

République Algérienne Dé
Ministère de l'Enseignement Supérieur



886THV-2

Université Blida 01
Institut des Sciences Vétérinaires

Mémoire

Élaboré en vue de l'obtention du diplôme
De Docteur en Médecin Vétérinaire

Thème

**Étude de la capacité utérine chez la lapine de population locale
algérienne**

Présenté par

ISMAIL Mohamed Djamel Eddine

Promoteur :

Mr BELABBAS R. Maître Assistant B à l'Université de BLIDA 01

JURY :

Dr Boumahdi Merad Z. MCA à ISV Blida Présidente

Dr Khaled H. MAB à ISV Blida Examineur

Année Universitaire 20013/2014

Dédicace

A ceux qui sont les plus chers au monde, ma mère et mon père, à qui je n'arriverai jamais à exprimer ma gratitude et ma reconnaissance, pour leur amour et soutien tout au long de mes études. Ils ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Que Dieu les protège.

*A toute ma famille,
A tous mes amis(es)
Je dédie ce modeste travail.*



Je tiens dans un premier temps à rendre Grâce à Allah pour m'avoir accordé la santé, le moral et surtout sa bénédiction pour la réalisation de mon mémoire de fin d'études jusqu'à cet aboutissement.

Je tiens à remercier en premier lieu, mon promoteur Belabbas Rafik, d'avoir accepté de diriger mes travaux, puis de m'avoir offert la possibilité de poursuivre ce travail. Il a suivi pas à pas et avec beaucoup de patience l'évolution de mon travail, évolution facilitée par ses conseils très utiles, ses discussions enrichissantes et ses qualités scientifiques. Il m'a toujours accordé un encadrement attentionné. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde admiration.

C'est avec mon enthousiasme le plus vif et le plus sincère que je voudrais exprimer ma profonde gratitude à:

Dr Boumahdi Merad Z, qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider notre jury.

Dr Khaled H, pour nous avoir fait l'honneur d'accepter d'être membre du jury et d'examiner ce travail.

Je tiens à remercier vivement Monsieur Adel Djallel pour le temps précieux qu'il a consacré dans la réalisation des ovariectomies malgré son emploi du temps chargé. Grace à sa compétence et sa rigueur scientifique, il m'a inculqué son savoir faire dans la réalisation des ovariectomies. Qu'il trouve ici l'expression de mes remerciements les plus sincères.

C'est également à Abada Leila et Sellali Sabrina que je dois une reconnaissance particulière pour leur aide et leur disponibilité durant toutes les interventions chirurgicales.

Mes vifs remerciements vont aussi à toute l'équipe de la Clinique Vétérinaire de l'institut des sciences vétérinaires.

Un grand merci à mes amis Merouche Aissa, Bouzouane Mehdi et Chikhi Belkacem pour leur soutien moral et leur aide précieuse.

Enfin, Je tiens à remercier toutes les personnes ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

L'objectif de notre travail était d'étudier la capacité utérine et les effets de la position intra utérine, de la vascularisation et du sexe sur, le développement fœtal, placentaire et sur l'espace vital chez la lapine.

Au total, 15 lapines de population locale algérienne ont été uniovariectomisées à l'âge de 3 mois puis saillies pour la première fois à l'âge de 4,5 mois. Les femelles diagnostiquées gestantes ont été abattues au 25^{ème} jour de la gestation afin de mesurer le nombre d'embryons implantés, le statut des fœtus, les composantes biologiques de la prolificité, la vascularisation des sites d'implantation et le développement placentaire.

Nos résultats montrent que le nombre moyen d'embryons implantés chez les femelles de population locale est de 7,4 avec plus de 91% fœtus vivants. Le taux d'ovulation était de 8,26 indiquant une réponse compensatrice de l'ovaire restant. Contrairement à la mortalité post implantatoire, la mortalité embryonnaire a été faible par rapport à celle enregistrée sur des femelles de la même population ou de souches ou races étrangères. L'effet de la position intra utérine et de la vascularisation ont été très significatifs sur le poids et la taille des fœtus, le poids de tube digestif et du foie, le poids de placenta fœtal et l'espace vital. En effet, les fœtus en position oviductale ou recevant plus ou égal à 5 vaisseaux sanguins ont présenté les meilleures performances. Les paramètres mesurés dans cette étude ont été comparables entre les deux sexes des fœtus.

En conclusion, le taux d'ovulation et le nombre d'embryons implantés sont faibles chez la lapine de population locale. La position *in utero* et la vascularisation ont influencé la majorité des paramètres mesurés dans cette étude.

Mots clés : capacité utérine, mortalité embryonnaire et fœtale, vascularisation, placentas.

The objective of our work was to study the uterine capacity and the effects of intrauterine position, vascularization and sex on, fetal and placental development and available uterine space in rabbits.

A total of 15 rabbits of local Algerian population were uniovariectomized at the age of 3 months and then mated for the first time at the age of 4.5 months. Diagnosed pregnant females were slaughtered on the 25th day of pregnancy to measure the number of implanted embryos, the status of the fetus, the biological components of prolificacy, vascularization of implantation sites and placental development.

Our results show that the average number of implanted embryos in females of local population is 7.4 with more than 91% live fetuses. The ovulation rate was 8.26 indicating a compensatory response of the remaining ovary. Unlike post implantation mortality, embryonic mortality was low compared to that recorded in females from the same population or foreigner strains or races. The effect of intrauterine position and vascularization were highly significant on the weight and size of the fetus, the weight of the gastrointestinal tract and liver, weight of fetal placenta and available uterine space. Indeed, fetuses in oviductal position or receiving more than or equal to 5 blood vessels showed the best performance. The parameters measured in this study were comparable between the two sexes of fetuses.

In conclusion, the ovulation rate and the number of implanted embryos are low in the rabbit of local population. Intra uterine position and vascularization influenced most of the parameters measured in this study.

Keywords: uterine capacity, embryonic and fetal mortalities, blood supply, placentas.

إن هدف عملنا هذا، القيام بدراسة قدرة الرحم وتأثير مكان الجنين داخل الرحم، الأوعية الدموية والجنس على تطور ونمو الجنين، المشيمة والمساحة المتوفرة لدى أنثى الأرنب.

وكان ما مجموعه 15 من الأرانب المحلية الجزائرية تم إستأصال المبيض الأيسر في سن 3 شهور وبعد ذلك تم تلقيح الإناث للمرة الأولى في سن 4.5 أشهر. ثم تم ذبح الإناث الحوامل في اليوم 25 من الحمل لقياس عدد الأجنة المزروع، ووضع الجنين، والمكونات البيولوجية للتكاثر، الأوعية الدموية لكل مشيمة.

نتائجنا تظهر أن متوسط عدد الأجنة المزروعة في إناث الأرانب المحليين 7.4 مع أكثر من 91% من الأجنة الحية. كان معدل التبويض 8.26 مما يدل على استجابة تعويضية من المبيض المتبقي. على عكس الوفيات بعد الزرع، كان معدل الوفيات الجنينية منخفضة مقارنة مع تلك المسجلة في الإناث من نفس السلالات أو السلالات الأخرى إن تأثير مكان توضع الجنين داخل الرحم والأوعية الدموية كانت كبيرة جدا في وزن وحجم الجنين، وزن الجهاز الهضمي والكبد، ووزن مشيمة الجنين والمكان المخصص لكل جنين. في الواقع، أظهرت وضعية الجنين من جهة المبيض تلقي 5 أوعية دموية أو أكثر تظهر أفضل النتائج. وكانت المعايير المقاسة في هذه التجربة تطابق بين الجنسين.

