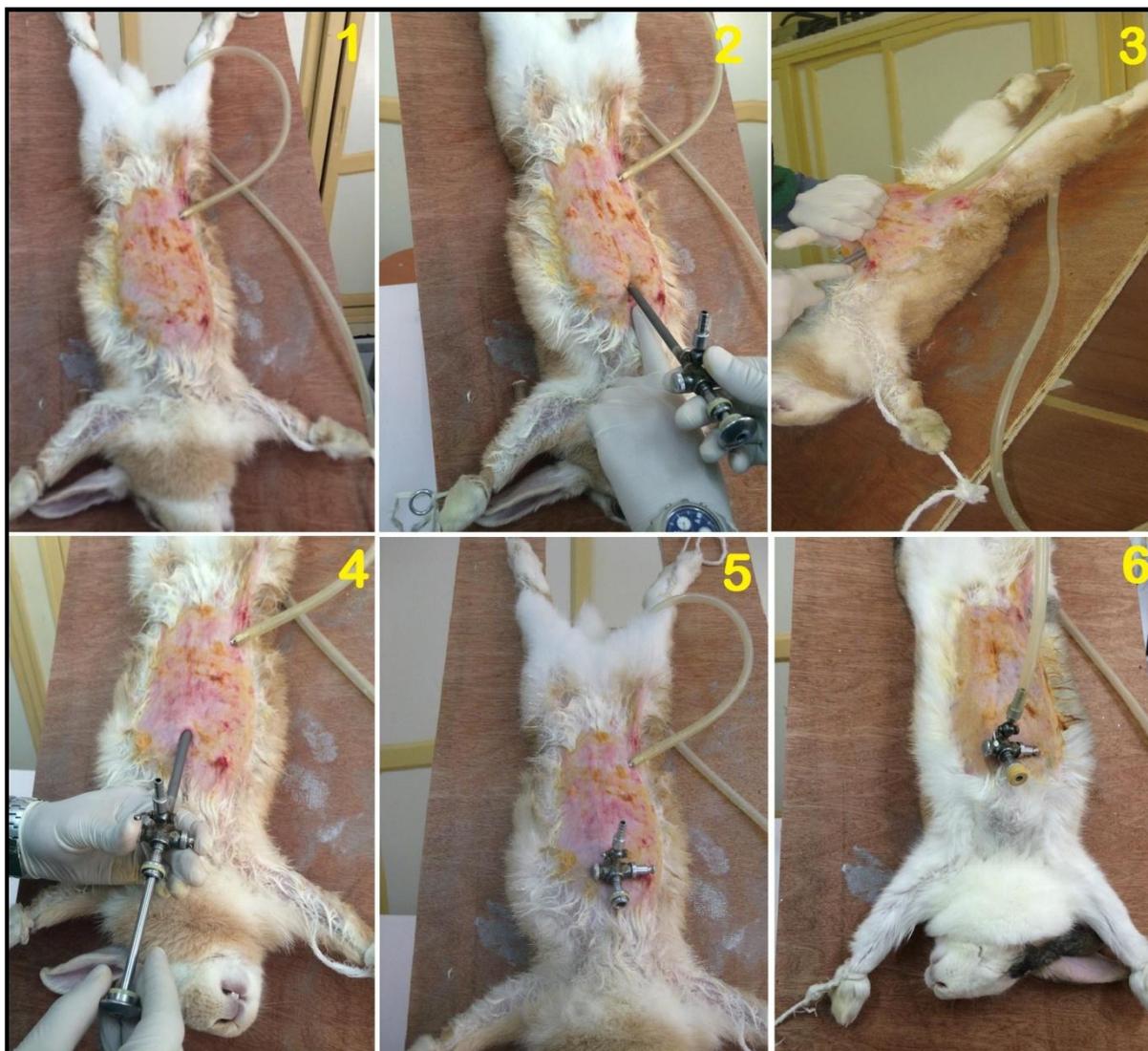


Figure 8.12: Etapes de la mise en place du premier trocart.

- **La deuxième ponction :**

Une autre incision est réalisée sur le côté droit, à environ 3 cm en arrière de la précédente (**Figure 8.13**). Cette ponction sert à la mise en place de la sonde de palpation ou pince à préhension.



Figure 8.13: Etapes de mise en place du deuxième trocar.

- **Observation et la mesure des différentes composantes :**

La pince et l'oculaire sont maintenus dans les deux canules permettant l'observation des différentes structures (**Figure 8.14**). Le taux d'ovulation et les ampoules fœtales (contenant des fœtus vivants ou résorbés) sont comptés.



Figure 8.14 : Observation du tractus génital.

8.2.3.2.4. Les soins post opératoires :

Avant la remise de la femelle dans sa cage, un nettoyage des plaies sans aucune suture est effectué avec une solution de polyvidone iodée (Bétadine ®10%) et une pulvérisation superficielle avec l'ALUSPRAY® (Spray220 ml, Vétoquinol) (**Figure 8.15**).



Figure 8.15 : Soins postopératoires.

Durant la phase postopératoire, un suivi de la reprise de l'appétit et du transit digestif est fait d'une manière régulière (deux éléments prédictifs de la réussite de l'intervention).

8.2.4. Les paramètres mesurés et calculés :

Les paramètres mesurés et calculés sont regroupés dans le **tableau 8.1**:

Tableau 8.1 : Les paramètres mesurés et calculés chez les lapines

Paramètres	Définition
<i>Paramètres mesurés</i>	
Taux d'ovulation	Le nombre de corps jaunes non hémorragiques mesuré sur les deux ovaires.
Le nombre de fœtus vivants	Le nombre d'ampoules fœtales bien bombées et rougeâtres.
Le nombre de fœtus résorbés	Le nombre d'ampoules fœtales régressées, présentant une coloration rosâtre pâle et une réduction de la vascularisation.
<i>Paramètres calculés</i>	
Le nombre de sites d'implantation	Le nombre de fœtus vivants plus le nombre de fœtus résorbés.
La survie embryonnaire	Le nombre de fœtus implantés / le

	taux d'ovulation.
La survie fœtale	Le nombre de fœtus vivants / le nombre de fœtus implantés.
La survie prénatale	Le rapport entre la taille de la portée à la naissance et le taux d'ovulation.

8.3. Analyse statistique:

Les résultats sont décrits par la somme des moindres carrés et l'erreur 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 :

$$y_{ijklmn} = \mu + R_i + P_j + LS_k + S_l + (R_i \times P_j) + (R_i \times LS_k) + (R_i \times S_l) + p_{ijklm} + e_{ijklmn}$$

μ : la somme des moindres carrés ; R_i : l'effet population (synthétique et locale), P_j : l'effet de la parité avec 3 niveaux (nullipares, primipares et multipares), LS_k : L'effet de la lactation avec trois niveaux (nullipares, femelles allaitantes et non allaitantes), S_l : l'effet de la saison avec deux niveaux (l'été et l'automne) , $(R_i \times P_j)$: l'interaction entre l'effet type de population et l'effet parité, $(R_i \times LS_k)$: l'interaction entre l'effet type de population et l'effet lactation, $(R_i \times S_l)$: l'interaction entre l'effet type de population et l'effet saison, p_{ijklm} : l'effet permanent de l'environnement, e_{ijklmn} : l'erreur.

Le modèle statistique utilisé pour l'analyse des paramètres contrôlés à la troisième parité (poids de la femelle avant la saillie et à la mise bas, la durée de la gestation et la taille de la portée des nés totaux, vivants et morts) ainsi que les paramètres mesurés au moment de l'endoscopie (taux d'ovulation, le nombre d'embryons implantés, vivants et résorbés et la survie aux différents stades de la gestation) sont analysés avec la procédure GLM et un modèle incluant uniquement l'effet de population de la femelle :

$$y_{ij} = \mu + R_i + e_{ij}$$

μ : la somme des moindres carrés ; R_i : l'effet de la population avec deux niveaux (synthétique et locale), e_{ij} : l'erreur.

Le taux d'ovulation, le nombre d'embryons (implantés, vivants et résorbés), le nombre de lapereaux nés totaux, vivants et morts sont analysés avec les différentes covariables selon la procédure GLM.

Pour apprécier la relation entre les différents paramètres mesurés dans cette étude, nous avons effectué une analyse en composantes principales à l'aide du logiciel STATGRAPHICS® Centurion XVI.

8.4. Résultats :

8.4.1. Les performances zootechniques des femelles :

Les performances zootechniques des femelles enregistrées en moyenne au cours des trois premières parités sont présentées dans le **tableau 8.2**. Le poids moyen des femelles à la saillie est de 2861 g chez les femelles de la souche synthétique contre 2803 g pour les femelles de population locales. L'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les deux génotypes ($P < 0,05$).

L'effet de la parité est hautement significatif sur le poids à la saillie. Les femelles primipares des deux génotypes, présentent un poids à la saillie significativement plus faible comparé à celui des femelles nullipares d'une part (- 5 % ; $P < 0,05$) et à celui des femelles multipares d'autre part (- 10 % ; $P < 0,05$) (**Figure 8.16**). De même, l'effet de la lactation est très significatif sur le poids des femelles à la saillie. En effet, les femelles allaitantes ont un poids significativement plus faible comparé à celui des femelles non allaitantes (2772 vs 2891 g, soit un écart significatif de 4% ; $P < 0,05$) (**Figure 8.17**). Enfin, le poids des femelles ne varie pas significativement entre les deux saisons étudiées.

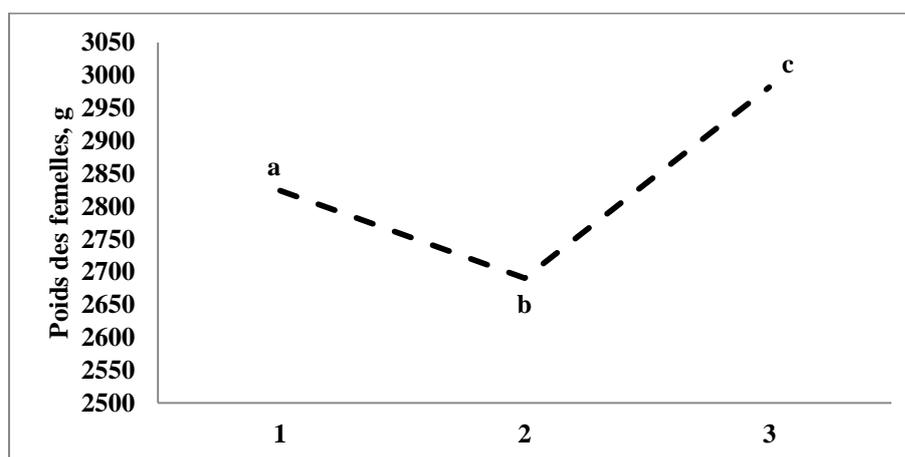


Figure 8.16 : L'évolution du poids moyen à la saillie des femelles des deux génotypes en fonction de leur parité.

1 : première parité ; **2** : deuxième parité ; **3** : troisième parité.

Tableau 8.2: Les performances moyennes des trois premières parités chez des femelles de population locale et souche synthétique
(LSM \pm ES)

	Souche synthétique (n = 32)	Population locale (n = 34)	D _{S-L} \pm ES	Effet Génotype	Effet parité	Effet lactation	Effet saison	Génotype * Parité	Génotype * Lactation	Génotype * saison
Poids des femelles à la saillie, g	2860,91 \pm 38,96	2803,42 \pm 38,44	57,49 \pm 65,35	<i>0,3800</i>	<,0001	0,0111	<i>0,8877</i>	<i>0,5089</i>	<i>0,4212</i>	<i>0,6870</i>
Nés totaux par mise bas/portée	8,84 \pm 0,30	6,61 \pm 0,29	2,23 \pm 0,50	<,0001	0,0262	<i>0,5049</i>	<i>0,3163</i>	<i>0,6746</i>	<i>0,3621</i>	<i>0,3510</i>
Nés vivants par mise bas/portée	7,68 \pm 0,26	6,48 \pm 0,26	1,19 \pm 0,44	0,0080	0,0025	<i>0,3051</i>	<i>0,2795</i>	<i>0,3991</i>	<i>0,2231</i>	<i>0,1640</i>
Mortalité /portée	1,07 \pm 0,19	0,16 \pm 0,19	0,91 \pm 0,33	0,0064	<i>0,9734</i>	<i>0,5699</i>	<i>0,5463</i>	<i>0,8442</i>	<i>0,7425</i>	<i>0,9970</i>
Mortinatalité, %	10,13 \pm 2,02	0,57 \pm 1,99	9,56 \pm 3,39	0,0054	<i>0,1704</i>	<i>0,3850</i>	<i>0,3650</i>	<i>0,2296</i>	<i>0,1852</i>	<i>0,4798</i>
Survie néonatale, %	87,94 \pm 2,49	96,80 \pm 2,46	10,13 \pm 2,02	0,0353	<i>0,1811</i>	<i>0,7015</i>	<i>0,9210</i>	<i>0,0650</i>	<i>0,4251</i>	<i>0,7396</i>

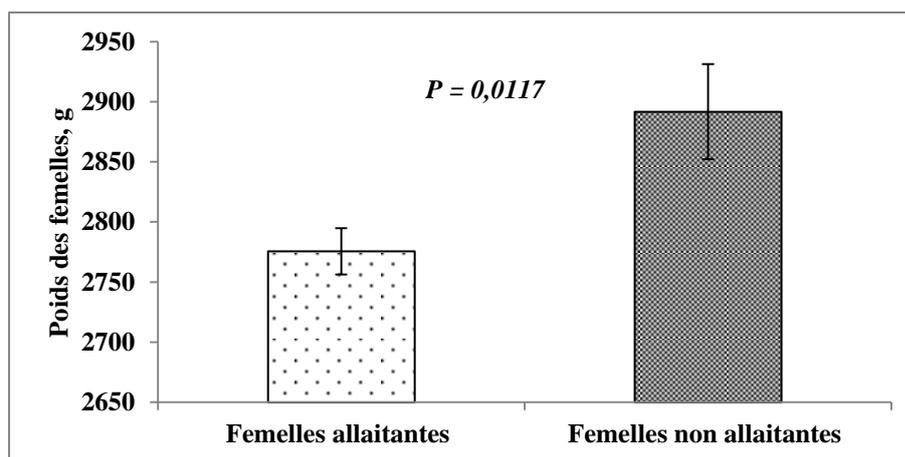


Figure 8.17 : La variation du poids des femelles avant la saillie en fonction de leur état physiologique (allaitante ou non allaitante).

La taille de la portée à la naissance (exprimée par le nombre de nés totaux et par le nombre de nés vivants) varie significativement entre les deux groupes de femelles. En effet, les femelles de la souche synthétique montrent une taille de la portée à la naissance significativement plus élevée par rapport à celle notée chez les femelles de population locale (+ 25% ; $P < 0,01$ et + 16% $P < 0,01$ respectivement pour les nés totaux et les nés vivants).

La parité de la femelle influence significativement la taille de la portée à la naissance (nés totaux et nés vivants). Chez la souche synthétique, les femelles nullipares présentent une taille de portée des nés totaux significativement réduite comparée à celle des femelles multipares (8,2 vs 9 ; $P < 0,05$) (**Figure 8.18**). En revanche, le nombre de nés totaux ne varie pas entre les femelles nullipares et les primipares d'une part (8,2 vs 9 ; $P > 0,05$) et entre les femelles primipares et multipares d'autre part (8,9 vs 9,4 ; $P > 0,05$). Chez les femelles de population locale multipares, la taille de la portée est significativement plus élevée comparée à celle des femelles primipares et nullipares (7,5 vs 6 et 7,5 vs 5,8 ; $P < 0,05$ respectivement). Un écart de 10 %, mais non significatif, est noté entre les femelles nullipares et primipares.

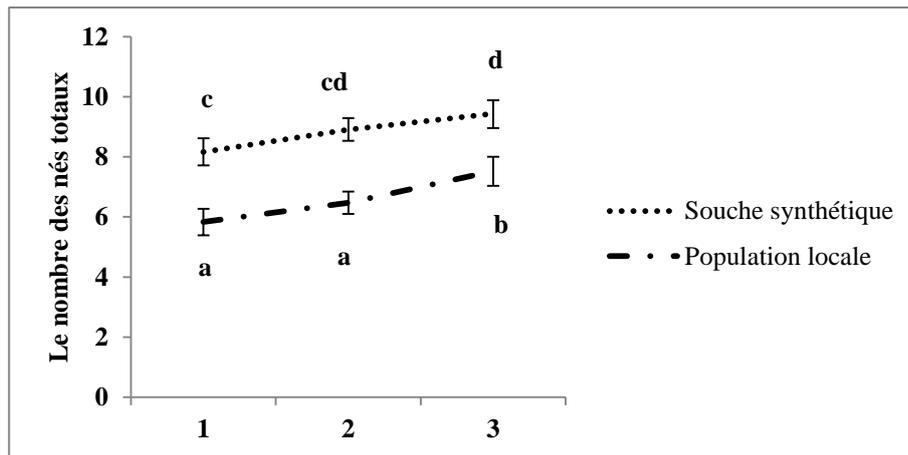


Figure 8.18 : La taille de la portée moyenne des nés totaux chez les femelles de souche synthétique et de population locale algérienne.

1 : première parité ; 2 : deuxième parité ; 3 : troisième parité.

Le nombre de nés vivants varie également en fonction de la parité de la femelle. Chez les femelles de souche synthétique, celui-ci augmente significativement entre le stade nullipare et multipare (7 vs 8 ; $P < 0,05$). Cependant, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre le stade primipare et les deux autres (**Figure 8.19**). Chez les femelles de population locale, le nombre de nés vivants augmente significativement entre le stade nullipare et primipare d'une part (5,4 vs 6,6 ; $P < 0,05$) et le stade primipare et multipare d'autre part (6,57 vs 7,46 ; $P < 0,05$).

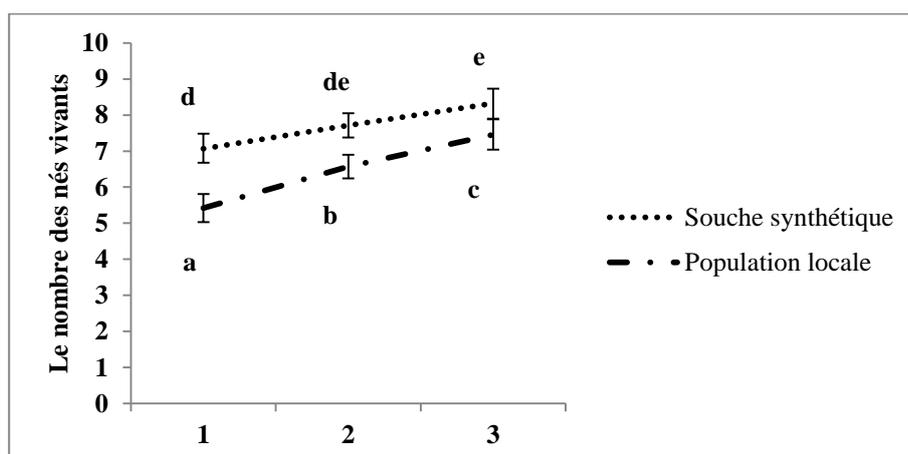


Figure 8.19 : La taille de la portée des nés vivants chez les femelles de souche synthétique et de population locale.

1 : première parité ; 2 : deuxième parité ; 3 : troisième parité.

Par ailleurs, le nombre de lapereaux morts par portée ainsi que le pourcentage de mortalité sont significativement plus élevés chez les femelles de souche synthétique comparés à ceux des femelles de population locale (0,2 vs 1,1 lapereau ; $P < 0,01$ et 10,1 vs 0,6 % ; $P < 0,01$).

Enfin, il est à signaler que l'analyse statistique ne montre aucune interaction significative entre les effets fixes considérés dans cette étude (génotype, parité, lactation et la saison).

8.4.2. Les composantes biologiques de la prolificité :

La taille de la portée et ses composantes biologiques, mesurées au cours de la 3^{ème} parité, sont présentées dans le **Tableau 8.3**. Les poids des femelles avant la saillie et à la mise bas, ainsi que la durée de gestation ne montrent aucune variation significative entre les deux groupes expérimentaux.

Le taux d'ovulation est de 11 corps jaunes chez les femelles de la souche synthétique contre 8,4 corps jaunes chez les femelles de population locale. L'écart enregistré entre les deux groupes de femelles est hautement significatif (+ 24% en faveur des femelles synthétiques ; $P < 0,0001$).

Les lapines de souche synthétique présentent un nombre total moyen d'embryons implantés au 12^{ème} jour de la gestation, significativement plus élevé (10 vs 7,8 embryons ; soit un écart significatif de + 22%). L'analyse statistique ne montre aucune différence significative pour ce dernier paramètre lorsque le taux d'ovulation est rajouté au modèle statistique comme covariable.

De même, le nombre d'embryons vivants est significativement plus élevé chez les femelles de la souche synthétique. En effet, ces dernières présentent 1,7 embryons de plus comparées aux femelles de population locale. Cependant, cet écart perd sa signification lorsque le taux d'ovulation ou le nombre total d'embryons implantés sont utilisés comme covariables dans l'analyse statistique. Par ailleurs, le nombre d'embryons résorbés est plus élevé chez les femelles de la souche synthétique (+57%) mais cet écart est non significatif ($P > 0,05$).

La survie embryonnaire, fœtale et prénatale est similaire chez les femelles de souche synthétique et de population locale (**Figure 8.20**).

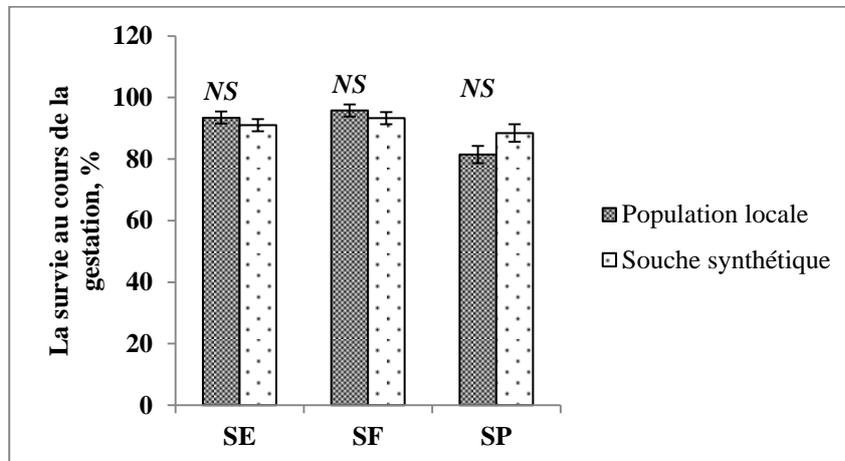


Figure 8.20 : Survie au cours des différents stades de la gestation chez les femelles de souche synthétique et de population locale.

SE : survie embryonnaire ; **SF** : survie fœtale ; **SP** : survie prénatale ; **NS** : non significatif.

La taille de la portée à la naissance varie significativement entre les femelles de la population locale et celle de la souche synthétique (**Figure 8.21**). Ces dernières présentent un nombre de lapereaux nés totaux par mise bas de 8,9 contre 7,4 lapereaux, soit un écart significatif de 16% ($P < 0,01$). Cependant, ce dernier paramètre perd sa signification lorsqu'il est corrigé par rapport aux taux d'ovulation et le nombre d'embryons implantés. Les mêmes résultats sont constatés pour le nombre de lapereaux nés vivants.

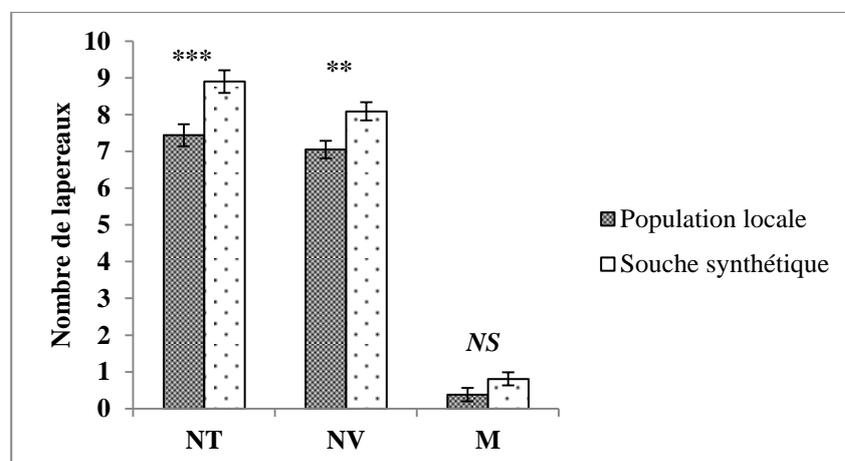


Figure 8.21 : Taille de la portée chez les femelles de souche synthétique et de population locale.

NT : nés totaux par portée ; **NV** : nés vivants par portée ; **M** : le nombre de lapereaux nés par portée.

Enfin, le nombre de lapereaux morts par mise bas, le pourcentage de mortinatalité et de la survie néonatale sont comparables entre les femelles de la souche synthétique et celles de population locale.

Tableau 8.3 : La prolificité et ses composantes biologiques mesurées à la 3^{ème} parité chez les lapines de la souche synthétique et de population locale (LSM \pm ES).

Paramètres	Souche synthétique (n = 32)	Population locale (n = 34)	D _{S-L} \pm SE	P
PFS , g	2983,15 \pm 33,43	2918,73 \pm 32,43	64,42 \pm 46,58	0,1715
PFM , g	3121,81 \pm 33,27	3054,91 \pm 32,28	66,90 \pm 46,36	0,1569
DG , J	30,43 \pm 0,15	30,37 \pm 0,15	-0,033 \pm 0,22	0,8824
TO , Cj	11,03 \pm 0,23	8,41 \pm 0,23	2,61 \pm 0,33	<,0001
EI , embryons	10,00 \pm 0,25	7,85 \pm 0,25	2,14 \pm 0,36	<,0001
EI_{TO}	8,92 \pm 0,22	8,867 \pm 0,22	0,05 \pm 0,36	0,8839
EV	9,25 \pm 0,29	7,52 \pm 0,28	1,72 \pm 0,40	<,0001
EV_{TO}	8,40 \pm 0,31	8,32 \pm 0,29	0,075 \pm 0,49	0,8791
EV_{EI}	8,40 \pm 0,23	8,32 \pm 0,22	0,073 \pm 0,362	0,8394
ER	0,75 \pm 0,21	0,32 \pm 0,21	0,42 \pm 0,30	0,1645
SE , %	90,98 \pm 2,02	93,41 \pm 1,96	-2,43 \pm 2,82	0,3924
SF , %	93,31 \pm 2,01	95,80 \pm 1,95	-2,48 \pm 2,80	0,3781
SP , %	88,44 \pm 2,86	81,44 \pm 2,78	-6,99 \pm 3,99	0,0846
NT , Lp	8,90 \pm 0,31	7,44 \pm 0,30	1,46 \pm 0,44	0,0016
NT_{TO}	8,08 \pm 0,35	8,21 \pm 0,33	-0,124 \pm 0,56	0,8257
NT_{EI}	8,09 \pm 0,28	8,20 \pm 0,27	-0,10 \pm 0,44	0,8202
NV , Lp	8,09 \pm 0,25	7,05 \pm 0,24	1,03 \pm 0,34	0,0043
NV_{TO}	7,64 \pm 0,29	7,47 \pm 0,28	0,16 \pm 0,47	0,7206
NV_{EI}	7,64 \pm 0,25	7,47 \pm 0,24	0,167 \pm 0,39	0,6717
M , Lp	0,81 \pm 0,18	0,38 \pm 0,18	0,43 \pm 0,26	0,1067
%M	7,51 \pm 1,77	4,21 \pm 1,72	3,30 \pm 2,47	0,1870
%SN	92,48 \pm 1,77	95,78 \pm 1,72	-3,30 \pm 2,47	0,1870

PFS : le poids des femelles avant la saillie; **PFM** : le poids des femelles à la mise bas ; **DG** : la durée de la gestation ; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EITO** : le nombre d'embryons implantés analysé avec le taux d'ovulation comme covariable ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **EVTO** : le nombre d'embryons vivants analysé avec le taux d'ovulation comme

covariable ; **EVEI** : le nombre d'embryons vivants analysé avec le nombre d'embryons vivants comme covariable ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie fœtale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NTTO** : le nombre des nés totaux par portée analysé avec le taux d'ovulation comme covariable ; **NTEI** : le nombre des nés totaux par portée analysé avec le nombre d'embryons implantés comme covariable ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **NVTO** : le nombre des nés vivants par portée analysé avec le taux d'ovulation comme covariable ; **NVEI** : le nombre des nés totaux par portée analysé avec le nombre d'embryons implantés comme covariable ; **M** : le nombre de morts par portée ; **%M** : le pourcentage de la mortalité néonatale ; **%SN** : le pourcentage de la survie néonatale.

8.4.3. Etude des relations entre la prolificité et ses composantes biologiques :

8.4.3.1. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les lapines de souche synthétique :

L'analyse en composantes principales pour la taille de la portée à la naissance ainsi que ses composantes biologiques est présentée dans la **figure 8.22** (composantes 1 et 2) et la **figure 8.23** (composantes 2 et 3). Les trois premières composantes expliquent 80,8 % de la variabilité des paramètres enregistrés dans cette étude. La première composante (42,6%) est définie par, le nombre d'embryons vivants et résorbés, la survie fœtale et prénatale et enfin, le nombre des nés totaux et vivants.