وفي النتيجة، فإن الإباضة وعدد الأجنة المزروعة منخفضة بالنسبة لسلالة الأرانب المحلية. إن مكان توضع الجنين في الرحم والأوعية الدموية قد أثرت على معظم المعايير المقاسة في هذه الدراسة .

الكلمات الرئيسية: قدرة الرحم، وفاة الجنين، الدم والمشيمة .



Figure N°		Page
<i>La partie bibliographique</i>		
01	Vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation de la corne utérine droite d'une lapine hémiovariectomisées (Argente <i>et al</i> 2003).	10
02	Représentation schématique des positions de fœtus dans un utérus (Ryan et Vandenberg, 2002).	11
<i>Matériel et méthodes</i>		
03	Le bâtiment d'élevage.	17
04	Bloc opératoire de la clinique vétérinaire.	20
05	Fixation des champs opératoires.	21
06	Incision du plan cutané.	22
07	La dilacération du plan sous-cutané à l'aide d'un ciseau de MAYO.	23
08	Incision des muscles de l'abdomen par la ligne blanche.	23
09	Recherche et extériorisation de l'ovaire.	24
10	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".	25
11	Suture de la péritonite et le muscle abdominale.	26
12	Suture de la peau.	26
13	Ovaire (Corps jaunes et follicule préovulatoires).	27
14	Les vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation.	28
15	La 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 foetal ; PM : placenta maternel.	30



16	L'espace vital par fœtus mesuré sur la corne utérine. LPM : Longueur de 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.	31
17	Fœtus vivant avec ses placentas (maternel et fœtal). FV : Fœtus vivant ; PM : Placenta maternel ; PF : Placenta fœtal.	32
Résultats		
18	L'effet de la position intra utérine sur le poids et la longueur des fœtus, le poids du tube digestif et celui de tissu adipeux brun (Ov : Oviductale ; M : Médiane ; Cr : Cervicale).	36
19	Effet de la position intra utérine sur le développement placentaire et sur l'espace vital (Ov : Oviductale ; M : Médiane ; Cr : Cervicale).	38
20	Effet de la position intra utérine sur le développement placentaire et sur l'espace vital.	39
21	Effet de la vascularisation sur le développement des placentas et sur l'espace vital.	40
22	Effet du sexe sur le développement fœtal (M : Mâle ; F : Femelle).	41
23	Effet du sexe sur le poids des placentas et sur l'espace vital (M : Mâle ; F : Femelle).	42
24	La relation entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne utérine vide.	43
25	La relation entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne utérine pleine.	43



Tableau N°		Page
<i>Matériel et méthodes</i>		
01	La composition chimique de l'aliment utilisé au cours de l'essai.	18
02	Les paramètres mesurés chez les lapines au moment de l'abattage.	32
03	Les paramètres mesurés chez les fœtus.	33
Résultats		
04	Prolificté au 25 ^{ème} jour de la gestation et statuts des fœtus (Moyenne ± SE).	34
05	Les composantes biologiques de la prolificté.	35
06	Effet de la position intra utérine sur le développement fœtal (Moyenne ± SE).	36
07	Effet de la position intra utérine sur le développement des placentas et sur l'espace vital (Moyenne ± SE).	37
08	Effet de la vascularisation sur le développement fœtal (Moyenne ± SE).	39
09	Effet de la vascularisation sur le développement des placentas et sur l'espace vital.	40
10	Effet de du sexe sur le développement fœtal (Moyenne ± SE).	41
11	Effet de du sexe sur le développement fœtal (Moyenne ± SE).	42



Les abréviations

OUL : Ovariectomie unilatérale.

LB : Ligne blanche.

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.

ED : L'espace disponible.

LPM : Longueur du placenta maternel.

FV : Fœtus vivant.

PM : Placenta maternel.

PF : Placenta fœtal.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE 1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. La capacité utérine :.....3

I.1.1. La capacité utérine, le poids et la taille de portée :..... 5

I.1.2. La capacité utérine et la survie prénatale :.....5

I.1.3. La capacité utérine, le développement des placentas et la vascularisation:..... 6

I.1.4. La capacité utérine et la croissance folliculaire :.....7

I.1.5. La capacité utérine et l'espace vital:.....8

I.1.6. La sélection sur la capacité utérine :.....9

I.2. Les effets de la position in utéro :.....9

I.2.1. L'effet de la position in utéro sur le développement fœtal et placentaire :.....11

I.2.2. L'effet de la position in utéro sur la physiologie de reproduction :..... 12

I.2.3. L'effet de la position in utéro sur la morphologie :..... 13

I.2.4. L'effet de la position in utéro sur le comportement :..... 15

PARTIE EXPERIMENTALE

I. L'objectif :.....17

II. Matériel et méthodes :.....17

II.1. Lieu et durée de l'expérimentation :.....17

II.2. Les animaux :..... 17

II.3. L'alimentation :.....18

II.4. La conduite expérimentale :.....19


II.5. L'ovariectomie unilatérale (OUL) :.....20

II.5.1.Phase préopératoire :.....20

II.5.2.Phase opératoire :.....21

II.5.3. Les soins post opératoire :.....26

II.6. La mise à la reproduction :.....	26
II.7. Mesure de la capacité utérine :.....	27
II.7.1. Les caractéristiques de l’ovaire :.....	27
II.7.2. Etude de la vascularisation :.....	28
II.7.3. Etude de l’implantation et du développement fœtal :.....	29
II.7.4. Etude des effets de la position intra utérine:.....	29
II.7.5. Etude des caractéristiques fœtales :.....	30
II.7.6. Calcul de l’espace vital :.....	30
II.8. Les paramètres mesurés chez la femelle et les chez les fœtus :.....	32
II.9. L’analyse statistique :.....	33
Résultats :	34
I.1. La prolificité et statuts des fœtus :.....	34
I.2. Composantes biologiques de la prolificité :.....	34
I.3. Effet de la position intra utérine sur le développement fœtal :.....	35
I.4. Effet de la position intra utérine sur le développement des placentas et sur l’espace vital :.....	37
I.5. Effet de la vascularisation sur le développement fœtal :.....	38
I.6. Effet de la vascularisation sur le développement des placentas et sur l’espace vital :.....	39
I.7. Effet du sexe sur le développement fœtal :.....	41
I.8. Effet de la position intra utérine sur le développement des placentas et sur l’espace vital :.....	42
I.9. La relation entre la longueur de la corne utérine et le nombre fœtus implantés :.....	43
Discussion	44
Conclusion	50
 Références bibliographiques	



Introduction



La taille de la portée à la naissance ou au sevrage a toujours été un critère de choix pour la sélection dans les lignées à production viande (Bolet *et al.*, 1992 ; Armero *et al.*, 1995). Ce paramètre a été utilisé dans plusieurs programmes de sélection (Matheron et Rouvier, 1977 ; Estany *et al.*, 1989 ; Rochambeau 1988). Ces programmes se sont basés sur la taille de portée à la naissance ou sevrage car plus intéressantes économiquement (Armero et Blasco, 1992).

Les expériences de sélection sur la taille de portée chez le lapin n'ont pas donné les réponses prévues initialement (Matheron et Rouvier, 1977 ; Matheron et Poujardieu, 1984 ; Estany *et al.*, 1989). 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 (Poujardieu *et al.*, 1994 ; Rochambeau *et al.*, 1994). En revanche, Baselga *et al.* (1992) ont obtenu une réponse de 0,03 et 0,10 lapin au sevrage par génération dans deux lignées de lapin d'origine génétique différent.

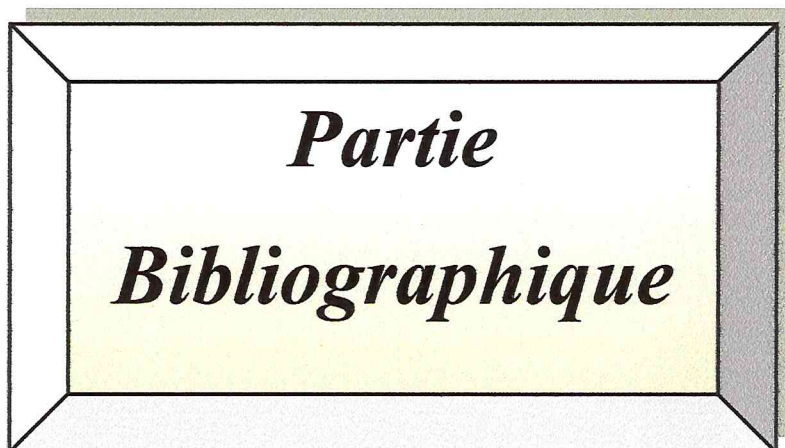
La sélection pour la taille de la portée s'est heurtée à plusieurs problèmes qui ont le plus souvent limité son efficacité. Les principaux sont la faible héritabilité (0,1) (Blasco *et al.*, 1993 ; Matheron et Poujardieu, 1984 ; Mgheni et Christensen, 1985 ; Patras 1985 cité par Rochambeau 1988) et la faible intensité de sélection praticable notamment par la voie mère-fille (l'on peut augmenter qu'en accroissant fortement l'intervalle de génération) (Bolet et Bodin, 1992). A ces effets, s'ajoute l'effet environnemental comme une explication possible pour les caractères de reproduction (Gomez *et al.*, 1994).

La sélection pour la taille de portée a eu un succès plus faible que celui attendu dans la majorité des expériences chez le lapin (Rochambeau, 1988) et le porc (Haley *et al.*, 1988). La réponse est estimée à 0,1 petit par génération chez le lapin (Mocé et Santacreu 2010) et chez le porc (Rothschild et Bidanel, 1998). Selon Johnson *et al.* (1984) et Haley *et al.* (1988), le taux d'amélioration génétique pour la taille de la portée pourrait être augmenté chez ces deux espèces par une sélection sur les composantes biologiques de la prolificité. Cette sélection sur les composantes biologiques de la prolificité a été donc proposée comme méthode indirecte afin d'améliorer la taille de portée (Neal *et al.*, 1989 (truie) et Bradford, 1969 (souris).



Chez les espèces polytoques la taille de la portée à la naissance est déterminée par le taux de fertilisation qui est le nombre d'ovocytes fertilisés par rapport au nombre d'ovocytes pondus, le taux d'ovulation et la survie prénatale (survie embryonnaire et fœtale) (Blasco *et al.*, 1993a ; Santacreu, 1992 ; Bolet, 1992 ; Ragab *et al.*, 2012 chez le lapin ; Bennett et Leymaster, 1989 chez le porc et Clutter *et al.*, 1990 chez la souris). Les trois regroupent ce qu'on nomme les composantes biologiques de la prolificité (Fortun et Bolet 1995).

Par ailleurs, la capacité utérine de la femelle qui représente le maximum de fœtus que la femelle peut mener à terme lorsque le taux d'ovulation n'est pas un facteur limitant, joue un rôle déterminant dans la taille de portée. Le but de ce travail est de mesurer la capacité utérine chez les lapines de population locale algérienne ainsi que les facteurs de variation du développement fœtal et placentaire en fin de gestation: effets de la position intra utérine, de vascularisation et de sexe des fœtus.



Partie
Bibliographique



I.1. La capacité utérine :

La taille de la portée est un paramètre important en production cunicole (Baselga et Blasco, 1989 ; Armero et Blasco, 1992). La sélection pour la taille de portée, ainsi que ses composantes biologiques, n'a pas été efficace pour améliorer celle-ci chez plusieurs espèces domestiques, liée à sa faible héritabilité (Blasco *et al.*, 1993 ; 1998). Une sélection sur la capacité utérine a été proposée comme une méthode alternative pour améliorer la taille de la portée (Bennett et Leymaster (1989), chez le porc, Clutter *et al.* (1990) chez la souris et Blasco *et al.* (1994) chez le lapin).

Selon Blasco *et al.* (1993) approximativement 20 à 40% des ovocytes libérés au cours de l'ovulation n'arrivent pas à terme de gestation chez les espèces polytoques comme le lapin. Ces déperditions sont liées à une limitation de la capacité de l'utérus. Le concept de la capacité utérine a été introduit dans la littérature pour la première fois par Bazer *et al.* (1969) 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 la distribution des nutriments entre les fœtus (Adams, 1962 ; Hafez, 1964 ; Ford *et al.* 2002 ; Vallet *et al.*, 2002), ce qui affectera le développement des placentas maternels et fœtaux (Torres, 1982). Par ailleurs, la mortalité fœtale pourrait être liée à la position du fœtus dans l'utérus (Torres 1982 ; Lebas 1982) et son irrigation sanguine (Wirth-Dzieciolowska, 1987).

En 1987, Christenson et ses collaborateurs ont défini la capacité utérine comme le maximum de fœtus que l'utérus peut mener à terme lorsque le taux d'ovulation n'est pas un facteur limitant. Dziuk (1968) et Christenson *et al.* (1987) ont proposé l'ovariohystérectomie unilatérale pour mesurer la capacité utérine chez le porc. Ainsi, suite à l'ovariectomie unilatérale, l'ovaire restant, doublera sa production en ovocyte ce qui entraîne un surpeuplement de la corne utérine adjacente (Fleming *et al.* (1984) et Mariana et Dervin (1992) chez le lapin, Clutter *et al.* (1990) chez la souris et Christenson *et al.* (1987), Brinkley *et al.* (1964) et Père *et al.* (1997) chez le porc. Le modèle de la capacité utérine proposé par Christenson *et al.* (1987) chez le porc par le doublement de la production des ovocytes dans l'ovaire restant rend possible la taille de portée indépendante du taux d'ovulation.



Selon Argente *et al.* (1997), certaines femelles n'expriment pas leur capacité utérine car le taux d'ovulation n'est pas assez grand. 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, et les femelles avec un taux d'ovulation égal au nombre d'embryons implantés pourraient laisser un grand nombre d'embryons s'implanter si elles avaient reçu un nombre plus élevé d'ovules. De même, Ley master *et al.* (1986) ont reporté chez le porc que le taux d'ovulation pourrait ne pas être assez élevé pour permettre aux femelles d'exprimer leur capacité utérine.

Chez la lapine, contrairement à la truie et à la souris, il n'y a pas de migration transutérine (Blasco *et al.*, 1994 ; Bolet *et al.* 1994) seule, l'ovariectomie unilatérale (OUL) est suffisante pour mesurer la capacité utérine (Fleming *et al.* 1984 ; Blasco *et al.*, 1994). Un autre avantage chez cette espèce, il est possible d'observer les corps jaunes et les sites d'implantation pour la même *gestation* sans causer des dommages à la portée (Santacreu *et al.*, 1990).

Par ailleurs, certains auteurs ont proposé l'utilisation des caractéristiques physiologiques de l'utérus comme la longueur de la corne utérine pour mesurer la capacité utérine (Ford *et al.*, 2002). Wu *et al.* 1987 trouvent une corrélation phénotypique de 0,5 et 0,86 entre la longueur de la corne et le nombre d'embryons implantés aux différents stades de gestation. Long *et al.* (1991) trouvent des corrélations génétiques de 0,4 et 0,7 entre les dimensions utérines et la taille de portée chez la souris. Cependant, les mensurations expliquent au meilleur partiellement la variation dans la capacité utérine car elle est liée également à d'autres facteurs comme la fourniture en nutriments (Blasco *et al.*, 1993).