Le nombre d'embryons vivants est corrélé positivement à la survie fœtale et prénatale ($R = 0,57$ en moyenne ; $P < 0,001$), au nombre de nés totaux et vivants ($R = 0,91$ et $0,65$ respectivement ; $P < 0,001$) et enfin, au nombre de lapereaux morts ($R = 0,66$; $P < 0,001$) (**Tableau 8.4**). En revanche, le nombre d'embryons résorbés est corrélé négativement, d'une part, au nombre d'embryons vivants, au nombre de nés totaux et vivants ($R = - 0,52$ en moyenne ; $P < 0,01$) et d'autre part à la survie fœtale et prénatale ($R = - 0,99$ et $0,70$ respectivement ; $P < 0,001$). Enfin, la survie fœtale est corrélée positivement au nombre de lapereaux nés totaux et nés vivants ($R = 0,53$ en moyenne ; $P < 0,05$).

La deuxième composante explique 25,1 % de la variabilité des paramètres mesurés. Elle est formée par, le taux d'ovulation, le nombre d'embryons implantés et résorbés. Le taux d'ovulation est corrélé positivement au nombre d'embryons implantés ($R = 0,76$; $P < 0,001$), au nombre d'embryons vivants à J12 de la gestation ($R = 0,46$; $P < 0,01$) et à la taille de la portée à la naissance ($R = 0,38$;

Tableau 8.4 : Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique (n = 32).

	TO	EI	EV	ER	SE	SF	SP	NT	NV	M
PFS	-0,01	-0,03	0,15	-0,20	-0,01	0,19	0,11	0,10	0,11	0,02
TO		0,76***	0,46**	0,26	-0,23	-0,22	-0,28	0,38*	0,25	0,30
EI			0,53**	0,42*	0,44*	-0,39*	-0,05	0,43*	0,20*	0,43*
EV				-0,53**	0,18	0,55***	0,60***	0,91***	0,65***	0,66***
ER					0,25	-0,99***	-0,70***	-0,54**	-0,48**	-0,28
SE						-0,26	0,34*	0,13	0,00	0,20
SF							0,71***	0,57***	0,50**	0,30
SP								0,76***	0,62***	0,45**
NT									0,76***	0,65***
NV										0,02

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; ***P < 0,001. **PFS** : le poids des femelles avant la saillie; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie foetale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

$P < 0,05$). Le nombre d'embryons implantés est corrélé positivement au nombre d'embryons vivants et au nombre de nés totaux ($R = 0,53$; $P < 0,01$ et $R = 0,43$; $P < 0,05$ respectivement).

Enfin, les principaux paramètres ayant contribué dans la formation de la troisième composante sont : le taux d'ovulation, la survie embryonnaire et prénatale (13,1%). La survie prénatale est corrélée positivement à la survie foetale ($R = 0,71$; $P < 0,001$), au nombre de nés totaux ($R = 0,76$; $P < 0,001$) et à celui des nés vivants ($R = 0,62$; $P < 0,001$).

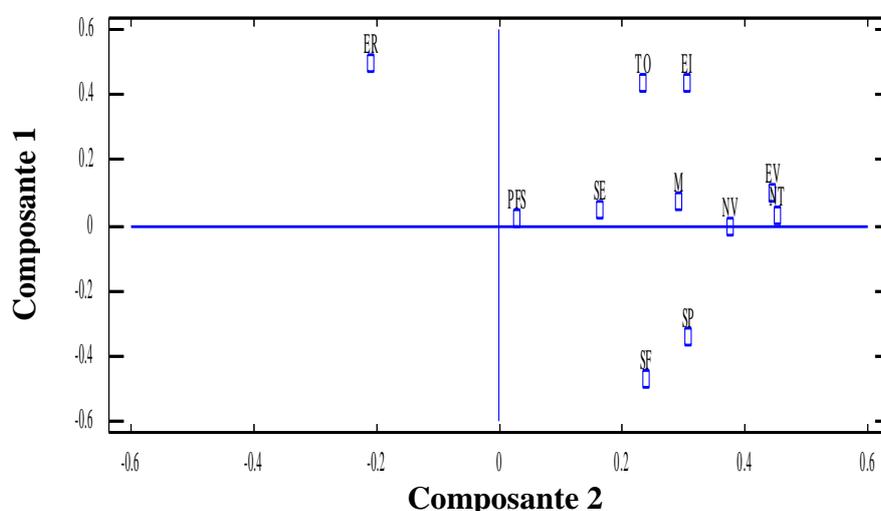


Figure 8.22 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique (composantes 1 et 2).

PFS : le poids des femelles avant la saillie ; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie foetale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

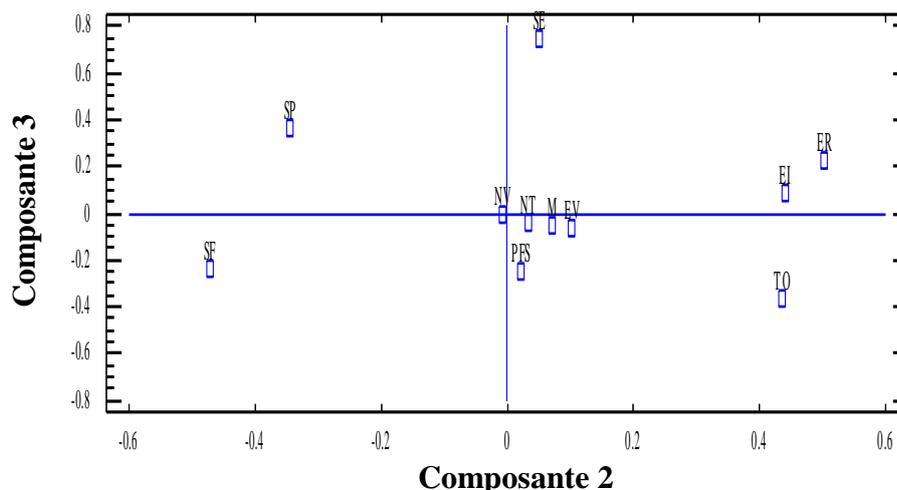


Figure 8.23 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique (composantes 2 et 3).

PFS : le poids des femelles avant la saillie ; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie fœtale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

8.4.3.2. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les lapines de population locale :

L'analyse en composantes principales concernant la taille de la portée et ses principales composantes biologiques est présentée dans la **figure 8.24** (composantes 1 et 2) et la **figure 8.25** (composantes 2 et 3).

Les principaux paramètres ayant participé à la formation de la première composante avec un pourcentage de 5% sont, le nombre d'embryons implantés et vivants, le nombre de lapereaux nés totaux et vivants et la survie prénatale. Le nombre d'embryons implantés est positivement corrélé au nombre d'embryons vivants ($R = 0,88$; $P < 0,001$), au nombre de lapereaux nés totaux et vivants ($R = 0,77$; $P < 0,001$), au nombre de lapereaux morts par mise bas ($R = 0,52$; $P < 0,01$) et à la survie embryonnaire et prénatale ($R = 0,72$ et $0,57$ respectivement ; $P < 0,001$) (**Tableau 8.5**). De même, le nombre d'embryons vivants est corrélé à celui des nés totaux, des nés vivants et des nés morts ($R = 0,97, 0,82, 0,56$

Tableau 8.5 : Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de population locale (n = 34).

	TO	EI	EV	ER	SE	SF	SP	NT	NV	M
PFS	-0,11	-0,11	-0,14	0,10	-0,06	-0,11	-0,12	-0,16	-0,23	0,05
TO		0,66***	0,61***	-0,06	-0,04	0,10	0,01	0,58***	0,42*	0,45**
EI			0,88***	-0,01	0,72***	0,04	0,57***	0,85***	0,70***	0,52**
EV				-0,47**	0,61***	0,49**	0,76***	0,97***	0,82***	0,56***
ER					0,04	-0,99***	-0,54***	-0,47**	-0,43**	-0,22
SE						-0,03	0,76***	0,59***	0,55***	0,26
SF							0,55***	0,50**	0,47**	0,22
SP								0,81***	0,77***	0,33*
NT									0,86***	0,55***
NV										0,06

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; ***P < 0,001. **PFS** : le poids des femelles avant la saillie; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie foetale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

respectivement ; $P < 0,001$) d'une part et à la survie embryonnaire, fœtale et prénatale d'autre part ($R = 0,61, 0,49, 0,76$ respectivement ; $P < 0,001$). La survie prénatale est corrélée positivement avec le nombre de nés totaux et nés vivants ($R = 0,79$; $P < 0,001$). Enfin, le nombre de nés totaux par mise bas est positivement corrélé au nombre des lapereaux vivants ($R = 0,86$; $P < 0,001$).

En revanche, la deuxième composante (18,1%) est formée par le nombre d'embryons implantés, résorbés et la survie fœtale. Le nombre de fœtus résorbés est négativement corrélé au nombre de fœtus vivants ($R = - 0,47$; $P < 0,01$), à la survie fœtale ($R = - 0,99$; $P < 0,001$), à la survie prénatale ($R = - 0,54$; $P < 0,001$) et au nombre de lapereaux nés totaux et nés vivants ($R = - 0,45$; $P < 0,01$). Par contre, la survie fœtale est positivement liée à la survie prénatale et au nombre de lapereaux nés totaux et vivants ($R = 0,51$ en moyenne ; $P < 0,01$).

Enfin, les paramètres qui contribuent à la formation de la troisième composante (12,7%) sont le taux d'ovulation et la survie embryonnaire. Le taux d'ovulation est positivement corrélé au nombre d'embryons implantés et vivants ($R = 0,63$; $P < 0,001$), au nombre de lapereaux nés totaux, nés vivants et morts ($R = 0,58$; $P < 0,001$ et $R = 0,42$; $P < 0,05$; $R = 0,45$; $P < 0,01$ respectivement). La survie embryonnaire est positivement corrélée à la survie prénatale ($R = 0,73$; $P < 0,001$) et au nombre de lapereaux nés totaux et vivants ($R = 0,57$; $P < 0,001$).

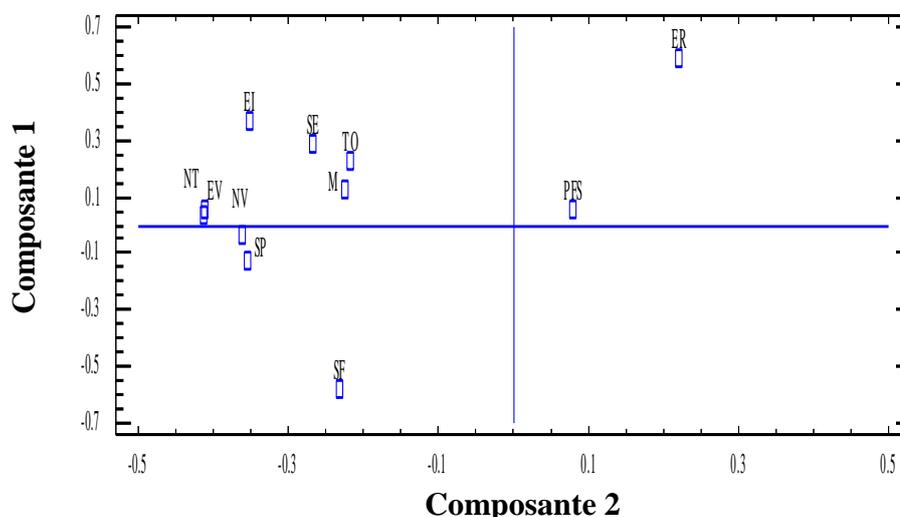


Figure 8.24 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la population locale (composantes 1 et 2).

PFS : le poids des femelles avant la saillie ; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie foetale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

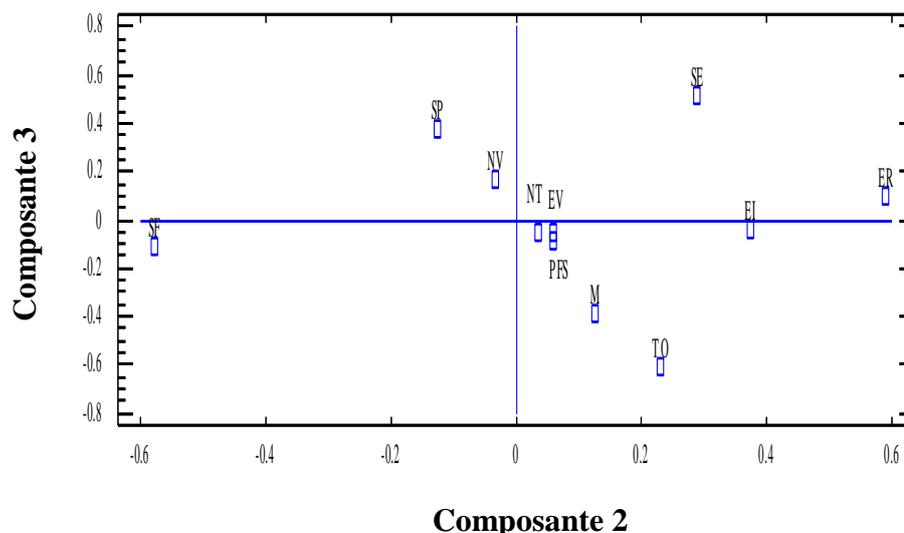


Figure 8.25 : Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les femelles de la population locale (composantes 2 et 3).

PFS : le poids des femelles avant la saillie ; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie foetale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

8.4.3.3. Analyse en composantes principales des paramètres mesurés chez les deux groupes de lapines:

Les résultats de l'analyse en composantes principales de la prolificité et de ses composantes biologiques regroupant, les femelles de souche synthétique et de population locale est présentée dans la **figure 8.26** (composantes 1 et 2) et **figure 8.27** (composantes 2 et 3). Les trois premières composantes expliquent

plus de 81% de la variabilité des paramètres mesurés dans cette étude (1^{ère} composante : 43,1 %, 2^{ème} composante : 25 % et la composante 3 : 13,2 %).

Les paramètres ayant participé dans la formation de la première composante sont le nombre d'embryons implantés et vivants, la survie prénatale et le nombre de lapereaux nés totaux, nés vivants et nés morts par mise bas. Le nombre d'embryons implantés est corrélé positivement au nombre d'embryons vivants ($R = 0,77$; $P < 0,001$), au nombre de lapereaux nés totaux ($R = 0,67$; $P < 0,001$), nés vivants ($R = 0,52$; $P < 0,001$) et nés morts par mise bas ($R = 0,48$; $P < 0,001$) (**Tableau 8.6**). Le nombre d'embryons vivants est corrélé positivement à la survie foetale et prénatale ($R = 0,44$ en moyenne ; $P < 0,001$) et au nombre de lapereaux nés totaux ($R = 0,94$; $P < 0,001$), nés vivants ($R = 0,76$; $P < 0,001$) et nés morts par mise bas ($R = 0,62$; $P < 0,001$). Par ailleurs, la survie prénatale est corrélée positivement au nombre de lapereaux nés totaux et vivants ($R = 0,59$ en moyenne ; $P < 0,001$). Enfin, le nombre de lapereaux nés totaux par mise bas est corrélé positivement au nombre de lapereaux nés vivants ($R = 0,83$; $P < 0,001$) et nés morts ($R = 0,63$; $P < 0,001$).

La deuxième composante regroupe le taux d'ovulation, le nombre d'embryons implantés et résorbés et la survie foetale et prénatale. Le taux d'ovulation est corrélé positivement au nombre d'embryons implantés et vivants (respectivement $R = 0,82$; $P < 0,001$ et $R = 0,64$; $P < 0,001$) et au nombre de lapereaux nés totaux par mise bas ($R = 0,56$; $P < 0,001$). En revanche, le nombre de fœtus résorbés est corrélé négativement au nombre d'embryons vivants, au nombre de lapereaux nés totaux et nés vivants (en moyenne $R = - 0,36$; $P < 0,01$). De même, le nombre d'embryons résorbés est corrélé négativement à la survie foetale et la survie prénatale ($R = - 0,97$ et $- 0,63$ respectivement, $P < 0,001$). Une corrélation positive est notée entre la survie foetale et la survie prénatale d'une part ($R = 0,65$; $P < 0,001$), et le nombre de lapereaux nés totaux et vivants ($R = 0,44$; $P < 0,001$) d'autre part.

Enfin, la troisième composante comporte le taux d'ovulation, la survie embryonnaire et prénatale. Une corrélation positive et hautement significative est notée entre la survie embryonnaire et la survie prénatale ($R = 0,57$; $P < 0,001$).

Tableau 8.6: Corrélations entre les différents paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (n = 66).

	TO	EI	EV	ER	SE	SF	SP	NT	NV	M
PFS	0,08	0,04	0,07	-0,05	-0,05	0,03	-0,04	0,04	0,00	0,06
TO		0,82***	0,64***	0,25*	-0,17	-0,16	-0,27*	0,56***	0,45***	0,38**
EI			0,77***	0,32**	0,40*	-0,24*	0,05	0,67***	0,52***	0,48***
EV				-0,34**	0,31**	0,41***	0,48***	0,94***	0,76***	0,62***
ER					0,13	-0,97***	-0,63***	-0,40***	-0,35**	-0,22*
SE						-0,13	0,57***	0,28*	0,23*	0,18
SF							0,65***	0,46***	0,41***	0,25*
SP								0,62***	0,56***	0,34**
NT									0,83***	0,63***
NV										0,1

* P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001. **PFS** : le poids des femelles avant la saillie ; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie fœtale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV** : le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

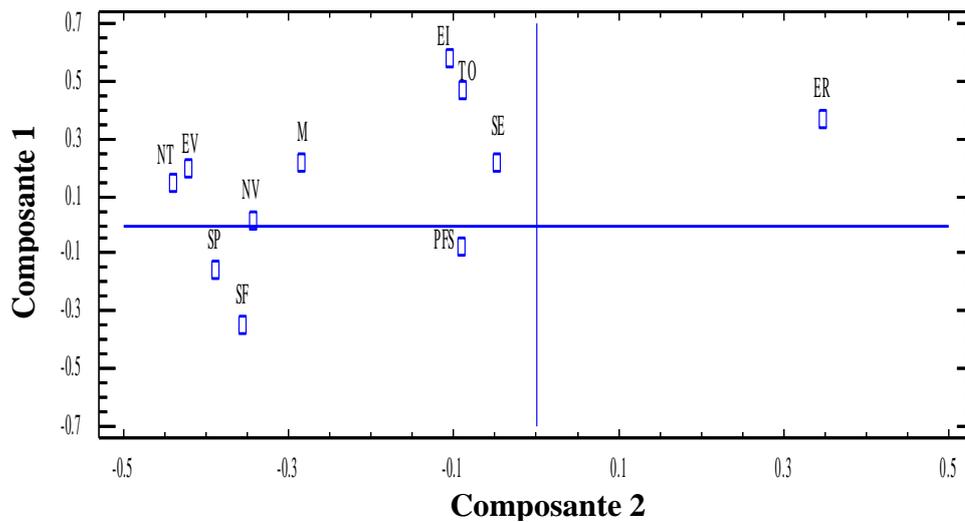


Figure 8.26 : Analyse en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (composantes 1 et 2).

PFS : le poids des femelles avant la saillie ; **TO :** le taux d'ovulation ; **EI :** le nombre d'embryons implantés ; **EV :** le nombre d'embryons vivants ; **ER :** le nombre d'embryons résorbés ; **SE :** la survie embryonnaire ; **SF :** la survie foétale ; **SP :** la survie prénatale ; **NT :** le nombre de nés totaux par portée ; **NV :** le nombre de nés vivants par portée ; **M :** le nombre de morts par portée.

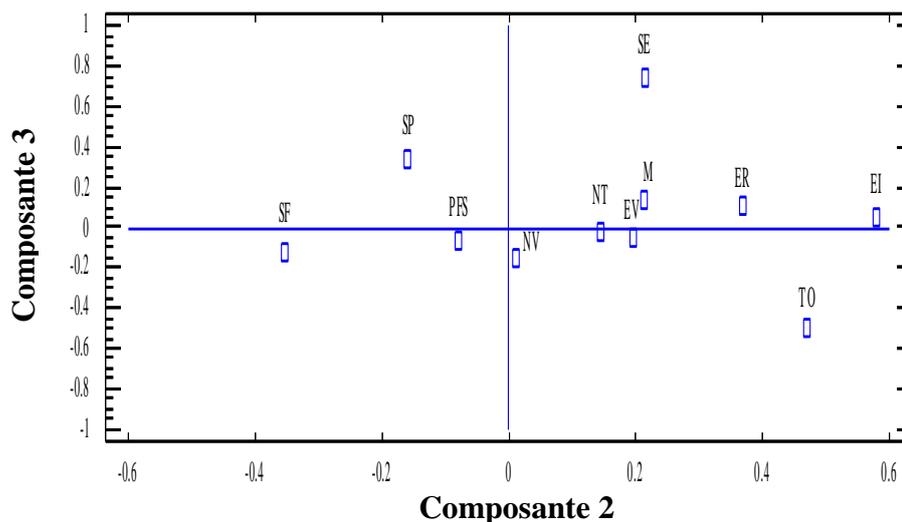


Figure 8.27 : Analyse en composantes principales pour l'ensemble des paramètres mesurés chez les femelles de souche synthétique et de population locale (composantes 2 et 3).

PFS : le poids des femelles avant la saillie; **TO** : le taux d'ovulation ; **EI** : le nombre d'embryons implantés ; **EV** : le nombre d'embryons vivants ; **ER** : le nombre d'embryons résorbés ; **SE** : la survie embryonnaire ; **SF** : la survie foétale ; **SP** : la survie prénatale ; **NT** : le nombre de nés totaux par portée ; **NV**: le nombre de nés vivants par portée ; **M** : le nombre de morts par portée.

8.5.Discussion :

Cette étude fait suite aux deux précédentes et a pour objectifs de mesurer **la prolificité et ses principales composantes biologiques**, chez les **lapines de population locale et de souche synthétique**. Cependant, elle se distingue des deux autres études par le fait que **les composantes biologiques de la prolificité** à savoir le **taux d'ovulation et survie prénatale**, sont étudiées en **relation avec la taille de la portée à la naissance**. Pour se faire, l'endoscopie a été utilisée car elle permet de mesurer les composantes de la taille de la portée tout en gardant l'animal en vie. Ceci nous permet d'établir la relation entre ces critères et la taille de la portée à la naissance [212].

Les aspects méthodologiques...

Dans notre étude, les composantes biologiques de la prolificité sont mesurées **à la 3^{ème} parité**. Plusieurs auteurs indiquent que celles-ci varient en fonction de la parité de la lapine et les meilleures performances sont enregistrées à partir de la troisième, notamment pour le taux d'ovulation [89,81,292].

Par ailleurs, l'endoscopie est effectuée **à 12 jours de la gestation**, date à laquelle le diagnostic de gestation par palpation abdominale et le comptage des corps jaunes et des embryons en développement sont possibles [212,05,290].

Performances des femelles au cours des trois premières parités...

...En accord avec les données de la littérature

Dans nos conditions expérimentales, **la parité et le stade physiologique de la lapine** influencent significativement **le poids vif à la saillie**. En effet, les femelles de population locale et de souche synthétique primipares ou allaitantes présentent le poids le plus faible. Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés par plusieurs auteurs, qui soulignent que les lapines nullipares sont généralement saillies la première fois lorsqu'elles atteignent les 2/3 de leur poids adulte [581]. De ce fait, au stade primipare, la lapine doit couvrir ses besoins de croissance inachevée, de lactation et assurer une nouvelle gestation. Ceci se traduit par une

perte de poids, suite une hyper mobilisation des réserves lipidiques et protéiques [262,105]. En plus, après la première mise bas, la consommation d'aliment augmente rapidement (60 à 70%), mais reste insuffisante pour couvrir tous les besoins de la femelle [106,582,291]. Par ailleurs, à l'abattage, les femelles allaitantes présentent un poids de la carcasse, de la peau et du tissu adipeux plus faibles, comparativement aux femelles non allaitantes [329]. Aussi, chez les femelles primipares, une diminution du gras périrénal et de la composition en énergie de la carcasse sont observées au cours du *post partum* [583,258] ainsi qu'une perte régulière du poids.

Taille de la portée à la naissance ...

...Elevée chez les femelles de la souche synthétique

Les femelles de la souche synthétique montrent **une prolificité de 8,8 lapereaux nés totaux**, comparable à celle enregistrée par plusieurs auteurs sur la même souche [22,25,44] et à celle des lapines de la souche synthétique APRI issues d'un croisement entre la « V line » espagnole et Egyptian Red Baladi [584]. Cependant, elle est inférieure à celle obtenue sur des lignées françaises et espagnoles avec en moyenne 10 lapereaux par portée [585,421,217].

Chez les femelles de population locale, **la taille de la portée à la naissance** est de 6,6 lapereaux nés totaux, similaire à celle rapportée par Gacem *et al.* [22] et Aliane et Mekked [586], mais inférieure à celle notée par d'autres auteurs sur des femelles de même population (-7%) [19,17,587,588]. Par ailleurs, en comparaison avec les lapines de population locale tunisienne, marocaine, égyptienne ou nigérienne, les lapines de population locale présentent une prolificité comparable avec en moyenne 6,2 lapereaux [589,590,46,47,48,49,45,590].

Dans nos conditions expérimentales, **la prolificité** des lapines de la souche synthétique est significativement supérieure à celle notée chez la population locale (+ 26% ; $P < 0001$). Cet écart confirme celui mesuré par d'autres auteurs, en moyenne + 28% [22,515,25]. De tels résultats indiquent que le croisement des lapines de population locale avec la souche INRA 2666 a induit une nette amélioration de la taille de la portée.

Chez les femelles des deux groupes expérimentaux, **la taille de la portée évolue significativement entre le stade nullipare et multipare** contrairement aux stades nullipare et primipare, corroborant les nombreuses données rapportées par la littérature [93,99,591,70,114,135,37]. Ces auteurs soulignent que la taille de la portée chez la lapine augmente progressivement au cours des différentes parités, avec une valeur maximale entre la 3^{ème} et la 5^{ème} parité. Cependant, les différences sont faibles entre les deux premiers stades physiologiques. Plusieurs auteurs notent que la taille de la portée augmente de 18% entre la première et la deuxième parité et de 6% entre la deuxième et la troisième parité [97,51]. Ceci est lié à l'amélioration de l'état corporel des femelles et un milieu utérin favorable pour le développement de la gestation [93,293].

Le taux moyen de la mortinatalité est de 10,1% chez les femelles de souche synthétique, similaire à celui observé chez des femelles de même origine génétique [25], et chez la souche synthétique égyptienne APRI (10,5% en moyenne) [584]. Cependant, il est supérieur à celui enregistré dans les élevages rationnels français avec un pourcentage avoisinant 7% [592]. Le taux de mortinatalité enregistré chez les lapines de population locale est de 0,6%, nettement inférieur à celui noté sur des femelles de même population [18,19,587,593]. Cependant, il est comparable à celui des lapins de race Chinchilla présentant un taux de 0,8% [594], et reste faible comparé à celui noté sur des lapines de population locale marocaine et tunisienne avec des taux respectives de 14,3 et 24 % [47,590]. Le taux élevé de mortinatalité chez les femelles de souche synthétique pourrait être lié en partie, au comportement maternel de certaines femelles qui ne préparent pas correctement leur nid, à l'origine de la perte intégrale de certaines portées. Aussi, Rashwan et Maria [63] rapportent que l'augmentation de la taille de la portée à la naissance est souvent associée à un accroissement de la mortinatalité. Ceci est confirmé, dans notre étude, par les corrélations positives et significatives notées entre le nombre d'embryons implantés et vivants ainsi que le nombre des nés totaux et le nombre de lapereaux morts à la naissance.

Taux d'ovulation à la troisième parité...

...Élevé chez les femelles de la souche synthétique

Chez les femelles de la souche synthétique, **le taux d'ovulation** est de 11 corps jaunes, comparable à celui de plusieurs souches françaises sélectionnées sur différents critères de reproduction [595,596,210,81]. En revanche, il est inférieur à celui noté sur des lignées maternelles françaises ou espagnoles [517,597,519,514,515]. Le taux d'ovulation des femelles de population locale algérienne est similaire à celui observé chez des femelles de même origine [520,499]. Cependant, il reste faible comparé à celui de la souche INRA 1077 avec un écart de 38% [598] et à celui mesuré sur différentes lignées espagnoles sélectionnées sur la taille de la portée au sevrage, avec un écart de 44% [599,421]. Le potentiel ovulatoire de la femelle de la souche synthétique est significativement plus élevé (+24%). Cette différence entre les taux d'ovulation des deux groupes de lapines serait liée soit, à un nombre de follicules préovulatoires supérieur ou à une différence de sensibilité de l'ovaire à la LH et à la FSH [116,600].

Nombre d'embryons implantés et vivants...