La surface d'attachement entre le placenta et l'endomètre a été suggérée comme facteur limitant de la capacité utérine chez le porc lié au type non invasive de placentation (Ford *et al.*, 2002). Wilson *et al.*, 1999 suggèrent que la capacité utérine devrait être définie plus correctement comme étant la quantité totale de la masse placentaire ou la surface que la femelle peut supporter à terme.



I.1.1. La capacité utérine, le poids et la taille de portée :

L'OUL est associée à un surpeuplement de la corne adjacente et celle-ci contient 76% plus d'embryons à l'implantation et 62% plus de fœtus à 18 jours de gestation par rapport à chaque corne de la femelle intacte (Argente *et al.*, 2008). A la naissance, Blasco *et al.* (1994) trouvent 54% de lapereaux en plus par corne chez les femelles OUL par rapport aux femelles intactes. Chez le porc, Fenton *et al.* (1970) Webel et Dziuk (1974) et Kinigh *et al.* (1977) trouvent un nombre double d'embryons au stade précoce de la gestation chez les femelles ayant subies une ovariectomie unilatérale (10,3 vs 5,4 embryons). Par contre, à la naissance la taille de portée est égale (4,76 vs 4,69) (Père *et al.* 1997). Ces résultats suggèrent une grande capacité utérine chez la lapine comparée à la truie pour maintenir la gestation d'un nombre important d'embryons (Argente *et al.*, 2008).

Un des facteurs primaires qui peuvent altérer la croissance fœtale est une capacité utérine insuffisante (Wu *et al.*, 2006). Plusieurs études ont montré que lorsque des embryons sont transportés d'une donneuse à une receveuse avec une capacité utérine réduite, la croissance fœtale est affectée (Dickinson *et al.*, 1962, Ferrell 1991 ; Allen *et al.*, 2002). Dans ces mêmes études, le transfert des embryons des petites femelles à des receveuses avec une capacité utérine grande améliore la croissance fœtale ce qui indique que la capacité utérine peut être le premier facteur qui affecte la croissance fœtale.

L'augmentation de la prolificité et de la survie fœtale conduisent à une grande incidence sur le peuplement intra utérin ce qui pourrait par la suite affecter le développement pré et post natal des fœtus (Berard, 2010). Les lapereaux nés des femelles uniovariectomisées sont significativement plus légers ce qui est en accord avec Lebas (1982) chez le lapin et Wu *et al.* (1987) chez le porc mettant en évidence l'effet de l'espace utérin disponible pour le fœtus sur son poids.

I.1.2. La capacité utérine et la survie prénatale :

L'OUL a un effet défavorable sur la survie des fœtus de l'implantation à la naissance (Garcia-Ximenez et Vicente 1993). Chez la femelle uniovariectomisées, une forte densité des fœtus dans la corne utérine entraîne une diminution de la survie prénatale liée elle-même à



une faible survie fœtale 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 fœtale) (Argente *et al.*, 2008).

Chez le porc, aucune différence pour la survie embryonnaire avant 30 jours de gestation entre les femelles uniovariectomisées et les femelles intactes (Fenton *et al.*, 1970 ; Webel and Dziuk, 1974 ; Knight *et al.*, 1977). Par contre, un pourcentage élevé de mortalité fœtale après le 30^{ème} jour de la gestation est observé et qui est responsable de la similarité de la taille de portée à la naissance (Argente *et al.*, 2008).

Vallet *et al.* (1996) et Pearson *et al.* (1998), suggèrent que l'érythropoïèse fœtale est négativement affectée par le surpeuplement intra utérin induisant ainsi à une augmentation des pertes fœtales. En effet, le nombre de globules nucléés est faible chez les fœtus issus des femelles surpeuplées lié à une accélération du passage des formes immatures aux formes matures des globules rouges liée elle-même à une grande efficacité placentaire (Ford, 2002).

I.1.3. La capacité utérine, le développement des placentas et la vascularisation:

Le placenta joue un rôle critique pour assurer un environnement optimal pour 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 d'une barrière contre les pathogènes, une glande endocrine capable de sécréter des hormones, des facteurs de croissance, des cytokines et autres molécules bioactives (Anthony *et al.*, 1995).

Le développement des placentas peut être influencé par la capacité utérine (Vallet et Christenson, 1993 ; Vallet *et al.*, 2001) chez le porc et la vascularisation des sites d'implantation (Mocé *et al.*, 2004) 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 (Wirth-Dzieciolowska, 1987) et chez le lapin (Argente *et al.*, 2003).

Chez la lapine, la vascularisation des sites d'implantation est réduite lorsque le nombre de fœtus implantés augmente, par contre, le poids fœtal et placentaire augmente avec



l'augmentation de la vascularisation (Duncan, 1969). Un site d'implantation avec un seul vaisseau sanguin a un faible poids fœtal (-8%) et un léger placenta fœtal (-17%) et maternel (-7%) comparé à un site avec 4 vaisseaux sanguins et plus (Argente *et al.*, 2003).

La capacité utérine influence le développement de conceptus durant les stades précoces de la gestation (Youngs *et al.*, 1994), l'érythropoïèse fœtale et l'efficacité placentaire (Biensen *et al.*, 1998, Wilson *et al.*, 1999). En ce qui concerne cette dernière, les résultats d'Argente *et al.* (2003) ont montré l'inutilité de l'utilisation du concept de l'efficacité placentaire chez la lapine. En effet, l'efficacité placentaire mesurée comme étant le ratio entre le poids fœtal et le poids de placenta fœtal a été proposée par Wilson *et al.* (1999) chez le porc. Cependant, plusieurs études ont trouvé des résultats contradictoires chez le porc (Wilson *et al.*, 1999 ; Vallet *et al.*, 2001) et même chez la lapine (Argente *et al.*, 2003) sur l'utilité de ce concept. Aucune relation entre l'efficacité placentaire et la taille de portée ou la capacité utérine. Autres paramètres mieux que l'efficacité placentaire ont été proposés à l'exemple de la densité vasculaire placentaire (Biensen *et al.*, 1998, Vonnahme *et al.*, 2002), les facteurs de croissance placentaires endothéliales, qui sont liés à la perméabilité vasculaire et enfin l'efficacité de l'érythropoïèse (Vallet *et al.*, 2002).

I.1.4. La capacité utérine et la croissance folliculaire :

Plusieurs auteurs montrent qu'après l'ovariectomie unilatérale, une modification de la prolifération des follicules au niveau de l'ovaire est observée. Une accélération de la croissance folliculaire et une réduction de l'atréxie sont observées au niveau de l'ovaire restant (Hermrek and Greenwald 1964 ; Hirshfried, 1982).

Le nombre de follicules dont le diamètre est $>$ à 800 μm double rapidement dans l'ovaire restant après l'ovariectomie unilatérale (Desarve, 1949 ; Fleming, 1984) et une période de 10 jours est suffisante pour restaurer le nombre de follicules préovulatoires. Par contre, le nombre de follicules immatures augmente chez la femelle uniovariectomisée (Fleming *et al.*, 1984).

Par ailleurs, le poids de l'ovaire chez la femelle uniovariectomisée est 47% plus comparé aux femelles intactes (Argente *et al.*, 2008).



I.1.5. La capacité utérine et l'espace vital:

Chaque fœtus a besoin d'un minimum d'espace dans l'utérus pour s'attacher, survivre et se développer. Une réduction de la longueur de l'utérus est associée à une diminution des performances (Webel et Dziuk, 1974 ; Christenson *et al.*, 1987).