...Résultats comparables au même taux d'ovulation

A 12 jours de la gestation, **le nombre d'embryons implantés** chez les femelles de la souche synthétique est de 10 (9,2 embryons vivants et 0,7 résorbés). Il avoisine celui de certaines souches françaises et espagnoles sélectionnées sur différents critères de reproduction [431,31,352,533], mais reste faible comparativement à celui d'autres lapines espagnoles sélectionnées sur divers paramètres de reproduction (- 25%) [431,323,601,421,28]. Les lapines de population locale présentent un nombre d'embryons implantés similaire à celui enregistré au 12^{ème} jour de la gestation par Kerkouche *et al.* [499] et au 24^{ème} jour de gestation par Belabbas *et al.* [520] estimé par la méthode d'abattage sur la même population. Ce dernier est, toutefois, inférieur à ceux rapportés par Zerrouki *et al.* [598] sur les lapines de la souche INRA 1077 sélectionnées sur la taille de la portée au sevrage et par Santacreu *et al.* [322] sur une souche synthétique

sélectionnée sur la taille de la portée au sevrage (+ 23% et + 38% respectivement).

Notons également, que dans nos conditions expérimentales, **le nombre d'embryons implantés** chez les femelles de la souche synthétique est **supérieur** à celui noté sur la population locale (+ 22% ; $P < 0,0001$). Cet écart, perd sa signification lorsque le taux d'ovulation est utilisé comme covariable, suggérant ainsi que l'amélioration de la taille de la portée à la naissance observée chez la souche synthétique serait liée principalement à un meilleur taux d'ovulation. Ceci est conforté par les fortes corrélations entre ce dernier et le nombre d'embryons implantés, le nombre d'embryons vivants et le nombre de nés totaux, retrouvées dans notre étude et corroborant les résultats de Garcia et Baselga [323]. La forte corrélation entre la taille de la portée et le taux d'ovulation a incité plusieurs auteurs à proposer ce dernier comme critère de sélection indirect afin d'améliorer la taille de la portée [232].

Survie embryonnaire, foétale et prénatale...

...Résultats comparables entre les deux groupes de femelles

Les lapines des deux groupes expriment **un taux de survie embryonnaire comparable** (en moyenne 92%). Il est toutefois supérieur à celui des lapines de population locale (en moyenne 86%) [499,520] et celui des lignées et souches sélectionnées espagnoles (en moyenne 80%) [322,353]. Cependant, il se rapproche de celui enregistré par Santacreu *et al.* [28] sur une lignée sélectionnée sur la capacité utérine (90%). Un taux de survie embryonnaire élevé pourrait être lié à une meilleure qualité des ovocytes libérés au moment de l'ovulation [321], à une meilleure fécondation, à la qualité de la semence [400] et enfin, à un milieu oviductal et utérin favorable pour le développement des embryons [334,332,374,389,328]. Par ailleurs, plusieurs auteurs soulignent qu'une meilleure survie embryonnaire accroît le nombre d'embryons qui s'implantent et se développent et augmente par conséquent, la taille de la portée à la naissance [601]. Ceci pourrait expliquer, en grande partie, les corrélations positives retrouvées dans notre étude entre le nombre d'embryons implantés ou vivants et la taille de la portée à la naissance (nés totaux et nés vivants).

Le pourcentage de survie foetale est similaire entre les femelles de la souche synthétique et celui de la population locale avec une moyenne de 94%. Cette valeur est nettement supérieure à celle enregistrée par certains auteurs sur des lapins de même origine avec un écart de + 29% [602] et à celle mesurée chez des souches et lignées européennes sélectionnées sur différents paramètres de reproduction (73%) [598,203,353,28,313]. Après l'implantation, la mortalité foetale est liée essentiellement au développement placentaire [321,327], lui-même influencé par la disponibilité de l'espace vital, par la position *in utero* [451,343] et par la vascularisation de l'utérus [346] (Mocé et *al.*, 2004). Par ailleurs, une meilleure survie foetale augmente le nombre de lapereaux qui arrivent au terme de la gestation [601], confirmée ainsi par les corrélations positives entre la survie foetale et le nombre de lapereaux nés notées dans notre étude.

Enfin, concernant **la survie prénatale**, les valeurs enregistrées dans nos conditions expérimentales sont **comparables** entre les femelles des deux groupes expérimentaux (88,4 vs 81,4%). Elles restent cependant élevées comparativement à celles notées sur différentes lignées espagnoles (75%) [28,319,599,601,421] mais comparables à celles notées sur les femelles de la race Dutch Belted avec une moyenne de 90% [603].

8.6.Conclusion :

A l'issue des résultats obtenus au cours de cette expérience, nous constatons que:

Le poids de la lapine avant la saillie est influencé par son état physiologique. En effet, les lapines primipares ou allaitantes présentent les poids les plus faibles, lié probablement à une hypermobilisation de leurs réserves corporelles.

Les femelles de la souche synthétique ont **une prolificité** plus élevée comparée à celle des lapines de population locale avec un écart de +26 %, confirmant ainsi les résultats de la littérature. Un tel écart pourrait être expliqué par une amélioration du taux d'ovulation.

La prolificité évolue significativement entre les différentes parités due à l'amélioration de l'état corporel des femelles et à un milieu utérin favorable pour le développement de la gestation chez l'ensemble des femelles étudiées.

Le taux de mortalité des lapereaux à la naissance est relativement élevé chez les lapines de souche synthétique. Ceci pourrait s'expliquer par la taille de la portée importante à la naissance donnant des lapereaux légers ayant un système de thermorégulation défaillant et probablement à un comportement maternel déficient des lapines.

Les femelles de la souche synthétique présentent un **taux d'ovulation** et un **nombre d'embryons implantés et vivants** élevés comparativement à ceux de la population locale.

Par ailleurs, lorsque le nombre **d'embryons implantés et vivants** est corrigé par le taux d'ovulation, l'écart existant entre les deux groupes de femelles s'amointrit, suggérant ainsi que l'amélioration de la taille de la portée à la naissance chez les femelles de la souche synthétique serait liée principalement à un meilleur taux d'ovulation, d'autant plus que **les taux de survie embryonnaire, foétale et prénatale** sont comparables entre les deux groupes de lapines.

CHAPITRE 9

DISCUSSION GENERALE

Depuis l'année 2003, **une nouvelle souche de lapin** est créée à partir d'un croisement entre le lapin de population locale algérienne et la souche française INRA 2666. Après 5 générations de sélection, cette nouvelle souche montre une prolificité élevée (**+28%**) comparée à la population locale [22]. La création de souches synthétiques à partir des lapins de population locale a été menée en Arabie Saoudite et en Egypte. Le gain ainsi obtenu est estimé respectivement à 23 % et 30% [604,584].

La taille de la portée est influencée par ses composantes biologiques à savoir, **le taux d'ovulation, le taux de fertilisation, le développement embryonnaire précoce** et **la mortalité** aux différents stades de la gestation (**mortalité embryonnaire, fœtale et prénatale**). Par ailleurs, **la capacité utérine** influence le développement des fœtus lui-même dépendant de sa position *in utero*.

Ainsi, quels seraient les composantes qui contribuent à l'amélioration de la taille de la portée chez les lapines de la souche synthétique ?

Jusqu'à présent aucune étude comparative des composantes biologiques n'a été menée chez les deux types génétiques de lapin. Seule la caractérisation du taux d'ovulation et de la mortalité prénatale en fonction de la parité a été étudiée chez la population locale, mettant en évidence un bas taux d'ovulation et une survie fœtale élevée [520,602].

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude, articulée autour de trois expérimentations. La première expérience s'intéresse à la comparaison de quelques composantes biologiques telles que le taux d'ovulation et de fertilisation ainsi que le développement embryonnaire précoce à 72h *post coïtum*. La seconde quant à elle, étudie l'impact de capacité utérine, composante biologique indirecte sur la taille de la portée. Cette dernière a été estimée par la survie embryonnaire

et fœtale, et par le développement fœtal et son environnement intra utérin au 25^{ème} jour de la gestation. Ces deux premières expériences nous ont permis de mesurer partiellement les composantes biologiques de la prolificité (72h et 25 jours de la gestation). Afin d'avoir une idée complète des composantes biologiques de l'ovulation à la naissance, nous avons mis en place l'expérience 3, qui a pour objectif de mesurer le taux d'ovulation et la survie prénatale, tout en étudiant leurs relations avec la taille de la portée à la naissance.

Dans les trois expériences nous avons opté pour le choix **des femelles multipares 3^{ème} ou 4^{ème} parité**, parités pour lesquelles les performances des lapines sont maximales [70,89,31]. Aussi, nous avons utilisé des **femelles non allaitantes pour les deux premières expériences** afin d'éviter les effets défavorables de la lactation sur les performances des lapines [105,113,109]. Par ailleurs, **l'abattage des femelles** pour la récolte des embryons en développement est réalisé à **72h post coïtum** afin d'observer le maximum de stades embryonnaires [514]. De même, **le développement fœtal est étudié au 25^{ème} jour** de la gestation, date à partir de laquelle les paramètres de reproduction chez la lapine gestante se stabilisent [328]. Enfin, l'endoscopie des femelles est effectuée à 12 jours de la gestation, ce qui rendra le comptage des corps jaunes et des fœtus en développement à la fois possible [05,212].

A travers les résultats des trois expérimentations, les femelles de la souche synthétique et de population locale ont présenté **une prolificité comparable** aux données de la littérature [22,515]. **Un gain** significatif moyen de **plus 20 %** est noté entre ces deux génotypes, confirmant ainsi les résultats de Zerrouki *et al.* [25] obtenus au niveau de deux stations expérimentales de l'Itelv. L'amélioration de la taille de la portée révèle les effets bénéfiques du croisement des lapines de population locale avec la souche INRA 2666 et met en évidence les limites de la taille de la portée chez les lapines locales qui pourraient être d'ordre génétique.

Le taux d'ovulation est élevé chez les femelles de la souche synthétique et se rapproche de celui des lignées maternelles européennes [605,514,514,518,519] comparé à celui des femelles de population locale qui est faible mais conforme aux données de la littérature [499,520]. Cette différence montre encore

l'importance du croisement entre les différentes races et lignées afin de bénéficier des avantages de l'effet hétérosis et de la complémentarité entre elles. La variation du taux d'ovulation entre les races et les lignées du lapin serait liée à l'importance des hormones gonadotrophines, permettant ou non l'ovulation de tous les follicules au moment de l'accouplement [89,521].

A 72 heures post coïtum, le taux de fertilisation est similaire chez les deux groupes de femelles. Cependant, les femelles de la souche synthétique montrent **un développement embryonnaire tardif** comparé à celui des femelles locales (pourcentage de morula précoce élevé et celui de morula compactée faible). Chez plusieurs espèces, le développement embryonnaire précoce peut être modifié par voie génétique, cependant, les mécanismes qui y interviennent restent peu connus [537,228,346]. Ceci serait liée au timing ovulatoire ou/et à une modification dans la qualité et la quantité des différentes sécrétions utérines [228,514].

En général, le génotype de la femelle n'a pas altéré le **taux de survie aux différents stades de la gestation**. Une survie embryonnaire élevée serait liée généralement à la meilleure qualité des ovocytes, de la semence, du taux de fertilisation élevé et enfin, au milieu oviductal et utérin favorable au développement des embryons [321,400,334,374,389,328]. En revanche, un taux élevé de survie fœtale serait en relation avec un meilleur développement des placentas, de l'espace vital pour chaque fœtus et une importante vascularisation utérine [327,343,346].

La capacité utérine estimée par la taille de la femelle uniovariectomisée au 25^{ème} jour de la gestation est plus élevée chez les femelles de souche synthétique (+26%). Cependant, **au même taux d'ovulation**, cet écart s'amointrit, montrant ainsi que la capacité utérine des deux groupes de femelles est identique et ne limite pas la taille de la portée. L'augmentation du nombre d'embryons implantés serait liée principalement au taux d'ovulation élevé chez les femelles de la souche synthétique.

Par ailleurs, **le développement des fœtus et de leurs placentas** est influencé par le génotype de la femelle. **Les fœtus issus de femelles de la souche**

synthétique présentent les faibles performances, ceci serait lié probablement à leur nombre élevé. En effet, lorsque le nombre de fœtus qui s'implantent au niveau de la corne utérine augmente, la compétition entre ces derniers pour l'espace vital s'accroît [327,328], ce qui limite le développement des placentas d'une part [475] et diminue l'apport individuel en nutriments d'autre part [344,472]. De même, ***le poids du tissu adipeux brun*** est faible chez les fœtus de la souche synthétique qui pourrait être à l'origine de l'accroissement de la mortinatalité, constatée dans notre étude et rapportée dans la littérature [22,25] et en relation probablement à la défaillance du système thermorégulateur [258].

Sur l'ensemble des femelles, la position in utero affecte significativement le développement des fœtus et de leurs placentas. Ainsi ***le fœtus en position oviductale présente un meilleur développement*** comparé à celui des autres positions. Un tel résultat est lié à un meilleur espace vital au niveau de cette position [327,328], un meilleur développement des placentas et un important flux sanguin [286].

Enfin, ***l'effet de la vascularisation*** est hautement significatif sur le développement fœtal. Les fœtus ayant reçu un nombre de vaisseaux sanguins élevé (≥ 6), présentent un meilleur poids corporel, un développement des organes internes important et des placentas plus lourds. L'augmentation du nombre de vaisseaux sanguins arrivant au niveau de chaque site d'implantation est associée à l'augmentation de l'apport en nutriments traduisant ainsi une meilleure croissance fœtale [159].

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La principale originalité de ce travail de thèse est de caractériser pour la première fois la prolificité et toutes ses composantes biologiques chez **les lapines de population locale** en comparaison avec **les lapines de la souche synthétique**, et d'élucider, par des paramètres liés à la physiologie de la reproduction, la différence dans la taille de la portée à la naissance existant entre les deux groupes de femelles.

Ce travail a permis également l'utilisation, chez le lapine, pour la première fois en Algérie, de nouvelles techniques d'études en physiologie de la reproduction à savoir, **la récolte et la classification des embryons en développement et l'endoscopie**.

Les résultats des trois expériences effectuées dans le cadre de cette thèse nous permettent de conclure que :

Le croisement entre la lapine de population locale et le mâle de la souche INRA2666 a permis la création d'une souche synthétique présentant une taille de portée à la naissance supérieure de **20%** par rapport à la population locale. Cet écart serait lié principalement à l'amélioration d'une seule composante biologique de la prolificité à savoir le taux d'ovulation (+28%). Les autres composantes biologiques (**taux de fertilisation, survie embryonnaire, survie fœtale, survie prénatale et capacité utérine**) sont similaires chez les deux groupes de lapines.

Par ailleurs, **au 25^{ème} jour de la gestation, les fœtus de souche synthétique** présentent **un développement corporel réduit** comparé à celui mesuré sur les fœtus de population locale. Ceci pourrait accroître le taux de mortalité des lapereaux à la naissance due à la réduction des réserves adipeuses, responsables de la thermorégulation. Enfin, le développement fœtal est influencé par **la position et la vascularisation in utéro**.

Les conclusions auxquelles nous avons abouti, nous amènent à identifier plusieurs axes de recherche réalisables à moyen ou long terme. A ce propos, plusieurs thèmes seraient intéressants à développer tout en augmentant l'effectif des animaux :

- Etude des causes de mortalité des lapereaux à la naissance afin de la réduire chez les femelles de la souche synthétique.
- Etude des facteurs de variation du poids des lapereaux à la naissance pour connaître l'origine des faibles performances observées chez les lapereaux issus des femelles de souche synthétique. Ceci permettra de réaliser une sélection génétique sur l'homogénéité de la portée à la naissance.
- Etude des facteurs de variation de la prolificité et de ses composantes biologiques (parité, état physiologique des femelles, alimentation et saison) chez différents types de lapin utilisés en élevage cunicole en Algérie.
- Etude de l'effet de la position *in utéro* sur le développement des lapereaux après la naissance, sur leur morphologie et sur les paramètres liés à la physiologie de la reproduction chez les deux génotypes.
- Etude de la croissance folliculaire et ovocytaire, la morphologie des embryons en développement, l'évaluation de la qualité des sécrétions oviductales et utérines ainsi que celle de la semence est nécessaire afin d'élucider l'origine du développement embryonnaire tardif observé chez les lapines de la souche synthétique.
- Enfin, l'application des techniques de biotechnologie (insémination artificielle et synchronisation des chaleurs) semble nécessaire pour élucider certains aspects en relation avec la variabilité individuelle et optimiser la reproduction des lapines de population locale. En effet, il a été montré que l'utilisation des différentes hormones induisant l'ovulation peut améliorer le taux d'ovulation en comparaison à la saillie naturelle (+ 3 corps jaunes) [313]. En plus, l'utilisation des hormones ou des méthodes de bio-stimulation permet la mise en place et le développement rapide de plusieurs biotechnologies liées à la reproduction [516].
- A long terme, la mise en place des protocoles de sélection basés sur le taux d'ovulation, le taux de fertilisation et la survie embryonnaire précoce,

semble importante. Ceci ne peut être effectué qu'après avoir étudié la relation entre ses trois critères et la taille de la portée à la naissance. L'existence des méthodes non invasives à l'exemple de la récolte des embryons par cœlioscopie a rendu de telles études possibles tout en gardant l'animal en vie.

APPENDICE A
LISTE DES ABREVIATIONS

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FSH: Follicle Stimulating Hormone.

GnRH : Gonadotropin Releasing Hormone.

HE : Hématoxyline et l'éosine.

IGFI : Insulin-like Growth Factor-1.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

LH : Luteinising hormone.

LSM : La somme des moindres carrés.

NAL : Opiate Antagonist Naloxone.

P : Probabilité.

PL : Population locale.

R : Coefficients de corrélation.

SS : Souche synthétique.

APPENDICE B

PROTOCOLE D'ANALYSE DES ALIMENTS

Avant d'effectuer les analyses, les échantillons d'aliment ont été séchés puis broyés finement au mortier à pilon type (Retsch RM 200) puis conservés dans des flacons hermétiques (**Figure1**). Toutes les déterminations ont été faites en double [510].



Figure1 : La préparation des échantillons pour les différentes analyses chimiques.

A : Le séchage ; **B** : Le broyage des échantillons.

I. Détermination de la matière sèche (M.S) :

Principe :

La matière sèche (MS) constitue la partie d'un produit qui reste une fois que l'eau en a été totalement extraite. Elle est déterminée par séchage à l'étuve ventilée de l'échantillon.

Mode opératoire :

- Dans un creuset préalablement séché et taré (tare t), nous avons pesé une masse (m) d'échantillon égale à 1g (**Figure2**).



Figure2 : La pesée des échantillons.

- Le creuset a été mis dans une étuve de type (Memmert UNB 500) à 103°C jusqu'à l'obtention d'une masse d'échantillon constante (24 heures).
- Le creuset est refroidi dans un dessiccateur et l'ensemble de masse est pesé (**M0**).
- La détermination du pourcentage en matière sèche a été faite selon la formule suivante:

$$\%MS = 100 \times (M0 - t) / m$$

II. Détermination des matières minérales (M.M) :

Principe :

Les matières minérales (M.M) représente la partie d'un produit qui reste une fois que la matière organique en a été totalement extraite. Elle est déterminée par calcination de l'échantillon.

Mode opératoire :

- Dans un four à moufle de type (Nobertherm), nous avons placé le creuset et le résidu qui a servi à la détermination de la matière M.S. par dessiccation à l'étuve (**Figure3**).



Figure 3: Les échantillons d'aliment dans un four à moufle.

- Le four a été chauffé progressivement (pendant 1h30 mn à 200°C puis 2h30 mn à 550°C) afin d'obtenir une carbonisation sans inflammation de la masse. L'incinération a été poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et l'obtention d'un résidu blanc grisâtre.
- Le creuset a été refroidi dans un dessiccateur et l'ensemble de masse (**Mm**) est pesé.
- Le pourcentage des matières minérales a été calculé par la formule suivante :

$$\%MM = 100 \times (Mm - t) / (M0 - t).$$

III. Détermination des matières azotées totales (MAT) :

Principe :

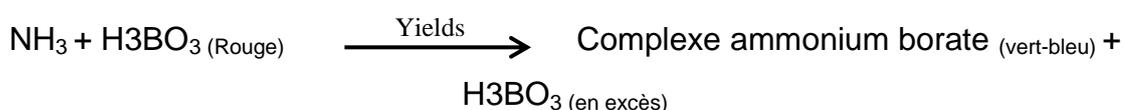
Les quantités de protéines ont été déterminées selon la méthode de Kjeldhal. La méthode consiste à transformer l'azote organique contenu dans l'échantillon en azote minéral (ammoniac), par minéralisation à 400°C des échantillons, suivi d'une distillation à la vapeur. Au cours de la minéralisation, les protéines et l'azote contenus dans l'échantillon se transforment en sulfate d'ammonium selon la formule suivante :



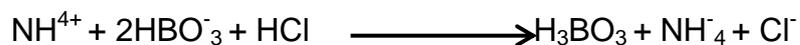
La distillation permet ensuite de former de l'ammoniac selon la réaction suivante :



Les vapeurs d'ammoniaque sont condensées au contact d'un réfrigérant et recueillies dans une solution contenant deux indicateurs colorés (rouge de méthyle et le bleu de bromothymol) et de l'acide borique.



Après distillation, l'ammoniac formé est dosé par titration selon un protocole colorimétrique (dosage acido-basique).



Mode opératoire :

III.1. Minéralisation :

Un gramme d'échantillon a été introduit dans un matras de 250 ml tout en évitant l'adhésion des particules à la paroi. Immédiatement après, environ 2 g de catalyseur (250 g de K_2SO_4 + 250 g de CaSO_4 + 5g Se) et 20 ml d'acide sulfurique pur ($d = 1,84$) ont été rajoutés. Les matras ont été portés sur un support d'attaque et chauffés à 400 °C dans un minéralisateur de type (DK 6) (**Figure 4**) pendant une heure jusqu'à décoloration du liquide et obtention d'une coloration verte stable. Après refroidissement, 200 ml d'eau distillée a été rajoutée peu à peu avec précaution.



Figure 4 : Le minéralisateur.

III.2. Distillation :

20 ml du contenu de matras a été transvasé dans l'appareil distillatoire de type UDK 126 (**Figure 5**).



Figure 5 : L'appareil distillatoire.

Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, nous avons introduit 20 ml de l'indicateur composé de :

- 20 g d'acide borique.
- 200 ml d'éthanol absolu.
- 10 ml d'indicateur.

L'indicateur contient :

- 1/4 de rouge de méthyle à 0,2 % dans de l'alcool à 95°.
- 3/4 de vert de bromocrésol à 0,1 % dans l'alcool à 95°.

50 ml de lessive de soude ($d = 1,33$) a été versée lentement dans le ballon de l'appareil distillatoire. L'appareil est mis en marche et l'attaque se fait ainsi jusqu'à l'obtention d'un volume de distillat de 100 ml.

III.3. Titration :

A l'aide de l'acide sulfurique N/20 ou N/50, nous avons titré jusqu'à la réobtention de la couleur initiale de l'indicateur (**Figure 5**).

$$1 \text{ ml H}_2\text{SO}_4 \text{ 1 N} \Rightarrow 0,014 \text{ g d'N}$$

$$1 \text{ ml H}_2\text{SO}_4 \text{ N/50} \Rightarrow 280 * 10^{-6} \text{ g d'N} = 280 * 10^{-6} = \delta$$

$$\mathbf{N \text{ (g)} = X * 280 * 10^{-6} * 100/Y * 250/A}$$

X : Descente de burette (en ml) (Volume).

Y : Poids de l'échantillon de départ.

A : Volume de la prise d'essai.

$$\mathbf{\text{Teneur en MAT (\% MS)} = N \text{ g} \times 6,25/\text{MS}}$$



Figure 5 : Titration.**IV. Détermination des matières grasses (M.S) :****Principe :**

Les matières grasses des aliments ne peuvent être obtenues en totalité par extraction directe au moyen d'un solvant. En revanche, des substances non lipidiques sont généralement extraites (chlorophylle). Cependant, il est admis que le résidu sec à 102 °C de température, obtenu dans l'appareil de Soxhlet avec un solvant approprié (le Benzine de pétrole ou l'Ether de pétrole) correspond aux " matières grasses " d'un aliment.

Mode opératoire :

- Un gramme de l'échantillon a été pesé puis mis dans une cartouche de Soxhlet. Le ballon de Soxhlet sec a été également pesé (ballon de 250 ml ou 500 ml rodé au goulot).
- La cartouche a été placée dans un extracteur Soxhlet. Le ballon est monté sur l'extracteur monté lui-même par une colonne réfrigérante. Un volume et demi de solvant (éther de pétrole) a été versé dans l'extracteur (**Figure 6**). L'extraction a duré entre 6 à 8 heures.

**Figure 6** : L'extraction des matières grasses dans l'appareil de Soxhlet.

- A la fin de l'extraction, le contenu du ballon est évaporé dans un Rotavapor puis placé dans une étuve à 102°C pendant 3 heures en position couchée. Après refroidissement du ballon dans un dessiccateur, le ballon est pesé.

$$\text{Teneur en MG (\% MS)} = ((A - B \cdot 100) / (C \times MS)) \cdot 100$$

A : Poids du ballon + les matières grasses extraites(g).

B : Poids du ballon vide (g).

C : Poids de l'échantillon initial(g).

V. Détermination de la cellulose brute (CB):

Principe :

La teneur en CB est déterminée par une méthode conventionnelle : la méthode de Weende. Les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenu après deux hydrolyses successives, l'une en milieu acide, l'autre en milieu alcalin. A la suite de ce traitement subsistent: une grande partie de la cellulose vraie, une partie de la lignine, des résidus d'hémicellulose ainsi qu'une petite quantité de matières minérales insolubles.

Mode opératoire :

- 1 g de l'échantillon a été introduit dans un ballon de 500 ml, muni d'un réfrigérant, rodé sur le goulot.
- Nous rajoutons 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5 g d'acide sulfurique pour 1000 ml.
- L'ensemble est porté à ébullition rapide pendant 30 mn exactement.
- Le ballon est agité régulièrement pendant l'hydrolyse.
- Le ballon est par la suite séparé du réfrigérant, son contenu est transvasé dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse en conservant la plus grande quantité possible du culot ou résidu dans le ballon.
- Une centrifugation et rinçage sont réalisés à chaque fois jusqu'à clarification totale du liquide et obtention d'un Ph neutre.
- Le surnageant est séparé du résidu en entraînant le moins possible du produit à chaque lavage.
- Le résidu est introduit dans le même ballon, en le détachant du tube à centrifuger avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1000 ml.

- Une ébullition durant 30 mn exactement comme dans la première hydrolyse ensuite un filtrage du résidu sur creuset (de porosité 1 ou 2) préalablement pesé sont réalisés.
- Le creuset plus le résidu sont placés à l'étuve réglée à 105 °C jusqu'à poids constant. Après refroidissement au dessiccateur, le résidu est pesé puis incinérer dans le four à " moufle " à 400 °C durant 5 h puis une deuxième pesée après un refroidissement au dessiccateur est effectuée.
- La différence de poids entre les deux pesées représente les matières cellulosiques : une grande partie de la cellulose vraie, une partie à la lignine, des résidus d'hémicellulose.

$$\text{Teneur en CB (\% MS)} = \frac{A - B}{C} \times 100 / \text{MS}$$

A : Poids du creuset + résidu après dessiccation.

B : Poids du creuset + résidu après incinération.

C : Poids de l'échantillon de départ.

MS : Teneur en matière sèche (%).

VI. Détermination des fractions de fibres :

Neutral et Acid Detergent Fiber :

Principe:

Méthode Van Soest et Wine. C'est une méthode gravimétrique basée sur la différence de solubilité des constituants dans 2 types de détergents:

- Un détergent neutre ou NDF (Neutral Detergent Fiber), à base d'EDTA. Il solubilise l'ensemble des constituants non pariétaux (protéines et pectines). Le résidu insoluble N contient les hémicelluloses, les lignines et la cellulose.
- Un détergent acide ou ADF (Acid Detergent Fiber) à base de CTAB et d'acide sulfurique dilué. Il solubilise l'ensemble des composés non pariétaux et les hémicelluloses. Le résidu insoluble A contient les lignines et la cellulose.

Neutral Detergent Fiber :**Réactifs :**

- 30 g de lauryl sulfate de sodium.
- 18,61 g d'EDTA.
- 4,56 g de Phosphate disodique.
- 6,81 g de Borate de sodium decahydrate.
- 10 ml d'éthyl-cellulose
- 1 litre d'eau déminéralisée.

Les réactions d'attaque de la matière par ces acides effectuées dans des creusets filtrants de porosité 2, prévus pour s'adapter sur un système Fibertec M2, équipé d'un dispositif de chauffage et de reflux. Il permet de faire l'ensemble des manipulations sans avoir à transvaser l'échantillon.

Protocole :

- 1g de matière finement broyée (**W0**) est introduite dans un fritté.
- 100 ml de réactif NDF est ajouté.
- L'ensemble est porté à ébullition pendant 1 heure.
- Puis la solution est filtrée.
- La matière est rincée abondamment à l'eau bouillante jusqu'à ce qu'il n'apparaisse plus de mousse.
- Un rinçage avec l'acétone deux fois.
- Séchage à 103°C pendant 6 heures minimum.
- Le creuset filtrant a été transféré dans un dessiccateur et pesé après 10 minutes de refroidissement (**W1**).

Acid Detergent Fiber :**Réactif :**

- 20 g de cétyl triméthyl ammonium bromure (CTAB) dans 1 litre d'acide sulfurique 1N.