L'augmentation de la taille de portée est associée avec une diminution de l'espace vital. Au 18^{ème} jour de la gestation, Argente *et al.* (2008) ont démontré chez les lapines uniovariectomisées que l'espace vital n'influence pas le développement des placentas et le développement fœtal. Par contre, aux stades avancés de la gestation Argente *et al.* (2003) ont trouvé une réduction du développement fœtal et placentaire avec chaque augmentation du nombre de fœtus (25^{ème} jour de la gestation) car le développement fœtal devient plus limité par l'espace vital à la fin de gestation. Par ailleurs, chez les fœtus morts, l'espace vital retrouvé est plus faible par rapport à celui des fœtus vivants (Argente *et al.*, 2008). De même, le poids des placentas fœtaux des fœtus morts est doublement faible chez les femelles OUL comparées aux femelles intactes. Le poids faible de placenta est responsable en partie de la mortalité précoce (Argente *et al.*, 2008). Par ailleurs, une grande disponibilité en espace vital permet à un grand nombre de vaisseaux sanguins d'arriver au niveau du site d'implantation et par conséquent un meilleur développement (Argente *et al.*, 2008).

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 (Vallet et Christenson, 1993). Knight *et al.* (1977) ont observé chez le porc, qu'un surpeuplement de la corne utérine chez la femelle uniovariectomisée est associé avec une petite surface endométriale comparé aux femelles intactes d'une part, ce qui inhibe le développement du placenta aux stades précoces de la gestation et par conséquent augmente la mortalité fœtale et inhibe le développement des fœtus qui survivent. D'autre part, entre le 35^{ème} et 41^{ème} jour de gestation, les besoins augmentent et une diminution de l'espace vital pourrait limiter les échanges placentaires. De même, le nombre d'embryons peut stimuler l'élongation de la corne utérine jusqu'à un certain degré mais il ne peut pas causer une dilatation ou une élongation suffisante nécessaire aux besoins de tous les embryons pour survivre dans un utérus surpeuplé (Chen et Dziuk, 1993).



I.1.6. La sélection sur la capacité utérine :

Les résultats d'une sélection sur la capacité utérine chez la souris ont été publiés par Kirby and Nielson (1993) montrant que la sélection pour celle-ci n'était pas plus efficace qu'une sélection directe sur la prolificité. L'héritabilité de la capacité utérine était de 0,08 chez la souris (Gion *et al.*, 1990). 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 portée elle-même (Argente *et al.*, 1997 ; Blasco 2000 ; Santacreu *et al.*, 2000 ; Blasco *et al.*, 2005). Cependant, l'augmentation de la taille de portée observée lors de la sélection sur cette dernière n'était pas plus importante que celle reportée dans la sélection directe et par intervalle de génération (Garcia et Baselga 2002) en agrément avec les résultats de Kirby et Nielsen (1993) chez la souris.

Une analyse de ségrégation réalisée par Argente *et al.* (2003) a mis en évidence l'existence d'un gène majeur avec un effet modéré sur la capacité utérine mais un grand effet sur le nombre d'embryons implantés dans deux lignées sélectionnées sur la capacité utérine (Argente *et al.*, 1997). Par ailleurs, Mocé *et al.* (2000) ont reporté que la sélection sur la capacité utérine a permis d'augmenter le nombre de tétines (Mocé *et al.*, 2000).

I.2. Les effets de la position *in utero* :

La relation entre le développement fœtal et la position dans la corne utérine peut s'expliquer par l'espace vital ou l'espace disponible pour chaque fœtus d'une part et le nombre de vaisseaux sanguins (Figure) arrivant au niveau de chaque site d'implantation d'autre part.

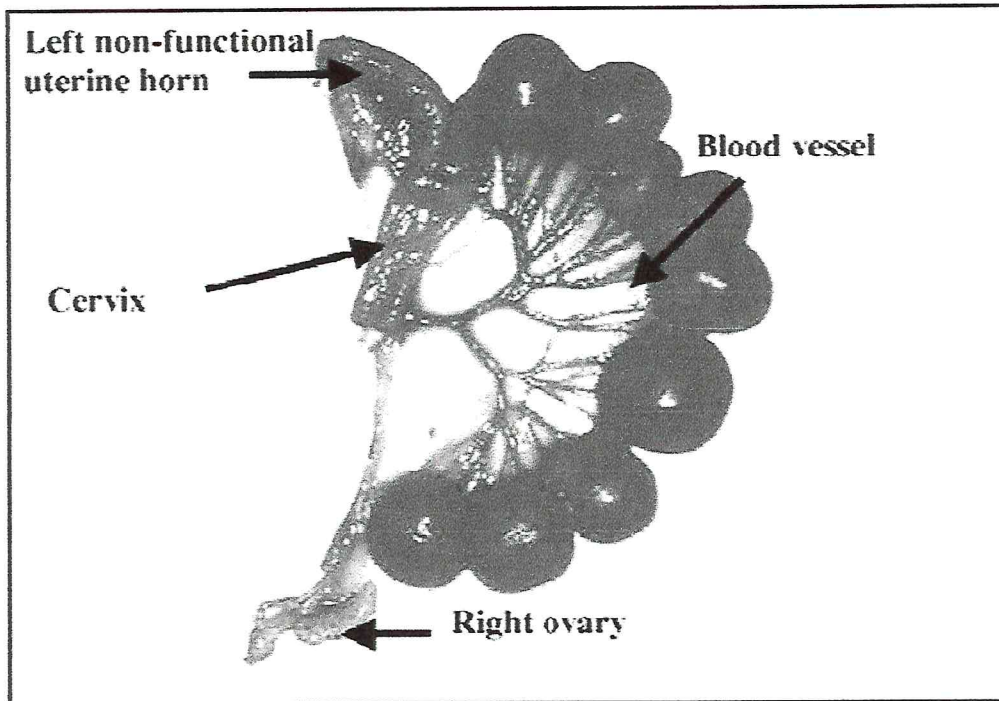


Figure 01 : Vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation de la corne utérine droite d'une lapine hémiovariectomisées (Argente *et al.*, 2003).

Hormis ce type de position purement anatomique, il existe une autre particularité quant à cette dernière, celle en relation avec les hormones fœtales. Tout fœtus non situé à une extrémité de l'utérus sera situé entre deux mâles (2 M), deux femelles (0M), ou un mâle et une femelle (1M) (Figure). Cette position intra utérine à des effets importants et de grande envergure sur le développement fœtal (Ryan et Vandenberg, 2002).

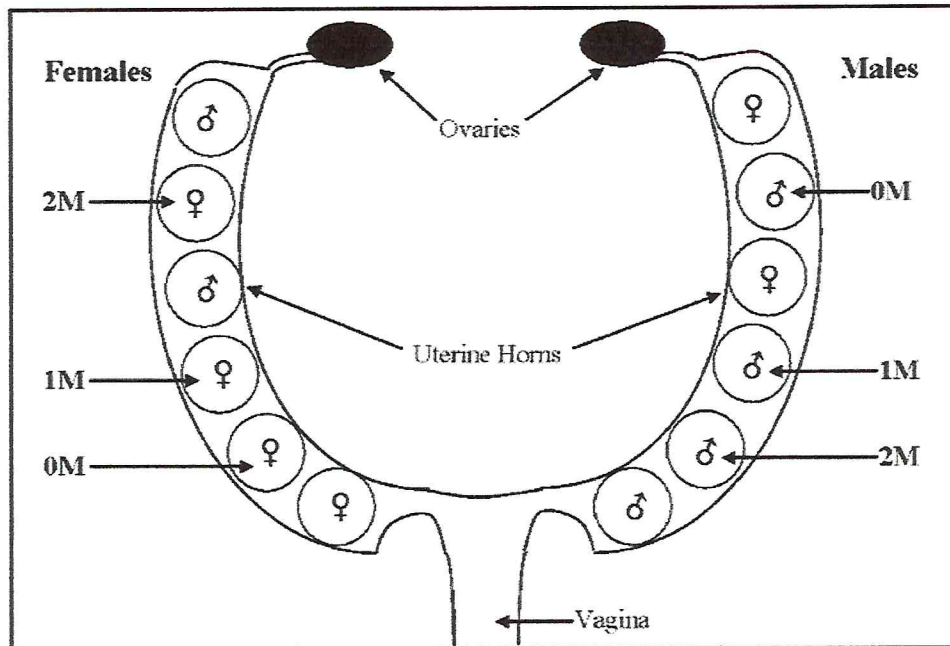


Figure 02 : Représentation schématique des positions de fœtus dans un utérus.

Chez les mammifères, les fœtus mâles produisent de la testostérone plutôt et en plus grande quantité que les femelles. Celles-ci à leur tour produisent de plus grandes quantités d'œstradiol. Ces hormones peuvent diffuser à travers le liquide amniotique entre fœtus. En conséquence, les deux fœtus de souris 2M mâles et femelles (positionnés entre deux mâles) ont des concentrations sanguines plus élevées en testostérone et inférieure en œstradiol que les fœtus 0M (positionnés entre deux femelles) (VomSaal *et al.*, 1990). Ce mécanisme de transfert d'hormones chez les fœtus de souris est devenu assez bien compris et accepté chez plusieurs espèces.

I.2.1. L'effet de la position *in utero* sur le développement fœtal et placentaire:

Chez le lapin, selon Lebas (1982), dans le cas d'une implantation de 2 et 7 fœtus dans la corne utérine, la position près de l'extrémité ovarienne est la plus avantageuse et le poids sera le plus élevé. A l'inverse, le poids sera d'autant moins élevé lorsqu'on s'éloigne de l'extrémité ovarienne.

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 cervicale. 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 cervicale (Palos *et al.*, 1996).

Au 18^{ème} jour de la gestation, l'espace vital est de 50% de plus 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. Un petit placenta maternel et un petit poids ont été observés au niveau de la position oviductale (Argente *et al.*, 2008). Ces paramètres semblent changer 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 (Duncan 1969 ; Bruce et Abdul Karim, 1973 ; Poigner *et al.*, 2000). Ainsi, Argente *et al.*, (2003) ont reporté qu'au 25^{ème} jour de gestation, les fœtus situés aux extrémités des cornes sont plus lourds que ceux en position médiane. Mêmes résultat sont été retrouvés chez le porc en fin de gestation (Waldorf *et al.*, 1957 ; Perry et Rowell 1969 ; Wise *et al.*, 1997). 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 (Duncan 1969 ; Bruce and Abdul Karim, 1973).

I.2.2. L'effet de la position *in utero* sur la physiologie de reproduction :

Un fœtus 2M de sexe féminin de souris a un niveau plus élevé de testostérone dans son sang et dans son liquide amniotique qu'un fœtus femelle 0M (VomSaal *et al.*, 1990 ; VomSaal et Bronson, 1980). Les deux 2M fœtus gerbille mâle et femelle montrent des niveaux élevés de testostérone (Clark *et al.*, 1991 ; Clark *et al.*, 1992). Ces différences semblent provenir des fœtus mâles entourant le fœtus et non pas de la circulation sanguine de la mère. Chez les souris, la différence dans les niveaux hormonaux diminue à l'âge adulte (VomSaal et Bronson, 1980). Par contre, les gerbilles mâles adultes 2M conservent toutefois un niveau élevé de testostérone plasmatique tout le long de leur vie (Clark *et al.*, 1992).

Par ailleurs, l'espèce porcine ne montre pas cette différence de testostérone au niveau fœtale (Wise et Christenson, 1992). L'influence de la position *in utero* sur les niveaux d'œstradiol n'est pas claire. Dans une étude, des souris femelles 0M avaient une concentration fœtale d'œstradiol plus élevée que des souris femelles 2M (VomSaaletal 1983). Alors qu'une autre étude n'a trouvé aucune différence significative (VomSaal et Bronson, 1980).



La position *in utero* peut influencer le déclenchement de la puberté et de la capacité de reproduction. Les souris et les gerbilles femelles 0M montrent un âge plus précoce à l'ouverture vaginale et un plus jeune âge au premier œstrus que chez les femelles 2M (Clark *et al.*, 1991 ; Clark et Galef, 1988 ; Clark *et al.*, 1993 ; McDermott *et al.*, 1978 ; Vandenberg et Huggett, 1995 ; VomSaal, 1989).

La position *in utero* modifie le sex-ratio secondaire (le rapport entre le nombre de naissances d'individus de sexe masculin et le nombre de naissances d'individus de sexe féminin). Chez la lapine, les femelles 2M produisent plus de lapereaux de sexe mâle (Oxan *et al.*, 2012). A l'âge adulte, les femelles gerbilles 2M donnent naissance à près de 60% petits mâles. Inversement, les femelles 0M donnent naissance à environ 40% de jeunes mâles. Toutefois, les mères 1M produisent un sex-ratio commun de 50% (Clark *et al.* 1993 ; Clark et Galef, 1990 ; Clark et Galef, 1995 ; Clark *et al.*, 1997). Des résultats similaires sont constatés chez les souris (Vandenberg et Huggett, 1995). Ce phénomène du sex-ratio secondaire modifié peut servir comme une forme de transmission non génétique de la mère à la fille. En effet, les femelles 0M donnent naissance à un grand nombre de femelles et par conséquent, ces femelles seront plus susceptibles d'être entourées par les femelles *in utero*.

Les souris femelles 0M exposées à l'œstrogène bisphénol-A avant la naissance, montrent un intervalle de temps anormalement court entre l'ouverture vaginale et les premières chaleurs. En outre, aussi bien les souris mâles que les femelles 0M et 1M sont plus lourdes au sevrage, que les souris 2M (Howdeshell *et al.*, 1999 ; Howdeshell et VomSaal, 2000). Ces résultats suggèrent que les petits se développant dans la position 0M sont plus sensibles au bisphénol-A que les autres.

I.2.3. L'effet de la position *in utero* sur la morphologie :

La distance ano-génitale (DAG) a été largement utilisée comme marqueur pour la position *inutero* préalable des nouveaux-nés femelles (Gandelman *et al.* 1977 ; Jubilan et Nyby, 1992 ; Mc Dermott *et al.*, 1978 ; Palanza *et al.*, 1995 ; Vandenberg et Huggett, 1995 ; VomSaal et Bronson, 1978 ; VomSaal et Dhar, 1992 ; VomSaal *et al.*, 1990 ; Zielinski *et al.*, 1991). 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 lapines 2M ont une DAG grande par rapport aux femelles qui se développent loin des mâles (0M et 1M) (Oxan *et al.*, 2009). Cette différence de DAG n'est pas surprenante, puisque les rongeurs mâles ont généralement des DAG plus importantes que celles des femelles. Les souris femelles 2M soumises à des niveaux élevés de testostérone, ont une DAG plus masculine. De même, un traitement avec la testostérone durant la gestation chez la lapine augmente la DAG des femelles dans leurs portées et la fréquence du marquage mentonnier à l'âge adulte de ces dernières (Oxan *et al.*, 2010).