Protocole :

- Le résidu NDF est dispersé avec de l'eau distillée.
- 100 ml de réactif ADF est ajoutée.
- L'ensemble est porté à ébullition pendant 1 heure.
- La solution est filtrée.
- La matière est rincer abondamment à l'eau bouillante jusqu'à ce qu'il n'apparaisse plus de mousse.
- Un rinçage avec l'acétone deux fois.
- Séchage à 103°C pendant 6 heures minimum.
- Le creuset filtrant est transféré dans un dessiccateur et pesé après 10 minutes de refroidissement (**W2**).

Acid Detergent Lignin :

Réactif :

Acide sulfurique 72%.

Protocole :

- La température ambiante doit être entre 20 à 22 °C.
- Les creusets sont mis dans des plats
- Remplis (3/4) avec l'acide sulfurique.
- Le mélange est laissé à température ambiante et agité régulièrement.
- 3 heures après addition initiale de l'acide sulfurique, filtrage et rinçage avec l'eau bouillante 6 fois sont effectués.
- Les creusets sont séchés dans une étuve chauffée à 103°C pendant 24 heures puis transférés dans un dissecteur. Ils sont laissés refroidir pendant 10 minutes puis pesés (**W3**).
- Les creusets avec leurs résidus sont incinérés à 550° pendant 3 heures puis transférés chauds dans une étuve chauffée à 103 °C durant 1 heure.
- Après un refroidissement dans un dissecteur, ils sont pesés (**W4**).

Les formules de calculs :

$$\text{NDF (\%)} = ((W1-W4)/W0) * 100$$

$$\text{ADF (\%)} = ((W2-W4)/W0) * 100$$

$$\text{ADL (\%)} = ((W3-W4)/W0) * 100$$

APPENDICE C

TECHNIQUE DE LA REALISATION DES COUPES HISTOLOGIQUES

1. Fixation :

Le principe de la fixation est de maintenir les constituants tissulaires et cellulaires le plus proches possibles de l'état vivant. Après prélèvements, les ovaires ont été fixés respectivement dans une solution de formol à 10%. Le volume de la solution est de 20 à 50 fois supérieur à celui du prélèvement afin de permettre une bonne pénétration du fixateur à l'intérieur du tissu et d'empêcher une putréfaction du tissu par autolyse et par altération microbienne. Les échantillons ont été fixés durant 3 à 5 jours [550].

2. Déshydratation et éclaircissement :

La déshydratation consiste à débarrasser le tissu de l'eau qu'il contient dans le but de préparer la pénétration de la paraffine non miscible à l'eau aux différentes structures de l'échantillon. Après fixation, les pièces sont lavées sous une eau courante pendant 03 heures puis déshydratées par un passage successif dans 6 bains d'alcool éthylique à concentrations croissantes :

- 02 bains à 70° pendant 1 heure pour chaque bain.
- 02 bains à 90° pendant 1 heure pour chaque bain.
- 02 bains à 100° pendant 1 heure pour chaque bain.

L'éclaircissement des pièces se fait dans 2 bains de toluène pendant 1 heure pour chacun, ce qui permettra l'élimination de l'alcool et la préparation à l'imprégnation à la paraffine.

3. Imprégnation et coulage des blocs de paraffine :

Les pièces placées dans un mélange 50% de toluène et 50% de paraffine fondue sont mises à l'étuve (56°C) une heure afin d'initier l'infiltration dans la paraffine. Les échantillons récupérés sont mis dans des cassettes numérotées puis plongés

dans 2 bains successifs de paraffine fondue, le premier bain pendant 1 heure et le second pendant 11 heures.

4. Réalisation des coupes :

Cette opération a été réalisée à l'aide d'un microtome de type Leica RM : 21-25 qui consiste à débiter en tranches fines de quelques microns (4-5 μ m) les fragments d'organes inclus dans la paraffine. Chaque ruban de coupe est étalé sur une lame enduite de deux gouttes de liquide d'étalement (0,2 % de gélatine) puis séché pendant 24 heures dans une étuve à 37°C. Les lames sont gardées dans des boîtes à l'abri de la poussière.

5. Coloration :

Le but de la coloration histologique est la différenciation optique qui consiste à faire ressortir des constituants déterminés de la préparation microscopique. La coloration effectuée est celle d'Hématoxyline-Eosine. Les différentes étapes de la coloration sont décrites ci-dessous :

- Avant la coloration, on procède au déparaffinage des coupes en plongeant les lames dans deux bains successifs de toluène pendant 1 minute pour chaque bain.
 - Réhydratation des coupes avec de l'alcool éthylique à concentrations décroissantes : 1 bain à 100°, 1 bain à 90°, 1 bain à 70° pendant 30 secondes pour chaque bain puis un bain à l'eau courante pendant 1 minute.
 - Coloration des coupes avec de l'hématinine pendant 46 secondes puis lavage à l'eau courante.
 - Coloration à l'éosine pendant 2 minutes.
 - Le montage des coupes entre lame et lamelle est fait selon la procédure suivante :
- Déshydrater à l'alcool éthylique à degré croissant : 70°, 90°, 100° pendant 30 secondes pour chaque bain.

- Eclaircir avec 2 bains de toluène pendant 1 minute chacun. Après le dernier bain de toluène, mettre deux gouttes de résine sur une lamelle et couvrir la préparation. Les lames étiquetées sont séchées dans l'étuve à 37°C pendant 24 heures jusqu'à solidification de la résine. La résine est un milieu de montage permanent, permettant l'observation précise des couleurs et des teintes, ainsi que la conservation des préparations.

6. Observation au microscope :

Les lames sont observées au microscope optique de type Motic BA200 avec une caméra intégré munie d'un logiciel d'analyse d'images (Motic Image plus 2.0).

APPENDICE D

ANALYSE DE LA COMPOSITION CORPORELLE

L'analyse de la composition corporelle des fœtus a été effectuée selon les méthodes décrites dans *le journal officiel de la république algérienne (2006)*.

- **Détermination de la teneur en eau :** Méthode thermogravimétrique.

La teneur en eau est le résultat de la différence entre la totalité de l'aliment et la teneur en solides totaux, ces derniers sont définis comme étant le résidu d'un aliment restant après élimination de l'eau.

Principe:

L'échantillon est séché dans une étuve à 103 ± 2 °C pendant 24h. La matière sèche restante est alors pesée et, par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est déterminée.

- **Détermination des cendres :**

Les cendres totales sont le résidu de composés minéraux qui reste après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique.

Principe:

L'incinération de l'échantillon, sans aucune adjonction, se fait au four à moufle, à 550 °C.

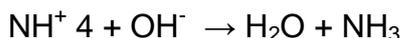
- **Détermination de la teneur en protéines totales:** La méthode Kjeldahl (N $\times 6,25$) :

Contrairement aux sucres et aux lipides, les protéines contiennent de l'azote. La teneur en protéines brutes de l'échantillon est calculée, sur la base de sa teneur en azote, à l'aide d'un facteur de conversion.

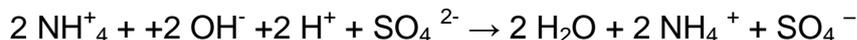
Principe :

Deux grammes de broyât ont été placés dans des tubes en verre puis minéralisés à 420 °C dans de l'acide sulfurique à 98% en présence d'un catalyseur, contenant du K₂SO₄, du CuSO₄.

- L'azote organique a été minéralisé en sulfate d'ammonium. Après refroidissement, l'ammoniac a été déplacé de son sel en milieu alcalin selon la réaction suivante :



- L'ammoniac a été ensuite distillé, recueilli dans une solution d'acide orthoborique et titré automatiquement en ajoutant de l'acide sulfurique selon la réaction chimique suivante :



La teneur en protéine, exprimée en pourcentage, a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{Teneur en azote (\%)} = \frac{V \times 0,5 \times 14 \times 100}{1000 \times \text{prise d'essai}}$$

$$\text{Teneur en protéines (\%)} = \text{Teneur en azote} \times 6,25$$

V : Volume d'acide sulfurique.

0,5 : Titre de l'acide sulfurique.

14 : Masse molaire de l'azote.

6,25 : Coefficient de conversion de l'azote en protéines.

- **Détermination de la teneur en matière grasse totale :**

Les lipides sont insolubles dans l'eau et très solubles dans les solvants organiques. Cette méthode de dosage des lipides exploite ces propriétés physiques pour extraire les lipides des aliments dans le but de mesurer leur concentration.

Principe :

Traitement de l'échantillon avec de l'acide chlorhydrique dilué bouillant pour libérer les fractions lipidiques incluses et liées. Filtration de la masse résultante et, après séchage, extraction par Soxhlet au moyen d'éther de pétrole de la matière grasse retenue sur le filtre. Détermination de la matière grasse par pesée après évaporation du solvant.

REFERENCES

- 1.FAO, "Situation de la production et des marchés avicoles et cunicoles bilan" , ITAVI, (2014), 49p.
- 2.CLIPP, "La filiere cunicole francaise a l'horizon 2025", Rapport final de la démarche prospective Septembre 2011, (2015), 120p.
- 3.Lebas, F., "Productivité et rentabilité des élevages cunicoles professionnels en 2006", Cuniculture magazine, V.34, (2007), 31-36.
- 4.Jentzer, A., "Performances moyennes des élevages cunicoles en 2007", Cuniculture magazine, V.35, (2008), 39 - 44.
- 05.Lebas, "Cuniculture, biologie du lapin", www.cuniculture.info (accès le 01/11/2016).
- 06.Deboussi, I., "La consommation de la viande de lapin en Tunisie est marginale", Groupement interprofessionnel des produits avicoles et cunicoles(GIPAC), (2014).
- 07.Barkok, A., "Quelques aspects de l'élevage du lapin au Maroc", Options méditerranéennes: Série A, n° 17, (1990), 19 - 22.
- 08.Jaouzi, T., Barkok, A., El Maharzi, L., Bouzekraoui, A., and Bouchaib, A., "Etude sur les systèmes de production cunicole au Maroc", V. 33, (2006), 99 - 110.
- 09.Colin, M., et Lebas, F., "Le lapin dans le monde", AFC éditeur Lempdes, 330 p.
- 10.Oseni, S.O., "Rabbit production in low-input systems in Africa: prospects, challenges and opportunities", 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh –Egypt, September 3 - 6, (2012), 719-731.
- 11.Zerrouki, N., Bolet, G., Berchiche, M., and Lebas, F., "Caractérisation d'une population locale de lapins en Algérie : Performances de reproduction des lapines", 9^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, 28-29 novembre, (2001), 163 - 166.
- 12.Zerrouki, N., Bolet, G., Berchiche, M., and Lebas, F., "Breeding performance of local Kabyle rabbits does in Algeria", 8th World Rabbit Congress, (2004), 371 - 377.

13. Moumen, S., Melizi M., and Zerrouki-Daoudi N., "Etude de la croissance, la qualité et du rendement en carcasse de lapins locaux de la région des Aurès, Algérie", *Livestock Research for Rural Development*, V.28, (2016), (10).
14. Gacem, M., et Lebas, F., "Rabbit husbandry in Algeria, Technical structure and evaluation of performances, 7th World Rabbit Congress, 4-7 July, (2000), 69 - 80.
15. Belhadi, S., "Characterization of local rabbit performance", 8th World Rabbit Congress, Puebla (Mexico), September, (2004), 218 - 223.
16. Berchiche, M., Zerrouki, N., and Lebas, F., "Reproduction performances of local Algerian does raised in rational conditions", 7th World Rabbit Congress, Valencia, 4-7 July, (2000), *World Rabbit Science*, V.8 (supp. 1) B43 - 49.
17. Zerrouki, N., Bolet G., Berchiche, M., and Lebas, F., "Evaluation of breeding performance of local Algerian rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia)", *World Rabbit Science*, V.13, (2005), 29 - 37.
18. 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^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 Novembre, Paris, (2005), 11 - 14.
19. Moulla, F., et Yakhlef, H., "Evaluation des performances de reproduction d'une population locale de lapins en Algérie", 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre, Le Mans, France, (2007), 45 - 48.
20. Youssef, Y.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", *Proceedings of 9th World Rabbit Congress*, Verona, Italy, 10-13 June, (2008), 1637 - 1642.
21. Brun, J.M. et Baselga, M., "Analysis of reproductive performances during the formation of a rabbit synthetic strain", *Proceedings of 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 7-10 September, (2004), 32 - 37.
22. Gacem, M., Zerrouki, N., Lebas, F., and Bolet, G., "Comparaison des performances de reproduction d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie", 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (17-18 Novembre) (2009), Le Mans, France.

- 23.** Bidanel, J.P., "Comment exploiter la variabilité génétique entre races : du croisement simple à la souche synthétique", INRA Prod. Anim., hors-série "Éléments de génétique quantitative et application aux populations animales", (1992), 249 - 254.
- 24.** Gacem, M., et Bolet, G., "Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne", 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, (29-30 Novembre), (2005), 15-18.
- 25.** 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 Science, V.22, (2014), 269 - 278.
- 26.** 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.
- 27.** Peiró, R., Gallego, M., Blasco, A., and Santacreu, M.A., "The effect of unilateral ovariectomy on early embryonic survival and embryo development in rabbits", World Rabbit Science, V.22, (2014), 123 - 127.
- 28.** Santacreu, M.A., Mocé M.L., Climent, A., and Blasco, A., "Divergent selection for uterine capacity in rabbits. II. Correlated response on litter size and its components estimated with a cryopreserved control population", Journal of Animal Science, V.83, (2005), 2303 - 2307.
- 29.** Christenson, R.K., Leymaster, K.A., and Young, L.D., "Justification of unilateral hysterectomy-ovariectomy as a model to evaluate uterine capacity in swine", Journal of Animal Science, V.65, (1987), 738.
- 30.** Armero, E., Baselga M., and Cire, J., "Selecting litter size in rabbits: Analysis of different strategies", World Rabbit Science, V.3, n°4, (1995), 179 - 186.
- 31.** Blasco, A., Gogué, J., and Bidanel, P., "Relationships between ovulation rate, prenatal survival and litter size in French Large White pigs", Animal Science, V.63: (1996), 143 - 148.
- 32.** Alvarino, M.R., et Ubilla, E., "Female reproduction physiology. In: Alvarino M.R., 1993. The control of the reproduction in the rabbit", Edition Mundi-Prensa, Madrid, (1993), 33 - 50.
- 33.** Bidanel P.J., "Nouvelles perspectives d'amélioration génétique de la prolificité des races". INRA. Production Animale, V.11, (1998), 219 - 221.

34. Mattaraia, V.G.M., Bianospino, E., Fernandes, S., Vasconcellos, J.L.M., Moura, A.S.A., "Reproductive responses of rabbit do to a supplemental lighting program", *Livestock Production Science*, V.94, (2005), 179 - 187.
35. Remas, K., "Caractéristiques zootechniques et hormones sexuelles chez les populations locales du lapin domestique *Oryctolagus Cuniculus*", Thèse de Magister, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, (2001), 89p.
36. Saidj, D., "Performances de reproduction et paramètres génétiques d'une lignée maternelle d'une population de lapin local sélectionné en G0", Mémoire de Magister en médecine vétérinaire, Option : Zootechnie, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire, (2006), 106p.
37. 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", 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, Egypt, (September 3 - 6), (2012), 425 - 429.
38. Fellous, N., Bereksi-Reguig, K., and 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, n°3, (2012).
39. Berchiche, M., et Zerrouki, N., "Reproduction de femelles de population locale: Essai d'évaluation de quelques paramètres en élevage rationnel", 3^{èmes} Journées de Recherches sur les Productions Animales : « Conduite et performance de l'élevage » Tizi- Ouzou. (13-15 Novembre 2000), 285 - 291.
40. Djellal, F., Mouhous, A., and Kadi, S.A., "Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie", *Livestock Research for Rural Development*, V.18, n°7, (2006).
41. Poujardieu, B., et Theau-Clément, M., "Productivité de la lapine et état physiologique". *Annales de Zootechnie*, V.44 (1995), 29 - 39.
42. Daoud-Zerrouki, N., "Caractérisation d'une population locale de lapins en Algérie : évaluation des performances de reproduction des lapines en élevage rationnel", Thèse Doctorat, université de Tizi-Ouzou (Algérie), (2006), 131 p.
43. Zerrouki, N., Hannachi, R., Lebas, F., and Saoudi, A., "Productivité des lapines d'une souche blanche de la région de Tizi-Ouzou en Algérie", 12^{èmes}

Journées de la Recherche Cunicole, (27 - 28 Novembre), Le Mans, France, (2007), 141 - 144

44. Chibah-Ait Bouziad, K., et 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, n°11, 2015.
45. Afifi, E.A., "The Gabali rabbits (Egypt)", In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries*, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 51 - 64.
46. Bouzekraoui A., "The Tadla rabbits (Morocco). In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries*, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, N° 38, (2002), 165 - 174.
47. Barkok, A., et Jaouzi, T., "The Zemmouri rabbits (Morocco)". In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries*, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 175 - 185.
48. 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.
49. Khalil, M.H., "The Giza White rabbits (Egypt)". "In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries*", Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n°38, (2002), 23 - 36.
50. Hajj, E., Boutrous, C., and Doumet W., "Suivi technique des paramètres zootechniques dans un élevage cunicole au Liban", *World Rabbit Science*, V.6 n°2, (2000), 263 - 267.
51. Akpo, Y., Kpodekon, 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", 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (10-13 June), (2008), 29 - 34.
52. Bolet, G., "Fauve de Bourgogne (France)", In *rabbit genetic resources in Mediterranean countries*, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002) 85-92.
53. Lopez, M., et 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.

- 54.**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.
- 55.**Bolet, G., “Strain INRA 2066 (France)”, In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 109 - 116.
- 56.**Verdelhan, S., Bourdillon, A., David, J.J., Hurtaud, J., Ledan, L., Renouf, B., Roulleau, X., and Salaun, J.M., “Comparaison de deux programmes alimentaires pour la préparation des futures reproductrices”, 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (29-30 novembre 2005), Paris, (2005), 119 - 122.
- 57.**Matics, ZS., Szendrő, ZS., Radnai, I., Kasza, R., and Gerencsér, ZS., “Effect of light intensities on reproductive performance, nursing behavior and preference of rabbit does”, World Rabbit Science, V.24, (2016), 139 - 144.
- 58.**Lazzaroni, C., Andrione, A., Luzi, F., and Zecchini, M., “Performances de reproduction du lapin Gris de Carmagnola : influence de la saison et de l’âge des lapereaux au sevrage”, 8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, (1999), 151 - 154.
- 59.**Bolet, G., “Argente de Champagne (France)”, In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 93 - 100.
- 60.**Bolet, G., “Flemish Giant (France)”, In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 101 - 107.
- 61.**Maertens, L., et De Groote, G., “The influence of the dietary energy content on the performances of post-partum breeding does”, Proceedings of the 4th World Rabbit Congress, n°3, (1998), 1 - 29.
- 62.**Ben Hamouda, M., et Kennou, S., “Croisement de lapins locaux avec la souche Hyla: résultats des performances de reproduction et de croissance en première génération”, Options Méditerranéenne. Série séminaires, n°8, (1990), 103 - 108.
- 63.**Rashwan, A.A., et Maria, I.F.M., “Mortality in young rabbits: A review”, World Rabbit Science, V.8, n°3, (2000), 111 - 124.

- 64.** Berchiche, M., et Kadi, S.A., "The Kabyle rabbits (Algeria). In rabbit genetic resources in Mediterranean countries", Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 11 - 20.
- 65.** Bolet, G., Brun, J.M., Lechevestrier, S., Lopez, M., and Boucher S., "Evaluation of the reproductive performance of eight rabbits breeds on experimental farms", Animal Research, V.53, (2004), 59 - 65.
- 66.** Gomez, E.A., Rafel, O., and Ramon, J., "The Caldes Strain (Spain), In rabbit genetic resources in Mediterranean countries", Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 193 - 198.
- 67.** Gomez, E.A., Rafel, O., and Ramon, J., "The Prat Strain (Spain), In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 199 - 208.
- 68.** Baselga, M., "Line A (Spain)", In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 221 - 230.
- 69.** Baselga, M., "Line V (Spain)", In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, Options Méditerranéennes, série B, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 231 - 241.
- 70.** Khalil, M.H., Owen, J.B., and Afifi, E.A., "A review of phenotypic and genetic parameters associated with meat production traits in rabbits", Animal Breeding Abstract, V.54, (1986), 725 - 749.
- 71.** Zimmerman, D.R., et Cunningham, P.J., "Selection for ovulation rate in swine: Population, procedures and ovulation response", Journal of Animal Science, V.40, (1975), 61 - 69.
- 72.** Baselga, M., Gómez, E., Cifre, P., and Camacho, J., "Genetic diversity of litter size traits between parities in rabbits", Journal of Applied Rabbit Research. V.15, (1992), 198-205.
- 73.** Krogmeier, D., Dzapo, V., and Mao, I.L., "Additive genetic and maternal effects on litter traits in rabbits", Journal of Animal Breeding and Genetics, V.111, (1994), 420 - 431.
- 74.** Gómez, E.A., Rafel, O., Ramon, 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.

- 75.** 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.
- 76.** Pérez-Enciso, M., and Bidanel, J.P., "Selection for litter size components: A critical review", *Genetics Selection Evolution*, V. 29, (1997), 483 - 496.
- 77.** Theau-Clément, M., et Roustan, A., "A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performance", 5th World Rabbit Congress, Corvallis, USA, (1992), 55 - 62.
- 78.** Lukefahr, S., Hohenboken, W.D., Cheeke, P.R., and Patton, N.M., "Characterization of straightbred and crossbred rabbits for milk production and associative traits", *Journal of Animal Science*, V.57, (1983), 1100 - 1107.
- 79.** 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.
- 80.** Vicente, J.S., et Garcia-Ximénez, F., "Growth limitations of suckling rabbits. Proposal of a method to evaluate the numerical performance of rabbit does until weaning", *Journal Applied Rabbit Research*, V.15, (1992), 848 - 855.
- 81.** Bolet, G., Esparbié, J., and 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.
- 82.** Farghaly, H.M., "Analysis of incidence of pre and post mature gestations in rabbit populations". *Proceeding of 6th World Rabbit Congress*, Toulouse, V.2, (1996), 273 - 277.
- 83.** Hamilton, H.H., Lukefahr, S.D., and McNitt, J.I., "Maternal nest quality and its influence on litter survival and weaning performance in commercial rabbits", *Journal of Animal Science*, V.75, (1997), 926 - 933.
- 84.** Eiben, Cs., Kustos, K., Kenessey, A., Terenyi, E., Virag, G., and Szendro, Zs., "Effect of different feed restrictions during rearing on the does performance (Preliminary results)", *Proceeding of 10th Nyúltenyésztési Tudományos Nap*, Kaposvár, (1998), 63 - 69.
- 85.** Xie, S., Broermann, D.M., Nephew, K.P., Geisert, R.D., and Pope, W.F., "Ovulation and early embryogenesis in swine", *Biology of Reproduction*, V.43, (1990), 236 - 240.

- 86.**Castellini, C., Dal Bosco, A., and Cardinali, R., “Long term effect of post-weaning rhythm on the body fat and performance of rabbit doe”, *Reproduction NutritionDevelopment*, V. 46, (1998), 195 - 204.
- 87.**Van D., Broeck L., Lampo, Ph., “Der Einflub einiger nicht genetischer Faktoren auf die Zuchresultate des Kaninchens”, *Arch. Geflügelk*, V.39, (1975), 84 - 90.
- 88.**Roustan, A., “Première analyse des résultats de mortalité des lapereaux avant sevrage dans les élevages pratiquant le contrôle de performance sur la productivité numérique des lapines”, *Cuniculture*, supplément. V.31, (1980), 3 - 13.
- 89.**Hulot, F., et Matheron, G., “Effets 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, n°2, (1981), 131 - 150.
- 90.**Szendro, Z., “The nutritional status of fetuses and suckling rabbits and its effects on their subsequent productivity: A review”, *7th World Rabbit Congress*, Valencia, Spain, V.B, (2000), 375 - 393.
- 91.**Apori, S.O., Hagan, J.K., and Osei, Y.D., “Growth and reproductive performance of two rabbit breeds reared under intensive system in Ghana”, *Tropical Anim Health Production*, V.47, (2015), 221 - 225.
- 92.**Theau-Clément, M., Weissman, D., Davoust, C., Galliot, P., Souchet, C., Bignon, L., and Fortun-Lamothe, L., “Productivity and body composition of rabbit does subjected to three breeding systems”, *10th World Rabbit Congress*, (September 3 - 6), Sharm El- Sheik, Egypt, (2012), 401 - 405.
- 93.**Afifi, E.A., Khalil, M.H., and Emara, M.E., “Effect on maternal performance and litter pre-weaning traits in doe rabbits”, *Journal of Animal and. Breeding Genetics*, V.106, (1989), 358 - 362.
- 94.**Hassan, N.S., El-Tawil, E.A., Shahin, A., and Hatem Mgad, A., “Performance of New-Zealand White does as affected by different environmental factors,Rabbit production in hot climates”, *OptionsMéditerranéennes*, V.8, (1994), 271 - 278.
- 95.**Rabia, R., et Yacini, H., *Etude de quelques facteurs de variation des performances chez le lapin*, Mémoire d’ingénieur, Université de Tizi-Ouzou, (1999), 67p.

- 96.**Perrier, G., Theau-Clément, M., Poujardieu, B., Delhomme, G., “Essai de conservation de la semence de lapin pendant 72 heures”, 7^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (13-14 Mai), Lyon, France, (1998), 237 - 240.
- 97.**Lebas, F., Coudert P., Rochambeau, H., and Thibault, R., “Le lapin: élevage et pathologie”, Collection FAO: Production et santé animales, n°19, FAO, Rome, (1996), 40 - 120.
- 98.**Argente, M.J., Sanchez, M.J., Santacreu, M.A., and Blasco, A., “Genetic parameter of birth weight and weaning weight in ovariectomized and intact rabbit does”, 6th World Rabbit Congress, Toulouse, V.2, (1996), 237 - 240.
- 99.**Rafel, O., Tran, G., Utrillas, M., Ramon, J., Perucho, O., Ducrocq, V., and Bosch, A., “Sélection pour un objectif global (poids de portée à 60 jours) en générations chevauchantes dans une lignée blanche synthétique de lapins. Etude de la variabilité non génétique de la taille et poids de la portée à différents stades”. Options Méditerranéennes. Série Séminaires, n° 8, (1990), 75 - 82.
- 100.**Brun, JM., et Ouhayoun, J., “Qualités bouchères de lapereaux issus d'un croisement dialléle de 3 souches: interaction du type génétique et de la taille de de portée d'origine”, Annals de Zootechnie, V.43, (1994), 173 - 183
- 101.**Ouyed, A., Lebas, F., Lefrancois, 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”, 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, (27-28 Novembre), (2007), 145 - 148.
- 102.**Varga, G.Y., Szendro, S.Z., and Holdas, S., “Relationship between the number of mammary glands and the production of female rabbits”, 3th World Rabbit Congress, Rome, (4-8 April), V.2, (1984), 141-148.
- 103.**Zerrouki, N., Hannachi, R., Lebas, F., and Berchiche, M., “Productivity of rabbit does of White population in Algeria”. 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 29 - 34.
- 104.**Theau-Clément, M., et Poujardieu, B., “Influence du mode de reproduction, de la réceptivité et du stade physiologique sur les composantes de la taille de portée des lapines”, 6^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (6-7 Décembre), La Rochelle, France, V.1, (1994), 187 - 194.

- 105.**Fortun-Lamothe, L., et Bolet, G., “Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine”. INRA. Production Animale, V.8, n°1, (1995), 49 - 56.
- 106.**Bolet, G., “Problèmes liés à l’accroissement de la productivité chez la lapine reproductrice”, INRA, Production Animale, V.11, (1998), 235 - 238.
- 107.**Fortun, 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.
- 108.**Rebollar, P.G., Perez-Cabal, M.A., Pereda, N., Lorenzo, P.L., Arias-Alvares, M., Garcia and Rebollar, P., “Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems”, Livestock Science, V.121, (2009), 227 - 233.
- 109.**Parigi-Bini, R., Xiccato, G., and Cinetto M., “Repartition de l’énergie alimentaire chez la lapine non gestante pendant la première lactation”, 5^{ème} Journrnée de Recherche Cunicole, France, Paris, Communication n°47, (1990).
- 110.**Castellini, G., “Gestione della riproduzione nelle fattri cunicole”, Riv. Di Conigcoltura, V.32, n°10, (1995), 21 - 27.
- 111.**Argente, M.J., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco, A., “Effect of intra uterine crowding on available uterine space per fetus in rabbits”, Livestock Science, V.114, (2008), 211 - 219.
- 112.**Fortun, L., et 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.
- 113.**Parigi-Bini, R., Xiccato G., and Cinetto M., “Energy and protein retention and partition in rabbit does during the first pregnancy”, Cuni-science, V.6, n°1, (1990), 19.
- 114.**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, V.7, n°4, (1999), 191 - 196.
- 115.**Theau-Clément, M., Poujardieu, B., and Bellereaud, J., “Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et état physiologiques sur la

productivité des lapines multipares”, 5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (12 - 13 Décembre), Paris (France), (1990).

- 116.**Hulot, F., and Mariana, J.C., Effet du génotype, de l'âge et de la saison sur les folliculespréovulatoires de la lapine 8 heures après la saillie, *Reproduction Nutrition Développement.*, V.25, V.1A, (1985), 17 - 32.
- 117.**Cervera, C., Fernandez-Carmona, J., Viudes de Castro, P., and Blas, E., “Effect of remating interval and diet on the performance of female rabbits and their litter”, *Animal Production*, V.56, (1993), 399 - 405.
- 118.**Fortun-Lamothe, L., et Prunier, A., “Effects of lactation, energetic deficit and remating interval on reproductive performance of primiparous rabbit does”, *Anim. Rep. Sci.* V.55, (1999), 289 - 298.
- 119.**Prud'hon, M., Rouvier, R., Cael, J., and 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, (1969), 317 - 329.
- 120.**Selme, M., et Prud'hon, M., “Comparaison au cours de différentes saisons, des taux d'ovulation, d'implantations et de de survie embryonnaire chez les lapines allaitantes saillies à l'œstrus postpartum et chez les lapines témoins”, *Journées de Recherche Avicole et Cunicole*, Paris, (Décembre), Publication ITAVI, (1973), 55 - 58.
- 121.**Surpeau, P., Ptheron, G., and Perrier, G., “Etude comparée de deux rythmes de reproduction chez le lapin de chair”, *Proceeding du Congrès Mondial Cunicole*. Barcelone,(1980), Tome 1.
- 122.**Szendrő, Zs., Gerencsér, Zs., Matics, Zs., Biró-Németh, E., and Nagy,I., “Comparison of two reproductive rhythms of rabbit does”, In: Xiccato, G., Trocino, A., Lukefahr, S.D. (Eds.), *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*,(June 10-13), Verona, Italy, (2008), 128.
- 123.**Rebollar, P.G., Alvarino, J.M.R., and Ubilla, E., “Grouping of rabbit reproduction management by means of artificial insemination”. *World Rabbit Science*, V.2, (1994), 87 - 91.
- 124.**Feugier, A., et Fortun-Lamothe L., “Extensive reproductive rhythm and early weaning improve body condition and fertility of rabbit does”, *Animal Research*, V.55,(2006), 459 - 470.

- 125.** Holdas, S., Suschka, A., and Szendro, ZS., "Increase of productivity by kindling frequency in domestic rabbit", Communication, n°76, 1^{er} Congrès international Cunicole. Dijon, (Avril), (1976), Publication ASFC.
- 126.** Colin, M., Rouillere, H., and Simonet, J., "Etude d'une unité grand-parentaux dans un élevage de lapins hybrides : premiers résultats", Procceeding du 2^{ème} Congrès Mondial Cunicole-Barcelone, (1980), Tome 1, 274 - 283.
- 127.** Marai, I.F.M., Abd El-Samee, A.M., El-Gafarry, M.N., "Criteria of response and adaptation to high temperature for reproductive and growth traits in rabbits", Option Méditerranéenne, V.A17, (1991), 127 - 134.
- 128.** Bhatt, R.S., Sharma, S.R., Singh, U., Kumar, D., and Bhasin, V., "Effect of different season on the performance of grey giant rabbits under sub-temperate Himalayan conditions", Asian Australian Journal of Animal Sciences, V.15, (2002), 812 - 820.
- 129.** Kumar, D., Singh U., Bhatt, R.S., and Risam, K.S., "Reproductive efficiency of fiale German Angora rabbits under Indian sub-temperate climatic conditions", World Rabbit Science, V.13, (2005), 113 - 122.
- 130.** Habeeb, A.A.M., Aboul-Naga, A.I., and Khadr, A.F., "Deterioration effect of summer hot climate on bunnies of acclimatized during suckling period", In: Proceedings of 1st International Conference on Indigenous Versus Acclimatized Rabbits, El-Arish, North Sinai, Egypt, (1999), p. 253 - 263.
- 131.** Patial, K.K., Manja, N.K., Gupta, K., and Sanjeet, K., "The effects of season on litter size of rabbits in Himachal Pradesh (India)", Journalod Applied Rabbit Research, V.14, (1991), 257 - 259.
- 132.** Farghaly, H.M., et El-Darawany, A.A., "Genetic non genetic factors affecting reproductive performance in exotic rabbit breeds under Egyptian conditions". Option Méditerranéenne. V.8, (1994), 253 - 261.
- 133.** Marai, I.F.M., Ayyat, M.S., Gabr, H.A., and Abd El-Monem, U.M., "Effect of summer heat stress and its amelioration on productive traits in rabbits under Egyptian conditions", in: Proceedings of 6th World Rabbits Congress, Toulouse, France, 2, (1996), 197 - 208.
- 134.** Zapletal, D., et Barabasz, B., "Influence of season and mating on reproductive indices of Rex rabbits", Roczniki Naukowe Zootechniki, V.22, (2005), 485 - 488.

- 135.**Tuma, J., Tumova, E., and Valasek, V., "The effect of season and parity order on fertility of rabbit does and kit growth", *Czech Journal Animal Science*, V.55, n°8, (2010), 330 - 336.
- 136.**Ayyat, M.S., et Marai, I.F.M., "Evaluation of application of intensive rabbit production system under the subtropical conditions of Egypt", *World Rabbit Science*, V.6, (1998), 213 - 217.
- 137.**Poigner, J., Szendro, 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", *7thWorld Rabbit Congress*, Valencia, Spain, (2000), 231 - 237.
- 138.**Cheriet, S., "Etude comparative de lapins d'une souche sélectionnée sur la vitesse de croissance et lapins provenant d'élevages traditionnels. Effets des équilibres alimentaires sur les performances productives". Thèse de Doct. Ingén. Inst. Polytech.de Toulouse, Science Technologie. Production Animale, (1983).
- 139.**Torres, C., Baselga, M., and Gomez, E., "Effect of weight gain selection on gross feed efficiency in rabbits". *Journal of Applied Rabbit*, V.15, (1992), 885 - 888.
- 140.**Khalil, M.H., Owen, J.R., Afifi, E.A., "A genetic analysis of litter traits in Bauscat and Giza White Rabbits", *Animal Production*, V.45, (1987), 123 - 134.
- 141.**Marai, I.F.M., Ayyat, M.S., and Abd El-Monem, U.M., "Growth performance and reproductive traits at first parity of New-Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its Unialleviation under Egyptian conditions", *Journal of Tropical Animal Health and Production*, V.33, (2001), 1-12.
- 142.**Daader, A.H., Gabr, H.A., and Seleem, T.S.T., "Productive and reproductive performance of New Zealand white and Californian rabbit bucks as affected by supplementing natural clay to the diet, during summer and winter seasons", In: *Proceedings of 7th Conference on Animal Nutrition (Ruminants, Poultry and Fishes)*, El-Arish, North-Sinai, Egypt, (1999), p 551-564.
- 143.**Daader, A.H., Gabr, H.A., and Seleem, T.S.T., "Productive reproductive performance of New Zealand White and Californian rabbit bucks as affected by supplementing vitamin A to diet, during summer and winter

- seasons”, In: Proceedings of 7th Conference on Animal Nutrition (Ruminants, Poultry and Fishes), El-Arish, North-Sinai, Egypt, (1999a), p551-564.
- 144.** Lebas, F., Coudert P., Rouvier, R., and Rochambeau, H., “The Rabbit”, Husbandry, Health and Production. FAO, Animal Production and Health Series (1986).
- 145.** Lebas, F., Marionnet, D., and Hennaf, P., “La production du lapin”, Technologie et documentation, LAVOISIER (3^{èmes} édition), (1991), 260p.
- 146.** Kamawanja, L.A., et Hauser, E.R., “The influence of photoperiod on the onset puberty in the female rabbit”, Journal of Animal Science, V.56, n°6, (1983), 1370 - 1375.
- 147.** Brecchia, G., Bananno, A., Galeatic, G., Dallaglio, C., Di Grigoli, A., Parrillof, A., and Boiti, C., “Effects of short and long term fasting on the ovarian axis and reproductive performance of rabbit does”, 8th World Rabbit Congress. Puebla (Mexico), (September), (2004), 231 - 237.
- 148.** Fortun-Lamothe, L., and Lebas, F., “Effects of dietary energy level and source on fetal development and energy balance in concurrently pregnant and lactating primiparous rabbit does”, Animal Science, V.62, (1996), 615 - 620.
- 149.** 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 la lapines”, Reproduction Nutrition Development, V.31, (1991), 525 - 534.
- 150.** Lebas, F., “Small rabbit production, feeding and management system”. World Animal Rev, V.46, (1993), 11 - 17.
- 151.** Effiong, O.O., and Wogar, G.S., “Litter performance traits of rabbits under mixed feeding regime”, 32nd Annual Conference of the Nigerian Society of Animal Production, Calabar, (March 18 - 21), (2007), 155 - 158.
- 152.** Iheukwumere, F.C., “Effect of Mixed Feeding Regime on Litter Performance Traits of Rabbit Does”, Pakistan Journal of Nutrition, V.7, n°4, (2008), 594-596.
- 153.** Lopèz-Cedillo, Z.B., Rosales-Torres, A.M., Mendoza, G.D., Heuze, Y., Avila-Espitia, A.E., and Guzmàn, A., “Short-term methionine supplementation during the early post-partum period in primiparous rabbits improves

- proliferacy associated with an increase in serum concentrations of IGF-I”,
Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, V.12619, (2016), 1 - 10.
- 154.**Gado, H.M., Kholif, A.E., Salem, A.Z.M., Elghandour, M.M.M., Oluwarotimi, O.A., Martinez, M.A. and Al-Momani, A.Q., “Fertility, mortality, milk output, and body thermoregulation of growing Hy-Plus rabbits fed on diets supplemented with multi-enzymes preparation”, Tropical Animal Health Production, V.48, (2016), 1375 - 1380.
- 155.**Berchiche, M., Kadi, S.A., and Lounaouci, G., “Elevage rationnel du lapin de population locale : Alimentation, croissance et rendement à l’abattage”, 3^{èmes} Journées de Recherche sur les Productions Animales : « Conduite et performance de l’élevage » Tizi-Ouzou. (13, (14, 15 Novembre), (2000a), 293 - 298.
- 156.**Rao, D.R., Sunki, G.R., Johnson, W.M., and Chen, C.P., “Postnatal growth of New Zealand White rabbit”, Journal of Animal Science, V.44, (1977), 1021-1026.
- 157.**Maertens, L., et Luzi, F., 1995. “Note concerning the effect of PMSG stimulation on the mortality rate at birth and the distribution of litter size in artificially inseminated does”, World Rabbit Science, V.3, (1995), 57 - 61.
- 158.**Szendro, ZS., “Examination of production of rabbit in point view of improvement”. Ph.D. Thesis, Godollo (1986).
- 159.**Szendro, Z.S., et Maertens, L., “Maternal effect during pregnancy and lactation in rabbits”, Acta Agraria Kaposvariensis V.5, n° 2, (2001), 1 - 21.
- 160.**Perrier, G., Jouanno M., and Drouet, J. P., “Influence de l’homogénéité et de la taille de portée sur la croissance et la viabilité des lapereaux de faible poids à la naissance”, 10^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (19 - 20 novembre), (2003), Paris.
- 161.**Lebas, F., “Capítulo I Biología”. In: Enfermedades del Conejo. Tomo I, Generalidades (Edit Rosell, J.M.) Mundi Prensa Ed. Madrid, (2000), 55 - 126.
- 162.**Mohamed, M.M.A., et Szendro, Zs., “Studies on nursing and milk production of does and milk intake and suckling behaviour of their kits”, Proceeding of 5th World Rabbit Congress, Oregon, (1999), 708 - 716.

- 163.**Lebas, F., "Influence de la taille de portée et de la production laitière sur la quantité d'aliment ingérée par la lapine allaitante", *Reproduction Nutrition Développement*, V.27, (1987), 207 - 208.
- 164.**Lebas, F., "Le lapin de chair: ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique". ITAVI, Paris (1975).
- 165.**Ferguson, F.A., Lukefahr, S.D., and McNitt, J.I., "Prewaning variables influence on market traits in rabbits", *Journal of Animal Science*, V.75, (1997), 611 - 621.
- 166.**Széndro, Zs., "Examination of effects of some factors on the production of does". DSc Thesis, Budapest (1993).
- 167.**Khalil, MH., "Lactational performance of Giza White rabbits and its relation with pre-weaning litter traits", *Animal Production*, V.59, (1993), 141 - 145.
- 168.**Abo Elezz, Z., Hassan, A., and Samak, M., "Effect of litter size and mating cycles on lactation in rabbits". *Alexandria Journal of Agricultural Research*, V.29, (1981), 75 - 82.
- 169.**McNitt, J.I., et Lukefahr, S.D., "Effects of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbits", *Journal of Animal Science*, V.68, (1990), 1505 - 1512.
- 170.**Zerrouki, N., Lebas, F., Berchiche, and M., Bolet, G., "Evaluation of milk production of an algerian local rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia)", *World Rabbit Science*, V.13, (2005), 39 – 47.
- 171.**Torres, S., Fraga, M.J., De and Blas, J.C., "Production de lache y mortalidad de los gazapos en la raza neozelandesa", *Ann. Inst. Nac. Invest. Agr*, V.10, (1979), 25 - 30.
- 172.**Estany, J., Camacho, J., Baselga, M., and Blasco, A., "Selection response of growth rate in rabbits for meat production", *Genetics Selection Evolution*, V.24, (1992), 527 - 537.
- 173.**Brun, J.M., Bolet, G., and Ouhayoun, J. "The effects of crossbreeding and selection on productive and reproductive traits in a triallexperiment between three strains of rabbits", *J. Appl. Rabbit Res.* V.15, (1992), 181-189.
- 174.**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, (4 - 8 octobre), V.6, (1982), 499 - 5122.

- 175.**Rochambeau, H., "Genetic of the rabbit for whole and meat production", (1984 - 1987), 4th World Rabbit Congress, V.2, (1988), 1 - 68.
- 176.**Zimmermann, E., Jaitner, J., and Dempfle, L., "Relation between litter size (number weaned) and later body weight gain in the New Zealand White rabbit", Proceeding 4th World Rabbit Congress, Budapest, V.1, (1988), 209 - 214.
- 177.**Brun, J.M., "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", Génétique Sélection Evolution, V25, (1993), 459 - 474.
- 178.**Brun, J.M., Bolet, G., and Ouhayoun J., "The effects of crossbreeding and selection on productive and reproductive traits in a triallel experiment between three strains of rabbits", Journal of Applied Rabbit Research, V.15, (1992), 181 - 189.
- 179.**Polastre, R., Moura, A.S.T., and Carmel, M.J.V., "Estudo de efeitos genéticos sireto e materno em características de produção de coelhos selecta", Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia, V.21, (1992), 855-865.
- 180.**McNitt, J.I., et Lukefahr, S.D., "Breed and environmental effects on postweaning growth of rabbits. Journal of Animal Science, V.71, (1996), 1996 - 2005.
- 181.**Santacreu, M.A., Gou, P., and Blasco, A., "Relationships between ovulation rate, embryo survival and litter size in rabbits", Animale Production, V.55, (1992), 271 - 276.
- 182.**Blasco, A., Baselga, M., and Garcia, F., "Análisis fenotípico de caracteres productivos en el conejo para carne". Arch. Zootech, V.32, (1983), 111 - 130.
- 183.**Széndro, ZS., "Examination of live weight and weight gain of growing rabbits in point of view of breeding". Allattenyésztés és Takarmányozás, V.33, (1984), 355 - 359.
- 184.**Santacreu, M. A., Climent, A., Gallego, M., Fayos, L., and Blasco A., "Fertilization rate and early embryo development in two rabbit lines

selected on uterine capacity”, 6th World Rabbit Congress, V.A, Toulouse, France, (1996), 355 - 357.

- 185.**Parigi Bini, R., Xiccato, G., and Cinetto, M., “Influenza del-l’intervallo parto-accoppiamento sulle prestazioni riproduttive delle coniglie fattrici”. Riv. Coniglicoltura V. 26, n°7, (1989), 51 - 57.
- 186.**Pascual, J.J., Cervera, C., Blas, E., and Fernandez-Carmona,J., “Effect of high fat diets on the performance and food intake of primiparous and multiparous rabbit does”, Animal Science,V.66, (1998), 491 - 499.
- 187.**Babile, R., et Matheron, G., “Utilisation d’une composante de l’effetmaternel sur la productivité numérique, Premiers résultats”, Sélection et développement, Séance semestrielle, Toulouse, (1980), 43 - 50.
- 188.**Blasco, A., Santacreu M.A., Thompson, R., and Haley, C.S., “Estimates of genetic parameters for ovulation rate, prenatal survival and litter size in rabbits from an elliptical selection experiment”, Livestock Production Science,V.34, (1992), 163 - 175.
- 189.**Theau-Clément, M., Bencheikh, N., Mercier, P., and Belleraud, J., “Reproductive performance of does under artificial insemination use of deep frozen rabbit semen”, Proceeding 6th World Rabbit Congress, Toulouse, V.2, (1996), 127 - 132.
- 190.**Torres, S., Hulot, F., Meunier, M., and Sevellec,C.,“Comparativestudy of preimplantation development and embryonic loss in two rabbit strains”,Reproduction Nutrition Developement,V.27, (1987), 707 - 714.
- 191.**Bolet, G., Garcia-Ximenez, F., and Vicente, J.S., “Criteria and methodology used tocharacterize reproductive abilities of pure and crossbred rabbits in comparative studies”, Option Méditerranéennes, série seminaries, n°17, (1992), 95 - 104.
- 192.**Matheron, G., et Rouvier, R., “Optimisation du progrès génétique sur la prolificité chez le lapin”, Annales de Génétique et de Sélection Animale, V.9, n°3, (1977), 393 - 405.
- 193.**Estany, J., Basselga, M., Blasco, A., and Camacho, J., “Mixed model methodology for the estimation of genetic reponse to selection in litter size of rabbit”, Livestock Production Science, V.21, (1989), 67 - 75.
- 194.**Armero, G., et Blasco, A., “Economic weight for rabbit selection indices”, 5th World Rabbit Congress, Oregon, V.A, (1992), 637 - 642.

- 195.**Matheron, G., Poujardieu, B., “Expérience de sélection de la taille de portée chez le lapin”, 3th World Rabbit Congress (Rome), V.1, (1984), 66 - 78.
- 196.**Poujardieu, B., Guichard, F., Rochambeau, H., and Rouvier, R., “Le modèle animal application au lapin et aux palmipèdes”, In: Foulley J.L.Molenat, M. (eds), Prceeding de Séminaire Modèle Animal, Le Colle sur Loup, France,(Septembre), I.N.R.A, Le Colle sur Loup, (1994),143 - 150.
- 197.**Rochambeau, H.,Bolet, G.,and Tudela, F., “Long term selection-comparison of two rabbits strains”, In: SMITH C. (eds), Proceeding of 5th World Congress on Genetics Applied to LivestockProduction, Guelph, University of Guelph, Guelph, V.19, (1994), 257 - 260.
- 198.**Baselga, M.,Gomez, E.,Cifre, P.,and Camacho, J., “Genetic diversity of litter size traits between parties in rabbits”, In: Cheeke, P.R.,Patton M.N. (eds), 5th World Congress on Cuniculture, Corvallis, Oregon, USA, , Oregon State University, Oregon, V.A, (1992), 198 - 205.
- 200.**Bolet, G., et Bodin, L., “Les objectifs et les critères de sélection de la fécondité dans les espèces domestiques”, INRA production Animale 1992 hors sériee éléments de génétique quantitative et application aux populations animales, (1992), 129 - 134.
- 201.**Gomez, G.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, (6-7 Décembre), V.1, (1994), 217 - 224.
- 202.**Haley, C.S., Avalos, G., and Smith C., “Selection for litter size in pig”, Animal Breeding Abstract, V.56, (1998), 317 - 332.
- 203.**Mocé, M.L., et Santacreu, M.A., “Genetic improvement of litter size in rabbits: A review”, Proceeding of 9th World Congress in Genetics Applied to Livestock, Production, Leipzig, Germany, (2010).
- 204.**Rothschild, M.F., et 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.**Johnson, R.K., et Zimmerman, R., “Probabilities of non-positive definite between-goup or genetic covariance matrices”, Biometrika, V.34, (1978), 429 - 439.
- 206.**Bradford, G.E., “Genetic control of ovulation rate and embryo survival in mice. I. Response to selection”, Genetics, V.61, (1969), 905 - 921.

- 207.** Neal, S.M., Johnson, R.K., and Kittok, R.J., "Index selection for components of litter size in swine: response to five generations of selection", *Journal of Animal Science*, V.67, (1989), 1933 - 1945.
- 208.** Ragab, M., Vicente, J. S., Lavara, R., Desantes, J., and Baselga, M., "Relationships between ovulation rate, litter size and prenatal survival components in rabbit does", *Proceeding of 10th World Rabbit Congress*, Sharm El- Sheikh-Egypt, (September 3-6), (2012), 367 - 371.
- 209.** Bennet, G.L., et Leymaster K.A., "Genetic implications of simulation model of litter size in swine based in ovulation rate, potential embryonic viability and uterine capacity: I. Genetic theory", *J. Anim. Scie.* (1990), V.68, 969.
- 210.** Bolet, G., et Theau-Clement, M., "Fertilization rate and préimplantation embryonic development in two rabbit strains of different fecundity, in pure breeding and crossbreeding", *Animal Reproduction Science*, V.36, (1994), 153-162.
- 211.** Clutter, A.C., Nielson, M.K., and Johnson, R.K., "Alternative methods of selection for litter size in mice: I, Characterization of base population and development of methods", *Journal of Animal Science*, (1990), V.68, 3536 - 3542.
- 212.** Santacreu, M.A., Gou, P., and Blasco, A., "Taux d'ovulation et survie des embryons en relation avec la taille de portée chez la lapine", *5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, (12-13 Décembre), (1990), n° 11.
- 213.** Rinaldo, D., "Composantes et facteurs de variation de la carrière des femelles reproductrices : Application au lapin", *DEA de physiologie animale*, Université de Rennes I, (1986), 90p.
- 214.** Theau-Clément, M., Boiti, 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 - 7 July), (2000), 259 - 266.
- 215.** Boiti C., "Underlying physiological mechanisms controlling the reproductive axis of rabbit does". *8th World Rabbit Congress*, Puebla (Mexico), September, (2004), 186 - 206.
- 216.** Virag, G.Y., Gocza, E., Hiripi, L., Bosze, Z.S., "Influence of a photo-stimulation on ovary and embryo recovery in nulliparous rabbit females". *9th World Rabbit Congress*. Verona, Italy, (June 10 - 13), (2008), 471 - 476.

- 217.**Theau-Clément, M., Monniaux, D., Tircazes, A., Balmisse, E., Bodin, L., and Brun, J.M., "Descriptive analysis of rabbit sexual receptivity and its sources of variation", 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh-Egypt, (September3-6), (2012), 447 - 451.
- 218.**Foxcroft, G.R., et Hasnain, H., "Effect of suckling and time to mating after parturition on reproduction in domestic rabbit", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.33, (1973), 367 - 377.
- 220.**Theau-Clément, M., Bolet, G., Roustan, A., and Mercier, P., "Comparaison de différents modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade physiologique et la réceptivité au moment à la mise à la reproduction", 5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, France, Paris Communication n° 6, (1990).
- 221.**Chilton, B.S., et Daniel, J.R., "Difference in the rabbit uterine response to progesterone as influenced by growth hormone or prolactin", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.79, (1987), 581 - 587.
- 222.**Daniel, J.C., et Juneja, S.C., "Amplification of uterine secretion by alternating prolactin-progesterone administration", *Journal of Endocrinology*, V.122, (1989), R5 - R6.
- 223.**Kennelly, J.J., et Foote, R.H., "Superovulatory response of pre and postpubertal rabbits to commercially available gonadotrophins", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.9, (1965), 177 - 188.
- 224.**Takeda, T., Suzuki, H., Matsui, S., Terami, Y., and Tsutsumi Y., "Effect of progesterone and medroxyprogesterone acetate on egg recovery from the vagina of rabbits", *Japan Journal of Animal Reproduction*, V.24, (1978), 184 - 191.
- 225.**Tsutsumi, Y., Kekeda, T., Suzuki, H., Iwasoky, Y., Inada, K., and Minami, T., "Peripheral serum levels of progesterone and prostaglandin F₂α during egg transport in superovulated rabbits", *Japan Journal of Animal Reproduction*, V.26, (1980), 15 - 33.
- 226.**Arias-Álvarez, M., López-Béjar, M., Rebollar, P.G., García-García, R.M., and Lorenzo, P.L., "Nuclear and cytoplasmic patterns of rabbit IVM oocytes", *Investigación Técnica Económica Agraria*, V.28, (2007), 42 - 44.

- 227.**Garcia-Ximenez, F., et Vicente, J.S., “Effect of ovarian cystic or hemorrhagic follicles on embryo recovery and survival after transfer in HCG ovulated rabbits”, *Reproduction Nutrition Development*, V.32, (1992), 143 - 149.
- 228.**Peiró, R., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco, A., “Early embryonic survival and embryo development in two lines of rabbits divergently selected for uterine capacity”, *Journal of Animal Science*, V.85, (2007), 1634 - 1639.
- 229.**Viudes de Castro, M.P., Garcia-Ximenez, F., and Vicente, J.S., “Embryo recovery from eliminating does of three selected rabbits strains for an embryo bank”, *Investigacion Agraria*, V.10, (1995), 145 - 151.
- 230.**Tucker, E. B., Schultz, G.A., “Temporal changes in proteins of oviduct and uterine fluids during the preimplantation period in the rabbit”, *Biology of Reproduction*, V.17, (1977), 749 - 759.
- 231.**Oliphant, G., Reynolds, A.B., Smith, P.F., Ross, P.R., and Marta, J.S., “Immunocytochemical localization and determination of hormone-induced synthesis of the sulfated oviductal glycoproteins”, *Biology of Reproduction*, V.31, (1984), 165 - 174.
- 232.**Buhi, W.C., and Alvarez, I.M., “Identification, characterization and localization of three proteins expressed by porcine oviduct”, *Theriogenology*, V.60, n°2, (2003), 225 - 238.
- 233.**Nancarrow, C.D., et Hill, J.L., “Oviduct proteins in fertilization and early embryo development”, *Journal of Reproduction and Fertility*, Suppl. V.49, (1995), 3 - 13.
- 234.**Buhi, W.C., O'Brien, B., Alvarez, I.M., Erdos, G., and Dubois, D., “Immunogold localization of porcine oviductal secretory proteins within the zona pellucida, perivitelline space, and plasma membrane of oviductal and uterine oocytes and early embryos”, *Biology of Reproduction*, V.48, (1993), 1274 - 1283.
- 235.**Killian, G.J., “Evidence of the role of oviduct secretions in sperm function, fertilization and embryo development”, *Animal Reproduction Science*, V.82 - 83, (2004), 141 - 153.
- 236.**Ulberg, L.C., et Rampacek, G.B., “Embryonic and fetal development: Uterine components and influences”, *Journal of Animal Science*, V.38, (1974), 1013.

- 237.** Wilmut, I., Sales, D.I., and Ashworth, C.J., "Maternal and embryonic factors associated with prenatal loss in mammals", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.76, (1986), 851 - 864.
- 238.** Fechner, N.S., et Beatty, R.A., "Chromosomal abnormalities and sex ratio in rabbit blastocyst", *Journal of Reproduction Fertility*, V.37, (1974), 331.
- 239.** Mocé, M.L., Santacreu, M.A., and Climent, A., "Effect of divergent selection for uterine capacity on progesterone, estradiol and cholesterol levels around implantation time in rabbits". *World Rabbit Science*, V.10, n°3, (2002), 89 - 97.
- 240.** Torres, S., Hulot, F., and Sevellec, C., "Early stages of embryonic development in two rabbit genotypes", *Reproduction Nutrition Development*, V.27, (1987b), 715 - 719.
- 241.** Adams, C.E., "Studies on prenatal mortality in the rabbit, *Oryctolagus cuniculus*: the amount and distribution of loss before and after implantation", *Journal of Endocrinology*, (1960), V.19, 325 - 344.
- 242.** Locatelli, A., "Technique d'examen coelioscopique des ovaires de la truie", *Annals Biololy and Animal Biochemistry and Biophysics*, V.11, (1971), 495 - 498.
- 243.** Muelas, R., Cano, P., Garcia, M.L., Esquifino, A., and Argente, M.J., "Influence of FSH, LH and prolactin on the components of litter size in rabbits does", 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 405 - 410.
- 244.** Theau-Clément, M., Pujardieu, B., and Bellereaud, J., "Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et état physiologiques sur la productivité des lapines multipares", 5^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, (12 - 13), Décembre, (1990).
- 245.** Perry, J.S., "Fecundity and embryonic mortality in pigs", *Journal of Embryology and Experimental Morphology*, V.2, (1954), 308 - 322.
- 246.** Rodriguez, J.M. et Ubilla, E., "Effect of sexual receptivity on ovulation response in rabbit does induced with GnRH", 4th World Rabbit Congress, WSRA, (Octobre 10-14), Budapest, Hungary, Tome II, (1988), 504 - 508.
- 247.** Lefevre, B., et Caillol M., "Relationship of oestrus behavior with follicular growth and sexsteroid concentration in the follicular fluid in the domestic

- rabbit”, *Annals Biology Animal Biochemistry Biophysics*, V.18, n°6, (1978), 1435 - 1441.
- 248.**Kermabon, A.Y., Belair, L., Theau-Clément, M., Salesse, R., and Djiane J., “Effect of anoestrus and bromocryptine treatment on the expression of prolactin and LH receptors in the rabbit ovary during lactation”, *Journal of Reproduction and Fertility*, V.102, (1994), 131 - 138.
- 249.**Rebollar, P.G., Ubilla, E., Alvarino, J.M.R., Illera, J.C., and Silvan, G., “Effect of degree of sexual receptivity on post-partum plasma oestradiol and ovulatory response in rabbits”, *Revista Española de Fisiología*, V.48, n°1, (1992), 13 - 18.
- 250.**Dyck, G.W., “Ovulation rate and weight of the reproductive organs of Yorkshire and Lacombe swine”, *Canadian Journal of Animal Science*, V51, (1971), 141 - 146.
- 251.**Wrathall, AE., “Prenatal survival in pigs, Part I. Ovulation rate and its influence on prenatal survival and litter size in pigs”, *Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England*, (1971), 108p.
- 252.**Hammond, J., “On some factors controlling fertility in domestic animals”, *Journal of Agricultural Science*, V.6, (1914), 263 - 277.
- 253.**Tobet, S.A., Dunlap, J.L., and Gerall A.A., “Influence of fetal position on neonatal androgen-induced sterility and sexual behavior in female rats”, *Hormonal and Behavior*, V.16, (1982), 251 - 8.
- 254.**Lin, T.C., Yen J.M., Gong, K.B., Hsu, T.T., and Chen, L.R., “IGF-1/IGFBP-1 increases blastocyst formation and total blastocyst cell number in mouse embryo culture and facilitates the establishment of a stem-cell line”, *BMC Cell Biol*, 4, (2003), 14 - 30.
- 255.**McDowell, E.C., et Lord, E.M., “The number of corpora lutea in successive Mouse pregnancy”, *Anatomical Record*, V.31, (1925), 131.
- 256.**Spilman, C. H., Larson, L.L., Concannon, P. W., and Foote, R.H., “Ovarian function during pregnancy in young and aged rabbits: temporal relationship between fetal death and corpus luteum regression”, *Biology of Reproduction*, V.7, (1972), 223 - 230.