En plus des souris, des rats femelles situés en aval de mâles ont des DAG plus longues que les autres femelles (Houtsmuller *et al.*, 1997 ; Richmond et Sachs, 1984) de la même manière que les femelles 2M (Tobet *et al.*, 1982). Cette augmentation de la DAG est plus vraisemblablement due aux taux élevés de testostérone *in utero* parce que le traitement avec l'anti-androgène flutamide abolit l'effet (Clemens *et al.*, 1978).

Chez la lapine, la DAG influence plusieurs paramètres. Les lapines avec une DAG grande marquent plus leur territoire par les glandes mentonnières (marquage mentonnier) comparées aux femelles avec une DAG petite (+21%) (Kerkouch *et al.*, 2014). Les femelles avec une DAG grande ont tendance à être plus agressives et moins attractives que les femelles avec une DAG petite (Kerkouch *et al.*, 2014 ; Rines *et al.*, 1984; RohdeParfet *et al.*, 1990).

La mortalité précoce et tardive respectivement sont significativement plus importantes chez les femelles DAG grande (+43% et +53% ; $p < 0,05$) (Kerkouch *et al.*, 2014). Cette augmentation de la mortalité embryonnaire précoce et tardive chez les femelles avec une DAG grande pourrait être liée au statut hormonal de ces dernières. En effet, plusieurs études ont mis en évidence chez les femelles avec une DAG grande des taux élevés de testostérone au niveau sanguin (Van der Hoeven *et al.*, 1992) or cette hormone est connue pour son action directe sur la mortalité embryonnaire. En effet, l'augmentation de la testostérone chez la femelle gestante est à l'origine d'une augmentation de l'incidence des avortements et des résorptions embryonnaires.

Les souris mâles 2M ont de plus grandes vésicules séminales et de plus petites prostates que celles de leurs frères 0M. Ces souris 2M montrent des niveaux de liaison d'androgènes inférieurs dans leurs prostates mais aucune différence dans les niveaux de



liaison d'œstrogènes (Nonneman *et al.*, 1992). De même, les rats mâles 2M (Van der Hoeven *et al.*, 1992) et gerbilles (Clark *et al.*, 1993 ; Clark *et al.*, 1990) possèdent de plus lourds testicules que les mâles 0M. En revanche, les poids des testicules porcins ne varient pas avec la position *in utéro* (RohdeParfet *et al.*, 1990).

La position *in utéro* influe sur le poids corporel et les souris 2M des deux sexes pèsent plus que les souris 0M, à tous les âges testés (Kinsley *et al.*, 1986 ; Palanza *et al.*, 2001). Ceci pourrait être causé par un métabolisme différent, des réponses différentes au stress ou des niveaux « d'agressivité » différents entre les individus d'une population.

I.2.4. L'effet de la position *in utéro* sur le comportement :

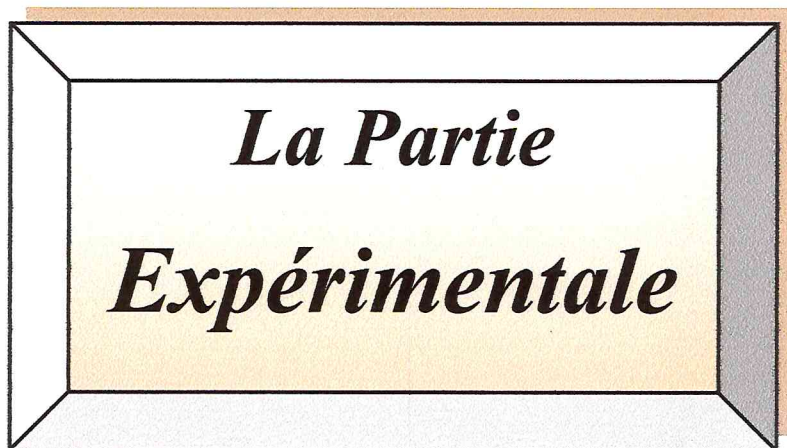
Les souris femelles 2M adultes auxquelles on injecte de la testostérone montrent une augmentation dans la fréquence de courir et de mordre et de déclencher des combats plus souvent que les femelles 0M recevant le même traitement. Les femelles 2M commencent également à afficher une agressivité après une courte durée de traitement à la testostérone comparativement aux femelles 0M (Gandelman *et al.*, 1977). Cela montre encore une fois que les femelles 2M sont plus sensibles à la testostérone à l'âge adulte que le sont les femelles 0M.

Le marquage urinaire est un autre comportement dépendant de la testostérone chez la souris. Un mâle marque par l'urine plus fréquemment lorsqu'il est exposé à une femelle 2M par opposition à une femelle 0M (Palanza *et al.*, 1995), et les femelles 2M elles-mêmes marquent avec urine à un taux plus élevé que les femelles 0M (VomSaal et Bronson, 1980). Cette fréquence plus grande dans le marquage avec l'odeur persiste même si les mâles sont castrés et que les niveaux de testostérone sont contrôlés (Clark *et al.*, 1993), et montre que cet effet est dû à une différence organisationnelle entre les animaux, par opposition à un effet activateur du taux d'hormones adultes.

Lorsqu'elles sont traitées à la testostérone, les souris femelles 2M (Quadagno *et al.*, 1987 ; Rines et VomSaal, 1984) et les rats (Clemens *et al.*, 1978 ; Meisel et Ward, 1981) sont plus susceptibles de présenter un comportement de chevauchement que les femelles 0M, tout comme les rats femelles situés de manière distale aux rats mâles (Houtsmuller et Slob, 1990).



Les souris femelles 0M montrent un quotient de lordose plus élevé et sont plus susceptibles de recevoir la première éjaculation du mâle que les souris 2M (Rines et VomSaal, 1984). De même, les rats femelles situés en aval d'au moins deux mâles montrent un quotient de lordose diminué (Houtsmuller et Slob, 1990). Les souris femelles 0M sont plus susceptibles d'être choisies par un mâle, d'être montées et attaquées par un mâle (VomSaal et Bronson, 1980). Les souris mâles sont également plus attirées par les odeurs de femelles avec de petites DAG (Drickamer *et al.*, 2001). Les souris femelles 0M s'accouplent à un plus jeune âge que les femelles 2M (VomSaal, 1989).



La Partie
Expérimentale



Matériel et Méthodes



I. L'objectif :

L'objectif de cette expérience est de mesurer la capacité utérine chez les lapines de population locale algérienne ainsi que les facteurs de variation du développement fœtal et placentaire en fin de gestation: effets de la position intra utérine, de vascularisation et de sexe des fœtus.

II. Matériel et méthodes :

II.1. Lieu et durée de l'expérimentation :

L'expérience s'est déroulée au niveau du clapier de la Station Expérimentale de l'Université Saad Dahleb, Blida (Figure 03). Elle s'est étalée entre le mois de Janvier au mois d'Avril 2014. La température et l'hygrométrie, contrôlées quotidiennement respectivement à l'aide d'un thermomètre et d'un hygromètre digital, étaient en moyenne de 21°C et 70%.



Figure 03 : Le bâtiment d'élevage.

II.2. Les animaux :

Un total de 15 femelles ont été sélectionnées et placées dans des cages individuelles de type maternité. Les critères de choix des femelles étaient :



- Age : 03 mois.
- Un poids homogène et représentatif de la population : 2000 ± 130 g.
- Un bon état sanitaire.

Au cours de l'expérience, six mâles de population locale ($3445,12 \pm 120$ g ; 7 mois) ont été utilisés pour saillir les femelles.

II.3. L'alimentation :

Les animaux étaient nourris *ad libitum*. L'alimentation comprenait un granulé spécial pour les lapins provenant de l'unité de fabrication de l'aliment de bétails de Khemis el - Khechena (Boumerdes). Il est composé de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son, de calcaire, de phosphate bicalcique et de CMV spécial lapin.