- 257.**Ragab, M., Sánchez, J.P., Vicente, J.S., and Baselga, M., “Litter size components in a full diallel cross of four maternal lines of rabbits”, *Journal of Animal Science*, V.92, (2014), 3231 - 3236.
- 258.**Fortun-Lamothea L., Prunierb A., Boletc G., Lebas F., “Physiological mechanisms involved in the effects of concurrent pregnancy and lactation on foetal growth and mortality in the rabbit”, *Livestock Production Science*,V.60, (1999), 229 - 241.
- 259.**Theau-Clément, M., “Advances in biostimulation methodsapplied to rabbit reproduction”, 7th World Rabbit Congress,Valencia,(Spain), V.A, (2000), 61 - 79.
- 260].**McNeilly, A.S., etFriesen, H.G., “Prolactin during pregnancy and lactation in the rabbit”, *Endocrinology*, V.102, (1978), 1548 - 1558.
- 261].**Fuchs, A.R., Cubile, L., Dawood, M.Y., and Jorgensen, F.S., “Release of oxytocin and prolactin by suckling inrabbits throughout lactation”, *Endocrinology*, V.114, (1984), 462 - 469.
- 262].**Fortun-Lamothe, L., Prunier, A., and Lebas, F., “Effects of lactation on foetal survival anddevelopment in rabbit does mated shortly after parturition”, *Journal of Animal Science*, V.71, (1993), 1882 - 1886.
- 263].**Lin, K.C., Okamura, H., and Mori, T.,“Inhibition of human chrionic gonadotropin - induced ovulation andsteroidogenesis by short term hyperprolactinemia in female rabbits”, *Journal Endocrinology*, V.34, (1987), 675 - 683.
- 264].**Hamada, Y., Schlaff, S., Kobayashi, Y., Santulli, R., Wright, K.H., and Wallach, E.E., “Inhibitory effects ofprolactin on ovulation in the in vitro perfused rabbit ovary”, *Nature*, V.285, (1980), 161 - 163.
- 265].**Yoshimura, Y., Nakamura, Y., Oda, T., Ando, M., Ubukata, Y., Koyama, N., Karube, M., and Yamada H., “Effects of prolactin on ovarian plasmin generation in the process of ovulation”, *Biology of Reproduction*, V.46, (1992), 322 - 327.
- 266].**Yoshimura, Y., Jinno, M., Oda, T., Shiokawa, S., Yoshinaga, A., Hanyu, I., Akiba, M., and Nakamura, Y., “Prolactin inhibits ovulation by reducing ovarian plasmin generation”, *Biologyof Reproduction*, V.50, (1994), 1223 - 1230.

- 267.**Ubilla, E., Rebollar, P.G., Pazo, D., Esquifino, A., and Alvarino, J.M., "Effects of doe litter separation on endocrinological and productivity variables in lactating rabbits", *Livestock Science*, V.67, (2000), 67 - 74.
- 268.**Sakra, O.G., García-Garciac, R.M., Arias-Álvarez, M., Millánc, P., Lorenzoc, P.L., and Rebollar, P.G., "Body reserves and ovarian performance in primiparous lactating rabbit does submitted to early weaning as a strategy to decrease energy deficit", *Animal Reproduction Science*, V.121, (2010), 294 - 300.
- 269.**Ben-Jonathan, N., Mershon, J.L., Allen, D.L., Steinmetz, R.W., "Extra pituitary prolactin: distribution, regulation, functions, and clinical aspects", *Endocrine Reviews*, V.17, (1996), 639 - 69.
- 270.**Durand, P., et Djiane, J., "Lactogenic activity in the serum of rabbits during pregnancy and lactation", *Endocrinology*, V.75, (1977), 33 - 42.
- 271.**Torner, H., Kubelka, M., Heleil, B., Tomek, W., Aim, H., Kuzmina, T., and Guiard, V., "Dynamics of meiosis and protein kinase activities in bovine oocytes correlated to prolactin treatment and follicle size", *Theriogenology*, V.55, (2001), 885 - 99.
- 272.**Rodríguez, J.M., Agrasal, C., and Esquifino, A., "Influence of sexual receptivity on LH, FSH and prolactin release after GnRH administration female rabbits", *Reproduction Science*, V.20, (1989), 57 - 65.
- 273.**Marongiu, M.L., et Gulinati, A., "Opioid inhibition of the pulsatile luteinizing hormone release as assessed by naloxone treatment in lactating rabbit", 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 387 - 392.
- 274.**Monget, P., et Martin, G.B., "Nutrition et reproduction des animaux d'élevage", *Cahier Nutrition Diététique*, V.32, (1997), 166 - 172.
- 275.**Diskin, M.G., Mackey, D.R., Roche, J.F., and Sreenan, J.M., "Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle", *Animal Reproduction Science*, V.78, (2003), 345 - 370.
- 276.**Breuer, H.W., et Claussen, V., "Correlation of birth weight and crown-rump to the number of implantations and litter size in rabbits", *Anatomy Embryology*, V.151, (1977), 91 - 95.
- 277.**Moschos, S., Chan, J.L., Mantzoros, C.S., "Leptin and reproduction: A review", *Fertility Sterility*, V.77, n°3, (2002), 433 - 444.

- 278.**Smith, G.D., Jackson, L.M., and Foster, D.L., "Leptin regulation of reproductive function and fertility", *Theriogenology*, V.57, (2002), 73 - 86.
- 279.**Hulot, F., Mariana, J.C., and Lebas, F., "L'établissement de la puberté chez la lapine (Folliculogénèse et ovulation), Effet du rationnement alimentaire", *Reproduction Nutrition Development*, V.22, n°3, (1982), 439 - 453.
- 280.**Hulot, F., et Matheron, G., "Analyse des variations génétiques entre trois races de lapins de la taille de portée et de ses composantes biologiques en saillie post partum", *Annales de Génétique et Sélection Animale*, V.11, (1979), 53 - 77.
- 281.**Blasco, A., Santacreu, M.A., and Argente, M.J., "Genetic parameters of ovulation rate, embryo and fetal survival in rabbits, *Journal of Applied Rabbit Research*, V.15, (1992), 247 - 254.
- 282.**Szendro, Zs., Lang, M., and Szabo, J., "Performance of does in dependence of litter size in which they were born", *Allattenyeszteses Takarmanjzas*, V.38, (1989), 159 - 164.
- 283.**Biro-Nemeth, E., and Szendro, Zs., "Performance of does reared up in litters of different sizes", *Proceeding 2, Nyutenyesztesi Tudományos Nap., Kaposvar*, (1990), 47-51.
- 284.**Tudela, F., Poujardieu, B., and Gaüzere, J.M., "Productivité de la lapine: préparation des reproducteurs", *7^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, France, Lyon, (1998), 269 - 271.
- 285.**Rommers, J.M., Kemp, B., Meigerhof, R., and Noordhuizen, J.P.T.M., "The effect of litter size before weaning on subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of young rabbit does". *Journal of Animal Science*, V.79, (2001), 1973 - 82.
- 286.**Poigner, J., Szendro, Zs., Levrai, A., Radnai, I., BironeNemth, E., "Effect of birth weight and litter size at sulking age on performance in does as adults", *Proceeding 11, Nyutenyesztesi Tudományos Nap, Kaposvar*, (1999), 27 - 34.
- 287.**Matheron, G., et Poujardieu, B., "Ovulation induite de lapines soumises à des conditions d'ambiance différentes après le sevrage", *3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, (8 - 9 Décembre), (1982), Communication n°3.

- 288.**Wells K., Robert B., O'Hara R.B., Cooke B.D.,Mutze G.J., Prowse T.A.A., and Fordham D.A., "Environmental effects and individual body condition drive seasonal fecundity of rabbits: identifying acute and lagged processes", *Oecologia*,V.181, (2016), 853 - 864.
- 289.**Hafez, E.S.E., "Seasonal fluctuations in ovulation rate and superovulatory response of the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*)", *Acta Zoology Stockholm*, V.45,(1964), 123 - 131.
- 290.**Ashworth, C.J., "Effect of premating nutritional status and post-mating progesterone supplementation on embryo survival and conceptus growth in gilt", *Animal Reproduction Science*,V.26, (1991), 311 - 321.
- 291.**Berchiche, M., et Zerrouki, N., "Reproduction de femelles de population locale: Essai d'évaluation de quelques paramètres en élevage rationnel", 3^{èmes} Journées de Recherchesur les Productions Animales : « Conduite et performance de l'élevage» Tizi- Ouzou, (13-14-15 Novembre), (2000), 285 - 291.
- 292.**Blasco, A., Sorensen, D., and Bidanel, J.P., "A Bayesian analysis of genetic parameters and selection response for litter size components in pigs", *Genetics*, V.149, (1998), 301 - 306.
- 293.**Bolet, G., Brun, J.M., Theau-Clément, M., Esparbie, J., and Falieres, J., "Constitution d'une souche synthétique de lapins à l'INRA : 3, Aptitude à la combinaison avec la souche 1077 pour produire une femelle parentale, Résultats préliminaires", 8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, France, Paris, (1999), 131-134.
- 294.**Fernandez-Cano, L., "Effect of increase or decrease of body temperature and hypoxia on pregnancy in the rat", *Ferilily and Sterililty*,V.9, (1958), 455.
- 295.**Gallois, M., "Statut nutritionnel du lapereau : maturation des structures et des fonctions digestives et sensibilité à une infection par une souche enteropathogène d'*Escherichia coli*", Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur de l'institut national polytechnique de Toulouse, spécialité : Qualité et Sécurité des Aliments, (2006), 290p.
- 296.**Geisert, R.D., and Schmitt, R.A.M.,"Early embryonic survival in the pig: Can it be improved?", *Journal of Animal Science*,V.80, (ESuppl), (2002), E54 - E65.
- 297.**Guesnet, P., et Demarne, Y., "La régulation de la lipogenèse et de la lipolyse chez les mammifères", INRA, Paris, France (1987).

- 298.**Houtsmuller, E.J., Thornton, J.A., and Rowland D.L., “Using a regression approach to study the influence of male fetuses on the genital morphology of neonatal female rats”, *Multivariate Behavior Research*, V.32, (1997), 77 - 94.
- 299.**Hunter, M.G., Robinson, R.S., Mann, G.E., and Webb, R., “Endocrine and paracrine control of follicular development and ovulation rate in farm species”, *Animal Reproduction Science*, V.83, (2004), 461 - 477.
- 300.**Pilawsky, Z., “Seasonal variations of ovulation response time after copulation in rabbits”. *Folia Biologica Krakow*, V.17, (1969), 211 - 217.
- 301.**Farrell, G., Powers, D., and Otani, “Inhibition of ovulation in the rabbit: seasonal variation and the effect of indoles”, *Endocrinology*, V.83, (1968), 599 - 603.
- 302.**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.
- 303.**Walter, M.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.
- 304.**Boiti, C., Galeati, G., Maranesi, M., Lilli, L., Brecchia, G., Dallaglio, C., Mercati, F., Gobbetti, A., and Zerani, M., “Pituitary gonadotropines and receptors for estrogen and GnRH in fasted does”, 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10 - 13), (2008), 285 - 290.
- 305.**Fortun-Lamothe, L., et Gidenne, T., “The effects of size of suckled litter on intake behaviour, performance and health status of young and reproducing rabbits”, *Annales de Zootechnie*, V.49, (2000), 517 - 529.
- 306.**Bonanno, A., Mazza, F., Di Grigoli, A., and Alicata, M.L., “Effects of restricted feeding during rearing, combined with a delayed first insemination, on reproductive activity of rabbit does”, 8th World Rabbit Congress, Puebla, (Mexico), (2004), 224 - 230.
- 307.**Eiben, C.S., Kustos, K., Kenessey, A., Virag, G.Y., and Szendro, Z.S., “Effect of different feed restrictions during rearing on reproduction performance in rabbit does”, *World Rabbit Science*, V.9, n°1, (2001), 9 - 14.
- 308.**Brecchia, G., Bonanno, A., Galeati, G., Federici, G., Maranesi, M., Gobbetti, A., Zerani, M., and Boiti, C., “Hormonal and metabolic adaptation to fasting:

effects on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and reproductive performance of rabbit does”, *Domestic Animal Endocrinology*, V.31, (2006), 105 - 122.

- 309.** Cervero, A., Horcajadas, J.A., Martín, J., Pellicer, A., and Simón, C., “The leptin system during human endometrial receptivity and préimplantation development”, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, V.89, (2004), 2442 - 2451.
- 310.** González, R.R., Caballero-Campo, P., Jasper, M., Mercader, A., Devoto, L., Pellicer, A., and Simón C., “Leptin and leptin receptor are expressed in the human endometrium and endometrial leptin secretion is regulated by the human blastocyst”, *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, V.85, (2006), 4883 - 4888.
- 311.** Zerani, M., Boiti, C., Zampini, D., Brecchia, G., Dall’Aglio, C., Ceccarelli, P., and Gobbetti, A., “Ob receptor in rabbit ovary and leptin in vitro regulation of corpora lutea”, *Journal of Endocrinology*, V. 183, (2004), 279 - 288.
- 312.** Wu, M.C., Hentzel, M.D., and Dziuk, P.J., “Relationships between uterine length and number of fetuses and prenatal mortality in pigs”, *Journal of Animal Science*. V.65, (1987), 762 - 770.
- 313.** Badawy, A.Y., Peiró, R., Blasco, A., and Santacreu, M.A., “Effect of increased ovulation rate on embryo and fetal survival as a model for selection by ovulation rate in rabbits”, *World Rabbit Science*, V.24, (2016), 87 - 94.
- 314.** Cunningham, P.J., England, M.E., Young, L.D., and Zimmerman, D., “Selection for ovulation rate in swine: correlated response in litter size and weight”, *Journal of Animal Science*, V.48, n°3, (1979), 509 - 516.
- 315.** Rosendo, A., Druet, T., Gogue, J., and Bidanel, J.P., “Direct response to six generations of selection for ovulation rate or prenatal survival in Large White pigs”, *Journal of Animal Science*, V.85, (2007), 356 - 364.
- 316.** Land, R., et Falconer, D., “Genetics of ovulation rate in the mouse”, *Genetics Research*, V13, (1969), 25 - 45.
- 317.** Koenig, J.L.F., Zimmerman, D.R., Eldrige, F.E., and Kopf, J.D., “The effect of superovulation and selection for high ovulation rate on chromosomal abnormalities in swine ova”, *Journal of Animal Science*, V.63, (Suppl. 1), (1986), 202.

- 318.**Freking, B.A., Leymaster, K.A., Vallet, J.L., and Christenson, R.K., "Number of fetuses and conceptus growth throughout gestation in lines of pigs selected for ovulation rate or uterine capacity", *Journal of Animal Science*, V.85, (2007), 2093 - 2103.
- 319.**Ibanez, N., Santacreu, M.A., Martinez, M., Climent, A., and Blasco, A., "Selection for ovulation rate in rabbits", *Livestock Science* V.101, (2006), 126 - 133.
- 320.**Laborda, P., Mocé, M.L., Climent, A., Blasco, A., and Santacreu, M.A., "Selection for ovulation rate in rabbits: correlated response on litter size and its components", 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10 - 13), (2008), 149 - 152.
- 321.**Torres, S., "Etude de la mortalité embryonnaire chez la lapine", 3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, (8-9 Décembre), (1982), n°15.
- 322.**Santacreu, M.A., Gou, P., Blasco, A., "Relationships between ovulation rate, embryo survival and litter size in rabbits", *Animal Production*, V. 55, (1992), 271 - 276.
- 323.**García, M.L., et Baselga M., "Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population", *Livestock Production Science*, V.74, (2002), 45 - 53.
- 324.**Santacreu, M.A., Viudes De Castro, P., and Blasco A., "Evaluation par coelioscopie des corps jaunes et des embryons : influence sur la taille de portée chez la lapine", *Reproduction Nutrition Développement*, V.30, (1990), 583 - 588.
- 325.**Neal, S.M., et Johnson, R.K., "Selection components of litter size in swine: genetic parameters and expected response", *Proceeding of 3th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Lincoln, Nebraska, V.XI, (1986), 228 - 232.
- 326.**Hafez, E.S.E., et Tsutsumi, Y., "Changes in endometrial vascularity during implantation and pregnancy in the rabbit", *American Journal of Anatomy*, V.118, (1966), 249 - 282.
- 327.**Argente, M.J., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco, A., "Relationships between uterine and fetal traits in rabbit selected on uterine capacity", *Journal of Animal Science*, V.81, (2003), 1265 - 1273.

- 328.**Argente, M.J., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco A., "Effect of intra uterine crowding on available uterine space per fetus in rabbits", *Livestock Science*, (2008), V.114, 211 - 219.
- 329.**Fortun-Lamothe, L., "Energy balance and reproductive performance in rabbit does", *Animal Reproduction Science*, V.93, (2006), 1 - 15.
- 330.**Pla, M., "Modelos biológicos de caracteres reproductivos en el conejo de carne", Thèse de Doctorat, Université de polytechnique de Valence, Espagne (1984).
- 331.**Molina, I., "Determinación de los efectos genéticos directos y maternos sobre la tasa de ovulación y la viabilidad embrionaria y fetal en el conejo, mediante aplicaciones de las técnicas de transferencia de embriones y laparoscopia", Thèse de Doctorat, Université de polytechnique de Valence, Espagne, (1987).
- 332.**Pope, W.F., Xie S., Broermann, D.M., and Nephew, K.P., "Causes and consequences of early embryonic diversity in pigs", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.40, (1990), 251 - 260.
- 333.**Scofield, A.M., "Embryonic mortality", In: D.J.A. Cole (Editor), *Pig production* Butter Worths, London, (1972), 367 - 384.
- 334.**Bazer, F.W., Terqui, M., and Martinat-Botte, F., "Physiological Limits to Reproduction", *Proceedings of the 4th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Edinburgh, UK, V.16, (1990), p 292 - 298.
- 335.**Fayos, L., Climent, A., Santacreu, M.A., Gallego, M., Molina, I., and Blasco, A., "Taux de fertilisation et développement embryonnaire dans deux lignées de lapin sélectionnées de façon divergente pour l'efficacité utérine : premier résultats", 6^{èmes} Journées de Recherche Cunicole, la Rochelle, France, (1994), 211 - 213.
- 336.**Popescu, P., et Legault, C., "Anomalies chromosomiques et hyper-prolifération chez le porc", *Journée de la Recherche Porcine (France)*, V.20, (1988), 297.
- 337.**Lebas, F., "Physiologie de la reproduction chez la lapine", *Journée AERA-ASFC « la reproduction chez le lapin »*, (20 Janvier), (1994), 2 - 11.
- 338.**Knight, J.W., Bazer, F.W., Thatcher W.W., Franke, D.E., and Wallace, H.D., "Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts: Interrelationships among hormonal status, placental

- development, fetal fluids and fetal growth”, *Journal of Animal Science*, V.44, (1977), 620 - 637.
- 339.** Longenecke, D.E., and Day, B.N., “Fertility level of sows superovulated at post-weaning estrus”, *Journal of Animal Science*, V.27, n°3, (1968), 709 - 11.
- 340.** Bazer, F.W., Clawson, A.J., Robison, O.W., and Ulberg, L.C., “Uterine capacity in gilts”, *Journal of Reproduction and Fertility*, V.18, (1969), 121.
- 341.** Fenton, F.R., Bazer, F.W., Robison, O.W., and Ulberg, L.C., “Effect of quantity of uterus on uterine capacity in gilts”, *Journal of Animal Science*, V.31, (1970), 104.
- 342.** Webel, S. K., et Dziuk, P.J., “Effect of stage of gestation and uterine space on prenatal survival in the pig”, *Journal of Animal Science*, V.38, (1974), 960 - 963.
- 343.** Vallet, K.L., and Christenson, R.K., “Uterine space affects placental protein secretion in swine”, *Biology of Reproduction*, V.48, (1993), 575 - 584.
- 344.** Duncan, S.L.B., “The partition of uterine blood flow in the pregnant rabbit”, *Journal of Physiology*, V.204, (1969), 421 - 433.
- 345.** Argente, M.J., Blasco, A., Ortega, J.A., Haley, C.S., and Visscher, P.M., “Analyses for the presence of a major gene affecting uterine capacity in unilaterally ovariectomized rabbits”, *Genetics*, V.163, (2003), 1061 - 1068.
- 346.** Mocé, M.L., Santacreu, M.A., Climent, A., Blasco, A., “The effect of divergent selection for uterine capacity on fetal and placental development at term in rabbits: Maternal and embryonic genetic effects”, *Journal of Animal Science* (2004), V.82, 1046 - 1052.
- 347.** Wirth-Dzieciolowska, E.M., “Survival of embryos in relation to the vasculature of implantation places in laboratory mice”, *Genetica Polonica*, V.28, (1987), 127 - 130.
- 348.** Wilde, M.H., Xie, S., Day, M.L., Pope, W.F., “Survival of small and large littermate blastocysts in swine after synchronous and asynchronous transfer procedures”, *Theriogenology*, V.30, (1988), 1069 - 1074.
- 349.** Geisert, R.D., and Schmitt, R.A.M., “Early embryonic survival in the pig: Can it be improved?”, *Journal of Animal Science*, V.80, (ESuppl), (2002), E54 - E65.

- 350.**Adams, C.E., "Studies on prenatal mortality in rabbit *Oryctolagus cuniculus*: The effect of transferring varying numbers eggs", *Journal Endocrinology*, V.24, (1962), 471 - 490.
- 351.**Breuer, H.W., et Claussen, V., "Correlation of birth weight and crown-rump to the number of implantations and litter size in rabbits", *Anatomy Embryology*, V.151, (1977), 91 - 95.
- 352.**Blasco, A., Ortega, J.A., Climent, A., and Santacreu, M.A., "Divergent selection for uterine capacity in rabbits, I. Genetic parameters and response to selection", *Journal of Animal Science*, V.83, (2005), 2297 - 2302.
- 353.**Mocé, M.L., Santacreu, M.A., Climent, A., and Blasco, A., "Divergent selection for uterine capacity in rabbits, III. Responses in uterine capacity and its components estimated with a cryopreserved control population", *Journal of Animal Science*, V.83, (2005), 2308 - 2312.
- 354.**Warthall, A.E., "Prenatal survival in pig, Part1. Ovulation rate and its influence on prenatal survival and litter size in pigs", *Common wealth Agricultural Bureaux, Franham, Royal, England*, (1971), 108p.
- 355.**Polge, C., "Embryo transplantation and preservation, In: Cole, D.J.A., et Foxcroft, G.R.,(Ed.) *Control of Pig Reproduction*", *Butterworths Scientific*, London (1982), 277.
- 356.**Lambert, E., Williams, D.H., Lynch, P.B., Hanrahan, T.J., McGeady, T.A., Austin, F.H., Boland, M.P., and Roche, J.F., "The extent and timing of prenatal loss in gilts", *Theriogenology*, V.36, (1991), 655.
- 357.**Rathnasabapathy, V., Lasley, J.F., and Mayer, D.T., "Genetic and environmental factors affecting litter size in swine", *Missouri Agric, Sta. Res. Bull*, (1956), 615.
- 358.**Bazer, F.W., Robison, O.W., Clawson, A.J., Ulberg, L.C., "Uterine capacity at two stages of gestation in gilts following embryo superinduction", *Journal of Animal Science*, V.29,(1969),30.
- 359.**Finn, C.A., "Reproductive capacity and litter size in mice: effect of age and environment", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.6, (1963), 205 - 214.
- 360.**Parigi-Bini, R., Xiccato, G., Dalle-Zotte, A., Carazzolo, A., Castellini, C., and Stradaioli, G., "Effect of remating interval and diet on the performance and energy balance of rabbit does", *6th World Rabbit Congress, Toulouse, France*, (1996), 253 - 258.

- 361.**Feugier, A., Fortun-Lamothe, L., and Fuin, H., "Réduction du rythme de reproduction et la durée de la lactation améliore l'état corporel et la fertilité des lapines", 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (29-30 Novembre), Paris, (2005), 107 - 110.
- 362.**Garcia, F., and Perez, A., "Effects of lactation and litter size on mating, ovulation and embryo viability evaluated by means of laparoscopy in multiparous rabbits", *Inf. Tec. Econ. Agraria*, V.20, n°80, (1989), 3 - 10.
- 363.**Partridge, G.G., Allan, S.J., Findlay, M., and Corrigan, W., "The effects of reducing the remating interval after parturition on the reproductive performance of the commercial doe rabbit", *Animal Production*, (1984), 393 - 465.
- 364.**Lamb, I.C., Partridge, G.G., Fuller, M.F., and Racey, P.A., "Fertility of the early postpartum, lactating domestic rabbit". *Theriogenology*, V.30, (1988), 79.
- 365.**Ouhayoun, J., Poujardieu, B., and Delmas, D., "Etude de la croissance et de la composition corporelle des lapins au delà de l'âge de 11 semaines. 1. Composition corporelle", 4^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, France, Paris, Communication n°24, (1986).
- 366.**Jones, C.J., et Parker, D.S., "The metabolism of glucose, acetate, and palmitate in the lactating rabbit", *Comparative Biochemistry Physiology*, V. 69B, (1981), 837.
- 367.**Fraga, M.J., Lorente, M., Carabano, R.M., and De Blas, J.C., "Effect of diet and of remating interval on milk composition of the doe rabbit", *Animal Production*, V.48, (1989), 459.
- 368.**Stephenson, T.J., Stammers, J.P., and Hull, D., "Maternal to fetal transfer of free fatty acids in the in situ perfused rabbit placenta", *Journal Developmental Physiology*, V.13, (1990), 117.
- 369.**Lebas, F., 1994, "Physiologie de la reproduction chez la lapine", Journée AERA-ASFC « la reproduction chez le lapin », (20 Janvier), (1994), 2 - 11.
- 370.**Holt, J.A., "Regulation of progesterone production in the rabbit corpus luteum". *Biology of Reproduction*, V.40, (1989), 201 - 208.
- 371.**Davis, K.R., Kerton, D.J., Parr, R.A., White, M.B., and Williams, A.H., "Hormone supplementation to increase fertility after uterine insemination in

- ewes”, Proceeding of Australian Society of Animal Production, V.16, (1986), 171-175.
- 372.** Kleemann, D.O., Walker, S.K., Grimson, G.J, Smith, D.H., Grosser, T.I., Seamark, R.F., “Exogenous progesterone and embryos survival in Booroola-cross ewes”, Reproduction Fertility Development, V.3, (1991), 71 - 77.
- 373.** Pratt, N.C., et Lisk, R.D., “Role of progesterone in mediating stress-related litter deficits in the golden hamster (*Mesocricetus auratus*)”, Journal of Reproduction and Fertility, (92) (1991), 139 - 146.
- 374.** Beier, H.M., “The discovery of uteroglobin and its significance for reproductive biology and endocrinology, Annals New York Academy of Science, V.923, (2000), 9 - 24.
- 375.** Vallet, J.L., Christenson, R.K., Trout, W.E., and Klemcke, H.G., “Conceptus, progesterone, and breed effects on uterine protein secretion in swine”, Journal of Animal Science, V.76, (1998), 2657 - 2670.
- 376.** Symonds, H.W., et Prime, G., “The influence of volume of food intake by gilts on blood flow in the portal vein and clearance of progesterone from plasma”, Animal Production, V.48, (1989), 620 - 621.
- 377.** Zarrow, M.X., Denenberg, V.H., and Anderson, C.O., “Rabbit: frequency of suckling in the pup”, Science NY 150, (1995), 1835 - 1836.
- 378.** Daniel, J.C., Juneja, S.C., Taylor, S.P., Lonergan, P.B, Sullivan, P.K., and Chilton, B.S., “Variability in the response of the rabbit uterus to progesterone as influenced by prolactin”, Journal of Reproduction and Fertility, V.84, (1988), 13.
- 379.** Young, K.H., Krading, R.R., and Bazer, F.W., “Effects of prolactin on conceptus survival and uterine secretory activity in pigs”, Journal of Reproduction and Fertility, V.86, (1989), 713.
- 380.** Guesnet, P., et Demarne, Y., “La régulation de la lipogenèse et de la lipolyse chez les mammifères”, INRA, Paris, France (1987).
- 381.** Gilbert, M., Hauguel, S., and Bouisset, M., “Uterine blood flow and substrate uptake in conscious rabbit during late gestation”, American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism, V.10, (1984), E574.

- 382.**Jones, C.J., et David, S.P., "Mammary blood flow and cardiac output during initiated involution of the mammary gland in the rabbit", *Comparative Biochemistry and Physiology*, V.91A, n°1, (1988), 21.
- 383.**Lebas, F., "Le lapin de chair: ses besoins nutritionnels et son alimentation pratique". ITAVI, Paris (1975).
- 384.**Flint, A.P.F., et Sheldrick, E.L., "Ovarian oxytocin and the maternal recognition of pregnancy", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.76, (1986), 831 - 839.
- 385.**Sawyer, H.R., Moeller, C.L., and Kowzowski G.P., "Immuno-cytochemical localization of neurophysin and oxytocin in ovine corpora lutea", *Biology of Reproduction*, V.34, (1986), 543 - 548.
- 386.**Jänne, O.A., "Progesterone action in mammalian uterus", *Acta Obstetricia Gynecologica Scandinavia Suppl*, V.101, (1981), 11 - 16.
- 387.**Mocé, M.L., Peiro, R., Blasco, A., and Santacreu, M.A., "Uteroglobin levels at day 6 of gestation in two lines of rabbits divergently selected for uterine capacity", 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 175 - 178.
- 388.**Naturil-Alfonso C., Marco-Jiménez F., Jiménez-Trigos E., Saenz-De-Juano M.D., Viudes-de-Castro M., Lavara R., and Vicente J., "Role of Embryonic and Maternal Genotype on Prenatal Survival and Foetal Growth in Rabbit", *Reproduction in Domestic Animal*, V.50, (2015), 312 - 320.
- 389.**Merchán, M., Peiró, R., Argente, M.J., García, M.L., Agea, I., Santacreu, M.A., Blasco, A., and Folch, J.M., "Candidate Genes for Reproductive Traits in Rabbits: I, Oviductin Gene", *Reproduction*, 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Brasil, V.11, (2006), 156 - 201.
- 390.**Merchán, M., Peiró, R., Santacreu, M.A., Francino, O., and Folch, J.M., "Rabbit oviductal glycoprotein 1 gene: genomic organization polymorphism analysis and mRNA expression", *Molecular Reproduction and Development*, V.74, n°6, (2007), 687 - 693.
- 391.**Pope, W.F., et First, N.L., "Factors affecting the survival of pig embryos", *Theriogenology*, (1985), V.23, 91 - 105.
- 392.**Ashworth, C.J., Antipatis, C., and Beattie, L., "Effects of pre- and post-mating nutritional status on hepatic function, progesterone concentration, uterine

- protein secretion and embryo survival in Meishan pigs”, *Reproduction Fertility and Development*, V.11, (1999), 67 - 73.
- 393.**Comin, A., Gerin, D., Cappa, A., Marchi, V., Renaville, R., and Motta, M. “The effect of an acute energy deficit on the hormone profile of dominant follicles in dairy cows”, *Theriogenology*, V.58, (2002), 899 - 910.
- 394.**Ferguson, E.M., Ashworth, C.J., Edwards, S.A., Hawkins, N., Hepburn, N., and Hunter, M.G., “Effect of different nutritional regimens before ovulation on plasma concentrations of metabolic and reproductive hormones and oocyte maturation in gilts”, *Reproduction*, V. 126, (2003), 61 - 71.
- 395.**Cuningham, M.J., Clifton, D.K., and Steiner, R.A., “Leptin’s actions on the reproductive axis: perspectives and mechanisms”, *Biology of Reproduction*, V.60, (1999), 216 - 222.
- 396.**Brecchia, G., Bonanno, A., Galeati, G., Federici, C., Maranesi, M., Godetti, A., Gerani, M., and Boiti, C., “Hormonal and metabolic adaptation to fasting: effects on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and reproductive performance on rabbit does”, *Domestic Animal Endocrinology*, V.31, n°2, (2005), 105 - 22.
- 397.**Long, C.R., Lamberson, W.R., and Bates, R.O., “Genetic correlations among reproductive traits and uterine dimensions in mice”, *Journal of Animal Science*, V.69, (1991), 99 - 103.
- 398.**Chen, Z.Y., et Dziuk P.J., “Influence of initial length of uterus per embryo and gestation stage on prenatal survival, development, and sex ratio”, *Journal of Animal Science* V.71, (1993), 1895 - 1901.
- 399.**Argente, M.J., Santacreu, M.A., 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.
- 400.**Saacke, R.G., Dalton, J.C., Nadir, S., Nebel, R.L., and Bame, J. H., “Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality”, *Animal Reproduction Science*, V.60, (2000), 663 - 677.
- 401.**Borwick, S.C., Rhind, S.M., McMillen, S.R., and Racey, P.A., “Effect of undernutrition of ewes from the time of mating on fetal ovarian development in mid gestation”, *Fertility and Development*, V.9, (1997), 711 - 715.

- 402.** Lorenzo, P.L., Rebollar, P.G., Illera, M.J., Illera, J.C., Illera, M., and Alvarino, J.M.R., "Characterization of rabbit follicular oocytes and their ability to mature invitro", *Revista Archivos De Zootecnia*, V.45, (1996), 25 - 35.
- 403.** Abecia, J.A., Lozano, J.M., Forcada, F., and Zarazaga, L., "Effect of level of dietary energy and protein on embryo survival and progesterone production on day eight of pregnancy in Rasa Aragonesa ewes", *Animal Reproduction Science*, 48, (1997), 209 - 218.
- 404.** Menchetti L., Brecchia G., Canali C., Cardinali R., Polisca A., Zerani M., Boiti C., "Food restriction during pregnancy in rabbits: Effects on hormones and metabolites involved in energy homeostasis and metabolic programming", *Research in Veterinary Science*, V.98 (2015), 7 - 12.
- 405.** Boussit, D., "Reproduction et insémination artificielle en cuniculture", Edition Association Française de Cuniculture, (1989), 233p.
- 406.** Naturil-Alfonso C., Lavara R., Vicente J.S., and Marco-Jiménez F., "Effects of female dietary restriction in a rabbit growth line during rearing on reproductive performance and embryo quality", *Reproduction in Domestic Animal*, V.51, (2016), 114 - 122.
- 407.** Nafeaa, A., Abdel fattah, Ahmed, S., and Hallah, S.F., "Effect of Feed Restriction during Pregnancy on Performance and Productivity of New Zealand White Rabbit Does", *Veterinary Medicine International*, V.839737, (2011), 5p.
- 408.** Zak, L.J., Xu X., Hardin, R.T., and Foxcroft, G.R., "Impact of different patterns of feed intake during lactation in the primiparous sow on follicular development and oocyte maturation", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.110, (1997), 99 - 106.
- 409.** Ashworth, C.J., Beattie, L., Antipatis, C., and Vallet, J., "Effects of pre- and post-mating feed intake on blastocyst size, secretory function and glucose metabolism in Meishan gilts", *Reproduction Fertility and Development*, V.11, (1999), 323 - 327.
- 410.** Ibrahim, Z.A., "Some reproductive traits of newly imported Bouscat, New Zealand White and Californian breeds as affected by Egyptian environmental conditions", *Egyptian Journal of Rabbit Science*, V.4, n°2, (1994), 183 - 190.

- 411.**Asker, A.A.S., "Some environmental factors affecting productive and reproductive traits of rabbits", Ph.D. Thesis, Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt (1999).
- 412.**Dollah, M.A., Ramakrishnan, N., Nordin, Y., and Sani, R.A., "Reproductive responses to climatic heat induced by management systems in swamp buffaloes", Proceedings of Coordination Meeting on the Use of Nuclear Techniques to Improve Domestic Buffalo Production in Asia, FAO/IAEA, Vienna, Austria, (1990), 155 - 166.
- 413.**El-Fouly, H.A., Boady, A.M.A., Radwan, A.A., and Kamar, G.A.R., "Seasonal variation in some reproductive traits of Bouscat and Giza White rabbits", Egyptian Journal of Animal Production V.17, n°1, (1997), 9 - 19.
- 414.**Marai, I.F.M., et El-Kelawy, H.M., "Effect of heat stress on the reproduction in females of rabbits, 1st International Conference on Indigenous Versus Acclimatized", Rabbits, El-Arish-North Sinai, Egypt, (1999).
- 415.**Horwarth, B., Alliston, CW., and Ulberg, L.C. "Importance of uterine environment on rabbit sperm prior to fertilization", Journal of Animal Science, V.24, (1965), 1027 - 1032.
- 416.**Alliston, CW., and Ulberg, LC., "Early pregnancy loss in sheep at ambient temperatures of 70° and 90° F. as determined by embryo transfer", Journal of Animal Science, V.20, (1961), 608 - 613.
- 417.**McNitt, J.I., et Lukefahr, S.D., "Effects of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbits", Journal of Animal Science, V.68,(1990), 1505-1512.
- 418.**Teague, HS., Roller, WL., and Grifo, A.P., "Influence of high temperature and humidity on the reproductive performance of swine". Science, V.27, (1968), 408 - 411.
- 419.**Baselga, M., et Blasco, A., "Mejora genetica del conejo de produccion de carne", Madrid: Mundi-Prensa (1989).
- 420.**Blasco, A., Sorensen, D., and Bidanel, J.P., "A Bayesian analysis of genetic parameters and selection response for litter size components in pigs", Genetics, V.149, (1998), 301 - 306.
- 421.**Ragab, M., Lavara R., Vicente J.S., Mínguez C., and Baselga, M., "Effect of lactation stage on litter size components in rabbits", 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh, Egypt, (2012), (September 3 - 6), 373 - 377.

- 422.** Ford, S.P., Vonnahme, K.A., and Wilson, M.E., "Uterine capacity in the pig reflects a combination of uterine environment and conceptus genotype effects", *Journal of Animal Science*, 80 (Suppl. 1), (2002), 66 - 73.
- 423.** Vallet, K.L., Klemcke, H.G., and Christendon, R.K., "Interrelationships among conceptus size, uterine protein secretion, fetal erythropoiesis, and uterine capacity", *Journal of Animal Science*, V.80, (2002), 729 - 737.
- 424.** Fleming, M.W., Rhodes, R.C., and Dailey, R.A., "Compensatory responses after unilateral ovariectomy in rabbits". *Biology of Reproduction*, V.30, (1984), 82 - 86.
- 425.** Mariana, J.C., et Dervin, C., "Influence de l'ovariectomie unilatérale sur la croissance folliculaire chez la lapine". *European Archives Biology*, V.1103, (1992), 5 - 14.
- 426.** Brinkley, H.J., Wickersham, E.W., First, N.L., and Casida, L.E., "Effect of unilateral ovariectomy on the structural and function of corpora lutea of the pig", *Endocrinology*, V.74, (1964), 462 - 476.
- 427.** Père, M.C., Dourmad, J.Y., et Etienne, M., "Effect of number of pig embryos in the uterus on their survival and development and on maternal metabolism", *Journal of Animal Science* V.75, (1997), 1337 - 342.
- 428.** Argente, M.J., Santacreu, M. A., Climent, A., Bolet, G., and Blasco, A., "Divergent selection for uterine capacity in rabbits". *Journal of Animal Science*, V.75, (1997), 2350 - 2354.
- 429.** Leymaster, A.K., Christenson, R.K., and Young, L.D., "Héritabilité réalisée de la taille de portée dans la sélection de truies dites « Hyperprolifiques »", *Génétique Sélection et Evolution*, V.19, (1986), 351 - 354.
- 430.** Bennet, G.L., et Leymaster, K.A., "Integration of ovulation rate, potential embryonic viability and uterine capacity into a model of litter size in swine", *Journal of Animal Science*, V.67, (1989), 1230 - 1241.
- 431.** Blasco, A., Argente, M.J., Haley, C.S., and Santacreu, M.A., "Relationships between components of litter size in unilaterally ovariectomized and intact rabbit does", *Journal of Animal Science*, V.72, (1994), 3066 - 3072.
- 432.** McLaren, A., "Genetic and environmental effects on fetal and placental growth in mice", *Journal of Reproduction Fertility*, V.9, (1965), 79-88.

- 433.** Long, C.R., Lamberson, W.R., and Bates, R.O., "Genetic correlations among reproductive traits and uterine dimensions in mice", *Journal of Animal Science*, V.69, (1991), 99 - 103.
- 434.** Armero, G., et Blasco, A., "Economic weight for rabbit selection indices", 5th World Rabbit Congress, Oregon, V.A, (1992), 637-642.
- 435.** Bassuny, S.A., "Performance of doe rabbits and their weanlings as affected by heat stress and their alleviation by nutritional means, under Egyptian conditions", *Egyptian Journal Rabbit Science*, V.9, (1999), 61 - 72.
- 436.** Mocé, M.L., et Santacreu, M.A., "Genetic improvement of litter size in rabbits: A review", *Proceeding of 9th World Congress in Genetics Applied to Livestock*, Prod. Leipzig, Germany, (2010).
- 437.** Ouhayoun, J., Pujardieu, B., "Etude comparative de races de lapins en croisement. Relations interraciales et intraraciales entre caractères des produits terminaux", 2^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, Toulouse, France, (4-5 Avril), communication n°24, (1978).
- 438.** Perez, J.M., Lebas, F., Gidenne, T., Maertens, L., Xiccato, G., Parigi-Bini, R., Dalle Zotte, A., Cossu, M.E., Carazzolo, A., Villamide, M.J., Carabano, R., Fraga, M.J., Ramos, M.A., Cervera, C., Blas, E., Fernandez, J. Falcao, E Cunha, L., Bengala T.J., "European reference method for *vivo* determination of diet digestibility in rabbits", *World rabbit Science*, V.3, (1995), 41-43.
- 439.** Bazer, F.W., Robison, O.W., Clawson, A.J., Ulberg, L.C., "Uterine capacity at two stages of gestation in gilts following embryo superinduction", *Journal of Animal Science*, V.29, (1969), 30.
- 440.** Beyer, C., et Rivaud, N., "Sexual behavior in pregnant and lactating domestic rabbits", *Physiology Behavior*, V.4, (1969), 753 - 757.
- 441.** Blasco, A., Ouhayoun, J., Masoero, G., "Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research", *World Rabbit Science*, V.1, (1993), 3-10.
- 442.** Blibek, M., et Aliouane, M., "Etudes des composantes biologiques de la lapine locale", *Projet de fin d'étude*, Faculté de Biologie et Agro-Vétérinaire, Université de Blida, (2003), 82p.
- 443.** Bolet, G., "Effet du nombre de fœtus par corne et de la taille de portée à la naissance sur le poids des lapereaux jusqu'à 11 semaines, après

standardisation des portées”, IVème Journées de Recherche Cunicole, La Rochelle, (6-7 Décembre), V.1, (1994b) 127-135.

- 444.**Wilson, M.E., Biensen, N.J., and Ford S.P., “Novel insight into the control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool”. *Journal of Animal Science*, V.77, (1999), 1654 - 1658.
- 445.**Hermreck, A.S., Greenwald, G.S., “The effects of unilateral ovariectomy on follicular maturation in the Guinea pig”, *Anatomical Record*, V.148, (1964), 171 - 176.
- 446.**Desaive, P., “Contribution à l'étude du mécanisme de l'évolution et de l'involution folliculaire dans l'ovaire de lapine adulte”, *Arch Biol*, V.58, (1947), 332-446.
- 447.**Bolet, G., Martinat-Botté, F., Locatelli, A., Gruand, J., Terqui, M., and Berthelot, M., “Components of prolificacy in hyperprolific large White sows compared with themeishan and large white breeds”, *Génétique Sélection Evolution*, V.18, (1986), 333 - 342.
- 448.**Dickinson, A.G., Hancock, J.L., Hovell, G.J.R., Taylor, S.C.S., and Wiener, G., “The size of lambs at birth: A study involving egg transfer”. *Animal Productions*, V.4, (1962), 64 - 79.
- 449.**Allen, W.R., Wilsher, S., Turnbull, C., Stewart, F., Ousey, J., Rosedale, P.D., and Fowden, A.L., “Influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse: I. Development *in utero*”, *Reproduction*, V.123, (2002), 445 - 453.
- 450.**Bérard, J., Pardo, C.E., Béthaz, S., Kreuzer, M., and Bee, G., “Intrauterine crowding decreases average birth weight and affects muscle fiber hyperplasia in piglets”, *Journal of Animal Science*, V.88, (2010), 3242 - 3250.
- 451.**Lebas, F., “Influence de la position in utero sur le développement corporel des lapereaux”, 3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, (8-9 Décembre), Paris, (1982), 161 - 166.
- 452.**Garcia-Ximénez, F., et Vicente J. S., “Limiting effects of uterine crowding on the number and weight of live pups at birth in hemiovariectomized and normal rabbit does”, *Reproduction Nutrition Développement*, 33, (1993), 69 - 73.

- 453.**Fortun-Lamothe, L., Lamboley-Gaüzère, B., and Bannelier, C., "Prediction of body composition in rabbit female using total body electrical conductivity (TOBEC)", *Livestock Production Science* V.78, (2002), 132 - 142.
- 454.**Clark, M.M., Tucker, L., Galef, Jr. B.G., "Stud males and dud males: intrauterine position effects on the reproductive success of male gerbils", *Animal Behavior*, V.43, (1992), 215 - 221.
- 455.**Dams, C.F., "Mammalian egg transfer", CRC Press, INC., Boca Raton, FL, (1982), 242p.
- 456.**Vallet, J.L., Christenson, R.K., and McGuire, W.J., "Association between utero-ferritin, retinol-binding protein, and transferrin within the uterine and conceptus compartments during pregnancy in swine", *Biology of Reproduction*, V.55, (1996), 1172 - 1178.
- 457.**Pearson, P.L., Klemcke, H.G., Christenson, R.K., and Vallet, J.L., "Uterine environment and breed effects on erythropoiesis and liver protein secretion in late embryonic and early fetal swine", *Biology of Reproduction*, V.58, (1998), 911 - 918.
- 458.**Anthony, R.V., Pratt, S.L., Liang, R., and Holland, M.D., "Placental-fetal hormonal interactions: impact on fetal growth", *Journal of Animal Science*, V.73, (1995), 1861 - 1871.
- 459.**Vallet, K.L., Leymaster, K.A., Cassady, J.P., and Christenson, R.K., "Are hematocrit and placental efficiency selection tools for uterine capacity in swine?", *Journal of Animal Science*, V.79, (Suppl. 2), (2001), 89.
- 460.**Youngs, C.R., Christenson, L.K., Ford, S.P., "Investigations into the control of litter size in swine: III. A reciprocal embryo transfer study of early conceptus development", *Journal of Animal Science*, V.72, (1994), 725 - 731.
- 461.**Biensen, N.J., Wilson, M.E., and Ford, S.P., "The impact of either a Meishan or Yorkshire uterus on Meishan or Yorkshire fetal and placental development to days 70, 90, and 110 of gestation", *Journal of Animal Science*, V.76, (1998), 2169 - 2176.
- 462.**Vonnahme, K.A., Wilson, M.E., and Ford, S.P., "Conceptus competition for uterine space: Different strategies exhibited by the Meishan and Yorkshire pig", *Journal of Animal Science*, V.80, (2002), 1331 - 1316.

- 463.** Kirby, Y.L., et Nielsen, M.K., "Alternative methods of selection for litter size in mice, III. Response to 21 generations of selection", *Journal of Animal Science*, V.71, (1993), 571 - 578.
- 464.** Gion, J.M., Clutter, A.C., and Nielsen, M.K., "Alternative methods of selection for litter size in mice: II response to thirteen generations of selection", *Journal of Animal Science*, V.68, (1990), 3543 - 3556.
- 465.** Blasco, A., Ortega, J.A., and Santacreu, M.A., "Selection for uterine capacity: I Genetic trends and correlated response in components of litter size", 7th World Rabbit Congress, Valencia, (4-7 July), (2000).
- 466.** Garcia, M.L., et Baselga, M., "Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits". *World Rabbit Science*, V.10, n°2, (2002) 71-76.
- 467.** Garcia, M.L., et Baselga, M., "Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cryopreserved control population", *Livestock Production Science*, V.74, (2002), 45 - 53.
- 468.** Mocé, M.L., Piles, M., Santacreu, M.A., and Blasco, A., "Correlated response to selection for uterine capacity on teat number and effect on teat number on survival rate", 7th World Rabbit Congress, Valencia, (4-7 July), (2000).
- 470.** VomSaal, F.S., Quadagno, D.M., Even, M.D., Keisler, L.W., Keisler, D.H., and Khan, S., "Paradoxical effects of maternal stress on fetal steroids and postnatal reproductive traits in female mice from different intrauterine positions", *Biology of Reproduction*, V.43, (1990), 751 - 61.
- 471.** Palos, J., Szendro, Z.S., and Kustosk, K., "The effect of number and position of embryos in the uterine horns on their weight at 30 days of pregnancy", 6th World Rabbit Congress, Toulouse, V.2, (1996), 97-102.
- 472.** Bruce, N.W., et Abdul-Karim, R.W., "Relationships between fetal weight, placental weight and maternal placental circulation in the rabbit at different stages of gestation", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.32, (1973), 15 - 24.
- 473.** Waldorf, D.P., Foote, W.C., Self, H.L., Chapman, A.B., and Casida, L.E., "Factor affecting fetal pig weight late in gestation", *Journal of Animal Science*, V.16, (1957), 976 - 985.

- 474.** Perry, J.S., et Rowell, J.G., "Variation in fetal weight and vascular supply along the uterine horn of the pig", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.9,(1969), 527 - 534.
- 475.** Wise, T., Roberts, A.J., and Christenson, R.K., "Relationships of light and heavy fetuses to uterine position, placental weight, gestational age and fetal cholesterol concentrations", *Journal Animal Science*, V.75, (1997), 2197 - 2204.
- 476.** VomSaal, F.S., et Bronson, F.H., "Sexual characteristics of adult female mice are correlated with their blood testosterone levels during prenatal development", *Science*, V.208, (1980), 597 - 9.
- 477.** Clark, M.M., Crews, D., and Galef, Jr. B.G., "Concentration of sex steroid hormones in pregnant and fetal Mongolian gerbils", *Physiology and Behavior*, V.49, (1991), 239 - 43.
- 478.** Clark, M.M., Tucker, L., Galef, Jr. B.G., "Stud males and dud males: intrauterine position effects on the reproductive success of male gerbils", *Animal Behavior*, V.43, (1992), 215 - 221.
- 479.** Wise, T.H., et Christenson, R.K., "Relationship of fetal position within the uterus to fetal weight, placental weight, testosterone, estrogens, and thymosin b4 concentrations at 70 and 104 days of gestation in swine", *Journal of Animal Science*, V.70, (1992), 2787 - 93.
- 480.** VomSaal, F.S., "Variation in infanticide and parental behavior in male mice due to prior intrauterine proximity to female fetuses: elimination by prenatal stress", *Physiology and Behavior*, V.30, (1983), 675 - 81.
- 481.** Clark, M.M., et Galef, Jr. B.G., "Effects of uterine position on rate of sexual development in female Mongolian gerbils", *Physiology and Behavior*, V.42, (1988), 15 - 18.
- 482.** Clark, M.M., Karpuik, P., and Galef, Jr. B.G., "Hormonally mediated inheritance of acquired characteristics in Mongolian gerbils", *Nature*, V.367, (1993), 712.
- 483.** McDermott, N.J., Gandelman, R., and Reinisch, J.M., "Contiguity to male fetuses influences ano-genital distance and time of vaginal opening in mice", *Physiology and Behavior*, V.20, (1978), 661 - 3.

- 484.** Vandenberg, J.G., et Huggett, C.L., "The anogenital distance index, a predictor of the intrauterine position effects on reproduction in female house mice", *Laboratory Animal Science*, V.45, (1995), 567 - 73.
- 485.** Oxána, B., Péter, S., Kriszta, D., Agnes, B., and Vilmos, A., "Anogenital distance as a predictor of attractiveness, litter size and sex ratio of rabbit does", *Physiology and Behavior*, V.105, (2012), 1226 – 1230.
- 486.** Clark, M.M., et Galef, Jr. B.G., "Sexual segregation in the left and right horns of the gerbil uterus: the male embryo is usually on the right, the female on the left (Hippocrates)", *Developmental Psychobiology*, V.23, (1990), 29 - 37.
- 487.** Clark, M.M., et Galef, Jr. B.G., "A gerbil dam's fetal intrauterine position affects the sex ratio of litters she gestates", *Physiology and Behavior*, V.57, (1995), 297 - 9.
- 488.** Clark, M.M., Vonk, J.M., and Galef, Jr. B.G., "Reproductive profiles of adult Mongolian gerbils gestated as the sole fetus in a uterine horn". *Physiology and Behavior*, V.61, (1997), 77-81.
- 489.** Howdeshell, K.L., Hotchkiss, A.K., Thayer, K.A., Vandenberg, J.G., and VomSaal F.S., "Exposure to bisphenol A advances puberty", *Nature*, V.401, (1999), 763 - 4.
- 490.** Howdeshell, K.L., et VomSaal, F.S., "Developmental exposure to bisphenol A: interaction with endogenous estradiol during pregnancy in mice", *American Zoologist*, V.40, (2000), 429 - 37.
- 491.** Gandelman, R., VomSaal, F.S., and Reinisch, J.M., "Contiguity to male fetuses affects morphology and behavior of female mice". *Nature*, V.266, (1977), 722 - 4.
- 492.** Jubilan, B.M., et Nyby, J.G., "The intrauterine position phenomenon and precopulatory behaviors in house mice", *Physiology and Behavior*, V.51, (1992), 857 - 72.
- 493.** Palanza, P., Parmigiani, S., and VomSaal, F.S., "Urine marking and maternal aggression of wild female mice in relation to anogenital distance at birth", *Physiology and Behavior*, V.58: (1995), 827 - 35.
- 494.** Oxana, B., Vilmos, A., and Agnes, B., "Intrauterine position influences anatomy and behavior in domestic rabbits", *Physiology and Behavior*, V.98, (2009), 258 - 262.

- 495.** Oxána, B., Vilmos, A., Anita, D., and Agnes, B., "Testosterone treatment of pregnant rabbits affects sexual development of their daughters", *Physiology and Behavior*, V.101, (2010), 422 - 427.
- 496.** Houtsmuller, E.J., Thornton, J.A., and Rowland D.L., "Using a regression approach to study the influence of male fetuses on the genital morphology of neonatal female rats", *Multivariate Behavior Research*, V.32, (1997), 77 - 94.
- 497.** Richmond, G., et Sachs, B.D., "Further evidence for masculinization of male rats by males located caudally in utero", *Hormonal and Behavior*, V.18, (1984), 484 - 90.
- 498.** Clemens, L.G., Gladue, B.A., and Coniglio, L.P., "Prenatal endogenous androgenic influences on masculine sexual behavior and genital morphology in male and female rats", *Hormonal and Behavior*, V.10, (1978), 40 - 53.
- 499.** Kerkouche, T.N., Zitouni, G. H., Boumahdi, Z., Berbar, A., Kerkouche, R., Benali, N., Titouh F., and Belabbas, R., "Etude des relations entre distance ano-génitale, parité et quelques caractéristiques de la reproduction de la lapine", *Livestock Research for Rural Development*, V.26, n°2, (2014).
- 500.** Rines, J.P., et VomSaal, F.S., "Fetal effects on sexual behavior and aggression in young and old female mice treated with estrogen and testosterone", *Hormonal and Behavior*, V.18, (1984), 117 - 29.
- 501.** Van Der Hoeven, T., LeFevre, R., Mankes, R., "Effects of intrauterine position on the hepatic microsomal polysubstrate monooxygenase and cytosolic glutathione S-transferase activity, plasma sex steroids and relative organ weights in adult male and female Long-Evans rats", *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, V.263, (1992), 32 - 9.
- 502.** Nonneman, D.J., Ganjam, V.K., Welshons, W.V., and VomSaal, F.S., "Intrauterine position effects on steroid metabolism and steroid receptors of reproductive organs in male mice", *Biology Reproduction*, V.47, (1992), 723 - 9.
- 503.** Palanza, P., Morley-Fletcher, S., and Laviola, G., "Novelty seeking in preadolescent mice: sex differences and influence of intrauterine position", *Physiology and Behavior*, V.72, (2001), 255 - 62.

- 504.** Meisel, R.L., et Ward, I.L., "Fetal female rats are masculinized by male littermates located caudally in the uterus", *Science*, (1981), V.213, 239 - 42.
- 505.** Houtsmuller, E.J., et Slob AK., "Masculinization and defeminization of female rats by males located caudally in the uterus", *Physiology and Behavior*, V.48, (1990), 555 - 60.
- 506.** De Rochambeau, H., "Objectifs et méthodes de gestion génétique des populations cynicoles d'effectifs limités", *Option Méditerranéennes, Séries Séminaires*, n°8, (1990), 19 - 27.
- 507.** Matheron, G., et Chevalet, C., "Conduite d'une population témoin de lapins, Evolution à court terme du coefficient de consanguinité selon le schéma d'accouplement", *Annales Génétique et Sélection Animale*, V.9, (1977), 1 - 13.
- 508.** Mefti-Korteby, H., "Caractérisation zootechnique et génétique du lapin local (*Oryctolagus Cuniculus*)", Thèse de Doctorat en Science Agronomiques, Spécialité : Zootechnie, (2011), 165p.
- 509.** Brun, J.M., and Baselga, M., "Analysis of reproductive performances during the formation of a rabbit synthetic strain", 8th World Rabbit Congress, Puebla (Mexico), WRSA ed., (September), (2004), 32 - 37.
- 510.** AFNOR, "Recueil de normes françaises, Méthodes d'analyses françaises et communautaires Aliments des animaux", 2^e Edition, (1985), 200p.
- 511.** Theau-Clément M., Sécula A., Saleil G., Monniaux D., Brecchia G., Boiti C., Bodin L., and Brun J.M., "Genetic and non-genetic factors affecting rabbit doe sexual receptivity as estimated from one generation of divergent selection", *World Rabbit Science.*, V.23, (2015), 171 - 179.
- 512.** Hafez, E.S.E., "Preservation and cryopreservation of gametes and embryos", *Reproduction in farm animals*, edited by Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, (2000), 431 - 442.
- 513.** García, M.L., Peiró, R., Argente, M.J., Merchán, M., Folch, J.M., Blasco, A., and Santacreu M.A., "Investigation of the oviductal glycoprotein 1 (OVGP1) gene associated with embryo survival and development in the rabbit", *Journal of Animal Science*, V.88, (2010), 1597 - 1602.
- 514.** Argente, M.J., Merchán, M., Peiró, R., Garcia, M.L., Santacreu, M.A., Folch, J.M., and Blasco, A., "Candidate gene analysis for reproductive traits in two

lines of rabbits divergently selected for uterine capacity”, *Journal of Animal Science*, V.88, (2010), 828 - 836.

- 515.**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, Sharm El-Sheikh, Egypt, (September 3-6),(2012), 195 - 196.
- 516.**Viudes-de-Castro M.P., Pomares A., Saenz de Juanoi Ribes M.D., Marco-Jiménez F., Vicente J.S., “Effect of luteinizing hormone on rabbit ovarian superstimulation and embryo developmental potential”, *Theriogenology*, V.84, (2015), 446 - 451.
- 517.**Bolet, G., Brun, J.M., Theau-Clément, M., Esparbie, J., and Falieres, J., “Constitution d’une souche synthétique de lapins à l’INRA : 3, Aptitude à la combinaison avec la souche 1077 pour produire une femelle parentale, Résultats préliminaires”, 8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, France, Paris, (1999), 131 - 134.
- 518.**Brun, J.M., Bolet, G., Theau-Clément, M., Esparbie, J., and Falieres, J., “Constitution d’une souche synthétique de lapins à l’INRA:1, Développement des caractères de reproduction et du poids des lapines dans les premières générations”, 8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, ITAVI, Paris, France, (9-10 Juin), (1999), 123 - 126.
- 519.**Salvetti, P., Guérin, P., Theau-Clément, M., Hurtaud, J., Beckers, J.F., and Joly, T., “Essais d’amélioration de la production d’embryons chez la lapine”, 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, (27-28 novembre), (2007), 41 - 44.
- 520.**Belabbas, R., AinBaziz, H., Ilès, I., Zenia, S., Boumahdi, Z., Boulbina, I., and Temim, S., “Etude de la prolificité et de ses principales composantes biologiques chez la lapine de population locale algérienne (*Oryctolagus cuniculus*)”, *Livestock Research for Rural Development*, V.23, n°3, (2001).
- 521.**Mariana, J.C., Hulot, F., and Poujardieu, B., “Croissance comparée des follicules ovariens dans deux souches de lapin”, 4^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Paris (France), Communication n°20, (1986), 12p.
- 522.**Boumahdi, Z., Belabbas, R., Theau-Clément, M., Bolet, G., Brown, P., Kaidi, R., “Behavior at birth and anatomo-histological changes studies of uteri and

- ovaries in the post partum phase in rabbits”, *European Journal of Scientific Research*, V.34, n°4, (2009), 474 - 484
- 523.**Signoret, J., Cognie, Y., and Martin., G.B., “The effect of males on female reproductive physiology”, In: M. Courot (Editor), *The Male in Farm Animal Reproduction*, Martinus Nijhoff, Dordrecht, Netberlands, (1984), 290 - 304.
- 524.**Soede., N.M., “Boar stimuli around insemination affect reproductive processes in pigs: a review”, *Anita. Reprod. Sci.*, V.32, (1993), 107 - 125.
- 525.**Jochle, W., Current research in coitus-induced ovulation, A review”, *Journal of Reproduction and Fertility Suppl.*, V.22, 165 - 207.
- 526.**Vicente, J.S., Llobata, L., Viudes De Castro, M.P., Lavara, R., Baselga, M. and Marco-Jiménez, F., “Gestational losses in a rabbit line selected for growth rate”, *Theriogenology* (2012), V.77, 81 - 88.
- 527.**Lavara, R., Viudes, De Castro M.P., Mellasen G.M.K., and Vicente, J.S., “Eficiencia de la recuperación “in vivo” de embriones de conejo por laparoscopia”, *ITEA*, V.26, (2005), 398 - 400.
- 528.**Angel, M.A., Gil, M.A., Cuello, C., Sanchez-Osorio, J., Gomis, J., Parrilla, I., Vila, J., Colina I., Diaz, M., Reixach, J., Vazquez, J.L., Vazquez, J.M., Roca, J. and Martinez, E.A., “The effects of superovulation of donor sows on ovarian response and embryo development after nonsurgical deep-uterine embryo transfer”, *Theriogenology*, V.81, (2014), 832 - 839.
- 529.**Martinat-Botté, F., Venturi, E., Guillouet, P., Driancourt, M.A., Terqui, M, “Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropin-releasing hormone agonist (receptal)”, *Theriogenology*, V.73, (2010), 332 - 342.
- 530.**Marco-Jiménez, F., Naturil-Alfonso, C., Jiménez-Trigos, E., Lavara, R., Vicente, J.S., “Influence of zona pellucida thickness on fertilization, embryo implantation and birth, *Animal Reproduction Science*”,V.132, (2013), 96 - 100.
- 531.**Oehninger, S., Mahony, M., and Ozgur, K., “Clinical significance of humansperm–zona pellucida binding”, *Fertililty and Sterililty* V.67, (1997), 1121 - 1127.
- 532.**Bencheikh, N., “Effet de la fréquence de collecte de la semence sur les caractéristiques du sperme et des spermatozoïdes récoltés chez le lapin”, *Annales de Zootechnie*, V.44, (1995), 263 - 279.

- 533.** Brun, J.M., Theau-Clément, M., Esparbié, J., Falières, J., Saleil, G., and Larzul C., "Semen production in two rabbit lines divergently selected for 63-d body weight", *Theriogenology*, V.66, (2006), 2165 - 2172.
- 534.** Theau-Clément, M., Brun, J.M., Esparbié, J., Falières, J., Garvanèse, J., Lamothe, E., Larzul, C., Milcent, N., Saleil, G., "Une sélection pour la vitesse de croissance influence-t-elle la fécondance de la semence de lapin", 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, (27-28 Novembre) (2007), 53 - 56.
- 535.** Perry, J.S., Rowlands, I.W., "Early pregnancy in the pig", *Journal of Reproduction Fertility*, V.4, (1962), 175 - 188.
- 536.** Thibault C., 1975. "Fécondité et stérilité du femelle", Masson, Vol 1, pp : 323 - 333
- 537.** Al-Shorepy. S.A., Clutter, A.C., Blair, R.M., and Nielsen, M.K., "Effects of three methods of selection for litter size in mice on preimplantation embryonic development", *Biology of Reproduction*, V.46, (1992), 958 - 963.
- 538.** Durrant, B.S., Eisen, E.J. and Ulberg, L.C., "Ovulation rate, embryo survival and ovarian sensitivity to gonadotrophins in mice selected for litter size and body weight", *Journal of Reproduction and Fertility*, V.59, (1980), 329 - 339.
- 539.** Moler, T.L., Donahue, S.E., Anderson, G.B., Bradford, G.E., "Effects of maternal and embryonic genotype on prenatal survival in two selected mouse lines", *Journal of Animal Science*, V.51, (1981), 300 - 303.
- 540.** Laborda, P.V., "Selection for ovulation rate in rabbits", Thesis PhD, Universidad Politécnica de Valencia, Spain, (2009), 128p.
- 541.** Xie, S., Broermann, D.M., Nephew, K.P., Bishop, M.D. and Pope, W.F., "Relationship between oocyte maturation and fertilization on zygotic diversity in swine", *Journal of Animal Science*, V.68, (1990), 2027-2033.
- 542.** Xie, S., Broermann, D.M., Nephew, K.P., Geisert, R.D., and Pope, W.F., "Ovulation and early embryogenesis in swine", *Biology of Reproduction*, V.43, (1990), 236 -240.
- 543.** Szendro, ZS., "Examination of production of rabbit in point view of improvement". Ph.D. Thesis, Godollo (1986).

- 544.** Algarra B., Han L., Soriano-Úbeda C., Avilés M., Coy P., Jovine L., and Jiménez-Movilla M., "The "C-terminal region of OVGP1 remodels the zona pellucida and modifies fertility parameters", *V.6*, (2016), 32556.
- 545.** Szendro, Z., "The nutritional status of fetuses and suckling rabbits and its effects on their subsequent productivity: A review", In: *Proceeding 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain, V.B*, (2000), 375 - 393.
- 546.** Lewis, A.M., Kaye, P.L., Lising, R., and Cameron, R.D.A., "Stimulation of protein synthesis and expansion of pig blastocysts by insulin in vitro". *Reprod. Fertil. Dev. V.4*, (1992), 119 - 123.
- 547.** Herrler, A., Krusche, A.C., and Beier, H.M., "Insulin and insulin-like growth factor-I promote rabbit blastocyst development and prevent apoptosis", *Biology of Reproduction, V.59*, (1998), 1302 - 1310.
- 548.** AbouKhadiga, G., Youssef, Y.M.K., and Baselga, M., "Characterization of reproductive performance of the APRI line of rabbits", *10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh –Egypt, (September 3 - 6)*, (2012), 743 - 747.
- 549.** Hwang, W., Kim, H., Lee, E., Lim, J., Roh, S., Shin, T., Hwang, K., and Lee, B., "Purification and embryotrophic roles of tissue inhibitor of metalloproteinase-1 in development of "HanWoo" (*Bos taurus coreanae*) oocytes co-cultured with bovine oviduct epithelial cells", *Journal Veterinary Medicine Science, V.62*, (2000), 1 - 5.
- 550.** Hould, R., "Techniques d'histopathologie et de cytopathologie", *Décarie édition, Montréal*, (1984), 385p.
- 551.** Hirshfield, A.N., "Follicular recruitment in long term hemicastrate rats", *Biology of Reproduction, V.27*, (1982), 48 - 53.
- 552.** Desai, P., "Etude des processus compensateurs de l'appareil folliculaire dans l'ovaire de lapine adulte", *Archives de Biologie, V.60*, (1949), 137 - 205.
- 553.** Haley, C.S. et Lee, C.J., "Genetic factors contributing to variation in litter size in British Large White gilts", *Livestock Production Science, 30*, (1992), 99 - 113.
- 554.** Laborda, P., Mocé, M.L., Santacreu, M.A., Blasco, A., "Selection for ovulation rate in rabbits: genetic parameters, direct response and correlated response on litter size", *Journal of Animal Science, V.88*, (2011), 2981 - 2987.

- 555.**Staigmiller, R.B., First, N.L., and Casida L.E., "Ovarian compensatory hypertrophy following unilateral ovariectomy in hysterectomized and early pregnant gilts", *Journal of Animal Science* V.35, (1972), 809 - 813.
- 556.**Martin., M.J., Redmer, D.A., Ford,J.J., Christenson,R.K., and Day,B.N., "Ovarian compensatory hypertrophy following unilateral ovariectomy in the suckled sow", *J. Anim. Sci.* V.63, (1986), 572–578.
- 557.**Peters, H., "Folliculogenesis in Mammals, In: RE, J. (Ed.), *The Vertebrate ovary, Comparative biology and evolution*", Plenum Press, New York, (1978), 121-144.
- 558.**Kranzfelder, D., Korr, H., Mestwerdt, W., Maurer-Schultze, B., "Follicle growth in the ovary of the rabbit after ovulation-inducing application of human chorionic gonadotropin", *Cell Tissue Res*, V.238, (1984), 611 - 620.
- 559.**Dziuk, P.J., "Effect of number of embryos and uterine space on embryo survival in the pig", *Journal of Animal Science*, V.27, (1968), 673 - 676.
- 560.**Irgang, R., Scheid, I.R., Wentz, I., and Favero, J.A., "Ovulation rate, embryo number and uterus length in purebred and crossbred Duroc, Landrace and Large White gilts", *Livestock Production Science* V.33, (1993), 253 - 266.
- 561.**Pomp, D., Cowley, D.E., Eisen,E.J., Atchley,W. R., and Hawkins-Brown,D., "Donor and recipient genotype and heterosis effects on survival and prenatal growth of transferred mouse embryos",*Journal of Reproduction and Fertility*, V.86, (1989), 493-500.
- 562.**Adams, C.E., "Ovarian response to HCG and egg transport in the pregnant and postparturient rabbit", *Endocrinology*, n°40, (1968), 101-105.
- 563.**Vicente, J.S., Garcia-Ximénez, F., and Viudes-de-Castro, M.P., "Neonatal performances in 3 lines of rabbit (litter sizes, litter and individual weights)",*Ann. Zootech.* 44, (1995), 255 - 261.
- 564.**Roehe, R., et Kalm E., "Estimation of genetic and environmental risk factors associated with pre-weaning mortality in piglets using generalized linear mixed models", *Animal Science* V.70, (2000), 227 - 240.
- 565.**Rehfeldt, C. et Kuhn, G., "Consequences of birth weight for postnatal growth performance and carcass quality in pigs as related to myogenesis", *Journal of Animal Science*, V.84, (2006), E113 - E123.

- 566.**Dwyer, C.M., et Stickland N.C., "Sources of variation in myofiber number within and between litters of pigs", *Animal Production*, V.52, (1991), 527 - 533.
- 567.**Wolter, B.F., Ellis M., Corrigan B.P., and DeDeckerJ.M., "The effect of birth weight and feeding of supplemental milk replacer to piglets during lactation on pre-weaning and postweaning growth performance and carcass characteristics", *Journal of Animal Science* V.80, (2002), 301 - 308.
- 568.**Le Cozler, Y., PichodoX., Roy, H., Guyomarc'h, C.H., Pellois, N., Louveau,I., Lebret,B.,Lefaucheur,L., and Gondret,F., "Influence du poids individuel et de la taille de la portée à la naissance sur la survie du porcelet, ses performances de croissance et d'abattage et la qualité de la viande", *Journ. Rech.Porcine*, V.36, (2004), 443-450.
- 569.**Hudson, D.G., et Hull, D., "Growth of adipose tissue in the fetal rabbit", *BioNeonate*, V.27, (1975), 71 - 79.
- 570.**Père, M.C., et Etienne M., "Uterine blood flow in sows: Effects of pregnancy stage and litter size", *Reproduction Nutrition Development*, V.40, (2000), 369 - 382.
- 571.**Santacreu, M.A., Climent, A., Argente, M.A., and Blasco, A., "Caractéristiques, irrigation sanguine et survie des fœtus dans deux lignées de lapin sélectionnées de façon divergente pour l'efficacité utérine", 5^{èmes} Journée de la Recherche Cunicole, La Rochelle, (6-7 Décembre 1994), (1994), 247 - 249.
- 572.**VomSaal, F.S., "Variation in infanticide and parental behavior in male mice due to prior intrauterine proximity to female fetuses: elimination by prenatal stress", *Physiology and Behavior*, V.30, (1983), 675-81.
- 573.**Bautista, A, Rödel, G.H., Monclús, R., Juárez-Romero, M., Cruz-Sánchez E Martínez-Gómez, M. Hudson., R., "Intrauterine position as a predictor of postnatal growth and survival in the rabbit" *Physiology & Behavior*, V.138 (2015), 101 - 106.
- 574.**Gondret F., Lefaucheur L., Juin, H., Louveau,I., and Lebret,B., "Low birth weight is associated with enlarged muscle fiber area and impaired meat tenderness of the longissimus muscle in pigs", *Journal of Animal Science*, V.84, (2006), 93 - 103.

- 575.** Biensen, N.J., Haussmann, M.F., LayD, C., ChristianL, L., and Ford, S.P., "The relationships between placental and pig birth weights and growth traits", *Animal Science*, V.68, (1999), 709 - 715.
- 576.** Wilson, M.E., Biensen, N. J., Youngs, C.R., and Ford, S.P., "Development of Meishan and Yorkshire littermate conceptuses in either a Meishan or Yorkshire uterine environment to day 90 of gestation and to term", *Biology of Reproduction*, V.58, (1998), 905 - 910.
- 577.** Vonnahme, K.A., Wilson, M.E., and Ford, S.P., "Relationships between Placental Vascular Endothelial Growth Factor Expression and Placental/Endometrial Vascularity in the Pig", *Biology of Reproduction* V.64, (2001), 1821 - 1825.
- 578.** Ouhayoun, J., Poujardieu, B., "Etude comparative de races de lapins en croisement. Relations interraciales et intraraciales entre caractères des produits terminaux", 2^{èmes} Journ. Rech. Cunicole, Toulouse, France, (4-5 Avril), communication n°24, (1978).
- 579.** Dalle Zotte, A., Ouhayoun, J., Parigi Bin, R., and Xiccato, G., "Effect of age, diet and sex on muscle energy metabolism and on related physicochemical traits in the rabbit", *Meat Science*, V.43, n°1, (1996), 15 - 24.
- 580.** Gondret, F., "La lipogenèse chez le lapin. Importance pour le contrôle de la teneur en lipides de la viande", *INRA Production Animale*, V.12, (1999), 301 - 309.
- 581.** Perrier, F., et Chevallier, C., "Etude des potentialités zootechniques d'une population de lapines de race Argenté de compagnie", *Revue Avicole*, n°3, (1984), 90 - 94.
- 582.** Arias-Alvarez, M., Garcia-Garcia, R.M., Revuelta, L., Cuadrado, M., Mollan, P., Nicodemus, N., Rebollar, P.G., and Lorenzo, L., "Short term effects of different diets on ovarian function and oocyte maturation of rabbit nulliparous does", 9th World Rabbit Congress. Verona, Italy, (June 10-13), (2008), 279 - 284.
- 583.** Pascual, J.J., Motta, W., Cervera, C., Quevedo, F., Blas, E., and Fernández-Carmona, J., "Effect of dietary energy source on the performance and perirenal fat thickness evolution of primiparous rabbit does", *Animal Science* V.75, (2002), 267 - 279.

- 584.**Torres, S., Fraga, M.J., De and Blas, J.C., “Production de lache y mortalidad de los gazapos en la raza neozelandesa”, Ann. Inst. Nac. Invest. Agr, V.10, (1979), 25 - 30.
- 585.**Perrier, G., Theau-Clément, M., Jouanno, M., and Drouet, J.P. “Reduction of the GnRH dose and inseminated rabbit doereproductive performance”, 7thWorld Rabbit Congress, Valencia, Spain, V.A, (4-7 July), (2010), 225 - 230.
- 586.**Aliane L., et Mekked H., “Contribution à la caractérisation des performances de lapine de population locale”, Mémoire d’ingénieur, Université de Tizi Ouzou, (2003), 63p.
- 587.**Cherfaoui, Dj., Theau-Clément, M., Zerrouki, N., and Berchiche, M., “Reproductive performance of male rabbits of Algerian local population”, World Rabbit Science, V.21, (2013), 91 - 99.
- 588.**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.
- 589.**Kennou S., “Etude de la situation actuelle de l’élevage cunicole dans le gouvernorat de Bizerte et possibilité d’amélioration de cette production”, Mémoire de fin d’études de spécialisation, INA, Tunis (1983).
- 590.**Ayoola M. A., Fayeye T. R. and Ayorinde K. L., “.Gestation length, litter size at birth and their effects on some reproductive traits of domestic rabbit in Nigeria”.Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment, V.12, n°2, (2016), 81 - 84
- 591.**Brun, J.M., et Saleil,G,“Une estimation en ferme de l’hétérosis sur les performances de reproduction entre les souches de lapin INRAA2066 et A1077”, 6^{èmes} Journées de la RechercheCunicole, V.1, (1994), 203 - 207.
- 592.**Coutelet G., “Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins de chair en France en 2012”, 15^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans, (19-20 Novembre), (2013), 63 - 77.
- 593.**Ilès, I., “Induction de l’œstrus par les méthodes de biostimulation chez la lapine de population locale”, Thèse de Doctorat en Sciences Vétérinaires, Spécialité : physiologie Animale, (2014), 214p.

- 594.**Bolet, G., Brun, J.M., Lechevestrier, S., Lopez, M., and Boucher, S., "Evaluation of the reproductive performance of eight rabbits breeds on experimental farms", *Anim. Res.* V.53, (2004), 59 - 65.
- 595.**De Rochambeau, H., "Le programme "femelles hyperfécondes" (GIE Midi-Pyrénées Lapin-INRA): Bilan et perspectives, Mars 1986.
- 596.**Bolet, G., Brun, J.M., Hulot, F., "Relationships between ovulation rate and embryonic survival in various strains of rabbits", 4th World Rabbit Congress, Genetics and Physiology, Budapest, 10-14 Octobre, (1988), 149 - 159.
- 597.**Brun, J.M., Bolet, G., Theau-Clément, M., Esparbie, J., and Falieres, J., "Constitution d'une souche synthétique de lapins à l'INRA:1, Développement des caractères de reproduction et du poids des lapines dans les premières générations", 8^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, ITAVI, Paris, France, (9-10 Juin), (1999), 123 - 126.
- 598.**Zerrouki N., Comparaison entre deux souches de lapines de chaire INRA (1029,1077) sur la fertilité, la prolificité et des composantes biologiques, thèse de magister, INRA, 1998.
- 599.**Laborda, P., Mocé, M.L., Santacreu, M.A., Blasco, A., "Selection for ovulation rate in rabbits: I, genetic parameters, direct response and correlated response on litter size", *Journal of Animal Science*, (2011).
- 600.**Meunier, M., Hulot, F., Poirier J.C., and Torres, S., "La relation entre la la sécrétion de LH et FSH au moment de l'ovulation et les taux d'ovulation sur la mortalité embryonnaire précoce", 3^{ème} Journée de la Recherche Cunicole, Paris tome 1, communication n° 4, (1982).
- 601.**Laborda, P., Mocé M.L., Blasco, A. and Santacreu M.A., "Selection for ovulation rate in rabbits: Genetic parameters and correlated responses on survival rates", *Journal of Animal Science*, V.90, (2012), 439 - 446.
- 602.**Zerrouki N, Theau Clement M., Bolet G., composantes biologiques de la prolificité chez la lapine de population locale algérienne. Journées de Recherche Cunicole, Le mans, France, 2009.
- 603.**Posobiec L.M., Cox E.M., Howard MS., Lewis E.M., Wang K.F., and Stanislaus D., "A probability analysis of historical pregnancy and fetal data from Dutch belted and new Zealand white rabbit strains from embryo-fetal development", *Studies Birth Defects Research (Part B)*, V.107, (2016), 76 - 84.

- 604.**Al-Saef A.M., Khalil, M.H., Al-Homidan, A.H., Al-Dobaib, S.N. Al-Sobayil, K.A., García, M.L., 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, (2008), 238 - 246
- 605.**García, M.L., et Baselga, M., “Genetic response to selection for reproductive performance in a maternal line of rabbits”,*World Rabbit Science*,V.10, n°2, (2000), 71-6.
- 606.**Gomez, E.A., Rafel, O., and Ramon, J., “The Prat Strain (Spain)”, In rabbit genetic resources in Mediterranean countries, *Options Méditerranéennes, série B*, CIHEAM, Zaragoza, n° 38, (2002), 199 - 208.

PUBLICATION & COMMUNICATIONS

Publication :

Belabbas R., García M.L., AinBaziz H., Berbar A., Zitouni G., Lafri M., Bouzouan M., Merrouche R., Ismail D., Boumahdi Z., Benali N., Argente M.J., 2016. Ovulation rate and early embryonic survival rate in female rabbits of a synthetic line and a local Algerian population. *World Rabbit Science*, 2016, 24, doi:10.4995/wrs.2016.5301. (Thomson avec impact factor 0,90).

Communication internationales:

Belabbas R., Kerkouche TN., Zitouni GH., Boumahdi Z., Berbar A., Kerkouche R., Benali N., Titouh F., 2014. Etudes des relations entre distance ano-génitale, parité et quelques caractéristiques de la reproduction de la lapine. 25^{ème} Forum International des Sciences Biologiques et de Biotechnologie de l'ATSB, Tunisie, du 24 au 27 Mars, 2014.

Belabbas R., García M.L., AinBaziz H., Berbar A., Zitouni Gh., Bouzouan M., Merrouche R., Ismail Dj., Boumahdi Z., Benali N., Lafri M., Argente M.J., 2015. Le taux d'ovulation et le développement embryonnaire précoce chez la lapine de population locale et de souche synthétique. 5^{èmes} Journées Vétérinaires, Blida, 28 & 29 Novembre 2015.

Belabbas R., García M.L., AinBaziz H., Berbar A., Zitouni Gh., Bouzouan M., Merrouche R., Ismail Dj., Boumahdi Z., Benali N., Lafri M., Argente M.J., 2015. Caractérisation des composantes biologiques de la prolificité chez la lapine locale : taux d'ovulation et mortalité prénatale. 5^{èmes} Journées Vétérinaires, Blida, 28 & 29 Novembre 2015.

Belabbas R., AinBaziz H., García M.L., Berbar A., Zitouni Gh., Bouzouan M., Merrouche R., Ismail Dj., Boumahdi Z., Benali N., Lafri M., Argente M.J., 2015. Le croisement du lapin de population locale algérienne avec

une souche européenne : Effet sur la survie et le développement embryonnaire précoce. First International Workshop on Management and genetic improvement of animal resources Socio-participatory approach, May 17th, 18th, 19th 2015, National Parc Lalla Setti, Tlemcen.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berbar A., Zitouni Gh., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2015. Early embryonic survival and development in two strains of rabbits. 66th EAAP Annual Meeting, 31st August to 4th September 2015, Warsaw, Poland.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berbar A., Zitouni Gh., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2015. Component of litter size in rabbit of local population. 66th EAAP Annual Meeting, 31st August to 4th September 2015, Warsaw, Poland.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berbar A., Zitouni Gh., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2015. Litter size and early embryo development in rabbit of local population and synthetic line. IV International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015", Jahorina, 15-18 October 2015, Bosnia and Herzegovina.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Effect of anogenital distance before mating on behavior, litter size and its biological components in rabbits. 5th World Lagomorph Conference, California State University, Stanislaus in Turlock, California 11 - 15 July, 2016.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Effect of intra uterine position, vascularization and sex of the fetuses on their corporal composition in rabbits of local Algerian population. 5th World Lagomorph Conference, California State University, Stanislaus in Turlock, California 11 - 15 July, 2016.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Effect of intra uterine crowding on fetal and placental development, irrigation, available uterine space per fetus and the characteristics of the uterine horns. 5th World Lagomorph Conference, California State University, Stanislaus in Turlock, California 11 - 15 July, 2016.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. The components of litter size in rabbits: effect of Ano-Genital Distance. 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 29th August – 1st September 2016, Belfast, Irlande.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Effect of intra uterine position on corporal composition of rabbit fetuses. 67th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science, 29th August – 1st September 2016, Belfast, Irlande.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Intra uterine position and corporal development in rabbit. IIV International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, Jahorina, 6-9 October 2016, Bosnia and Herzegovina.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berba A., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Ano-Genital Distance and its relations with some reproductive traits in rabbits. IIV International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, Jahorina, 6-9 October 2016, Bosnia and Herzegovina.

Belabbas R., Lounaouci K., Bouzouan M., Boumahdi Z., Berbar A., 2016. Rabbits of local Algerian population: external morphometry and carcass traits. IIV International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, Jahorina, 6-9 October 2016, Bosnia and Herzegovina.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berbar A., Merrouche R., Chikhi B., Zitouni G., Lafri M., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Effect of genotype on growth in rabbits. IIV International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, Jahorina, 6-9 October 2016, Bosnia and Herzegovina.

Belabbas R., García ML., Ainbaziz H., Berbar A., Zitouni G., Bouzouan M., Lafri M., Ismail D., Adel D., Boumahdi Z., Argente MJ., 2016. Study of the uterine capacity in rabbits of local Algerian population: fetal and placental development. IIV International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, Jahorina, 6-9 October 2016, Bosnia and Herzegovina.