Pour déterminer la composition chimique de cet aliment, plusieurs échantillons ont été prélevés de chaque sac réceptionné. Ces derniers ont été bien mélangés, et un échantillon définitif de 100g a été prélevé, broyé et soumis à différentes analyses chimiques au niveau du laboratoire d'analyses fourragères de l'ENSV selon les méthodes référencées par AFNOR (1985). La composition chimique montre que la matière sèche de l'aliment est de 95,1%. Les taux des protéines brutes est en moyenne de 14,2% alors que celui de la cellulose brute est de 10,3% par rapport à la matière brute. Enfin, les teneurs moyennes en matières grasses et en matières minérales sont respectivement évaluées à environ 2,9% et 5,5% (Tableau 01).

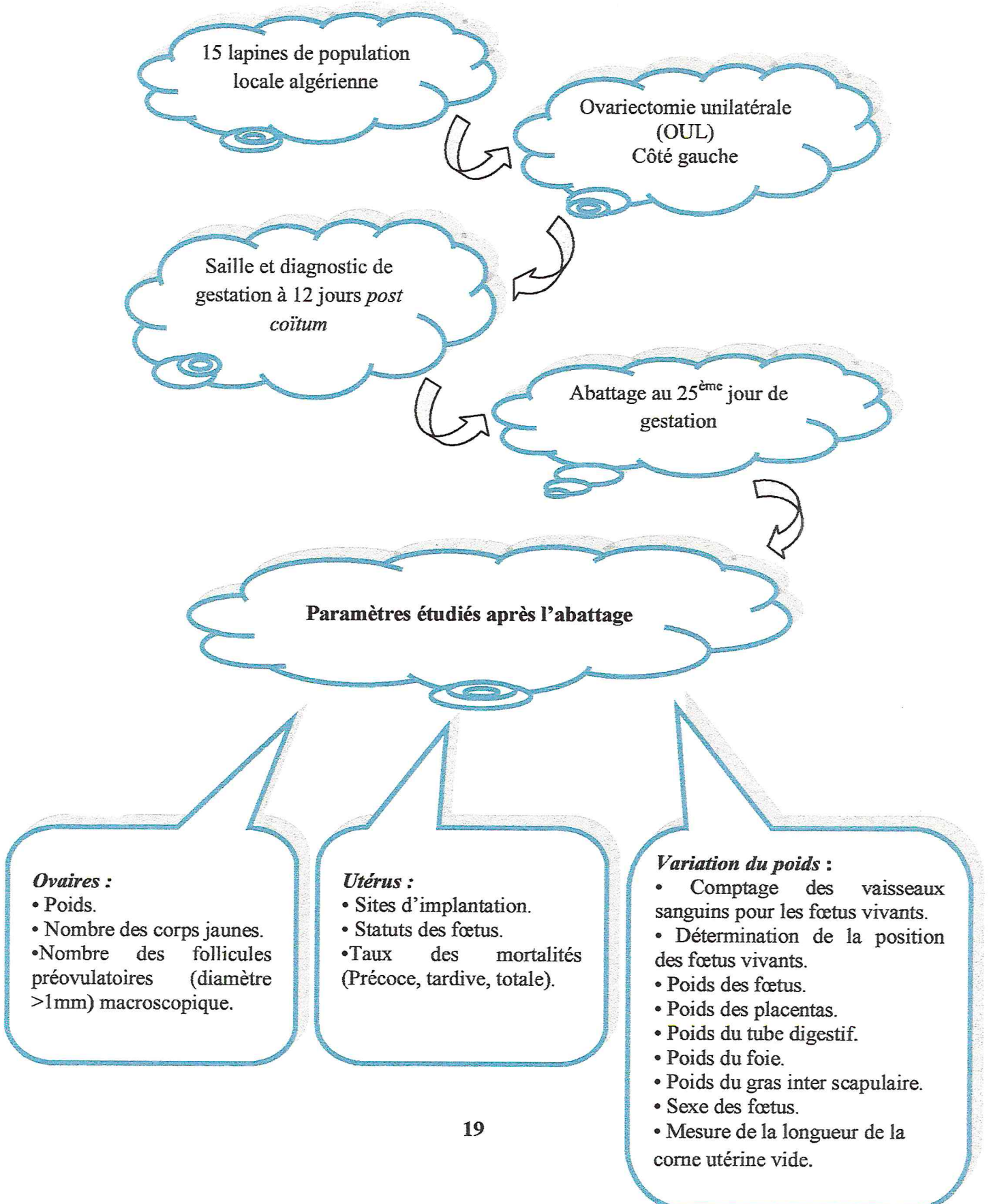
Tableau 01 : La composition chimique de l'aliment utilisé au cours de l'essai.

Composantes	%
Matière sèche	95,1
Protéines brutes	14,2
Cellulose brute	10,3
Matières grasses	2,9
Cendres	5,5



II.4. La conduite expérimentale :

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





II.5. L'ovariectomie unilatérale (OUL) :

A l'âge de 3 mois, les femelles sélectionnées pour cette expérience (n=15) ont subies une ovariectomie unilatérale par voie médiane au niveau du bloc opératoire de la clinique vétérinaire de l'Institut des Sciences Vétérinaires, Université de Blida I (Figure 04).

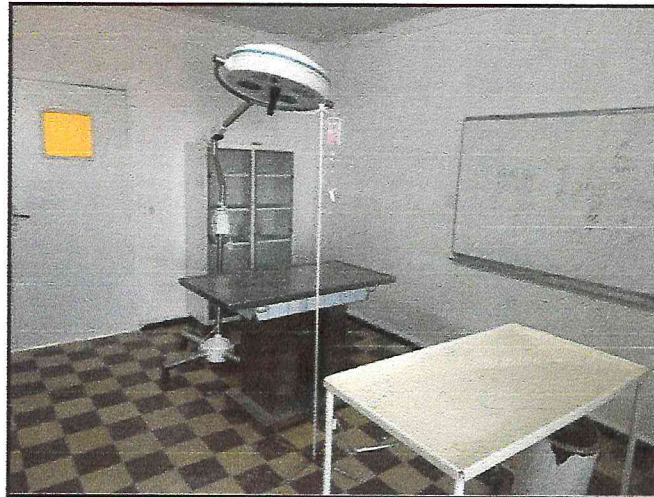


Figure 04 : Bloc opératoire de la clinique vétérinaire.

II.5.1.Phase préopératoire :

Une diète hydrique de 12 heures, la veille de l'intervention, pour garantir la vacuité du tube digestif a été faite avant chaque intervention. Dans la salle de préparation, une demi-heure avant l'ovariectomie, nous avons effectué un examen général de la lapine, c'est un élément essentiel pour la réussite de l'intervention. Une fois la lapine est apte pour l'intervention, l'abdomen est tondu depuis la région péri-ombilicale jusqu'à la région inguinale. La tonte a été large pour limiter le passage de poils dans le champ opératoire. La zone tonduée est nettoyée et aseptisée à l'aide d'un savon antiseptique chirurgical.

Le protocole que nous avons utilisé pour anesthésier les femelles est couramment utilisé chez la lapine à l'aide d'une injection intra musculaire de xylazine (5mg/kg, Rompun® 2% solution injectable ; Bayer Healthcare) suivie par une deuxième injection en intra veineuse de Kétamine (5mg/kg, Imalgène 1000®, Biomérieux, France). La kétamine seule, ne donne



pas une myorelaxation ni analgésie suffisante donc nous avons été obligé de l'utiliser en association la xylazine.

II.5.2.Phase opératoire :

- **Technique opératoire :**

Une fois la lapine anesthésiée et préparée, sa vessie est vidée manuellement et elle est transférée depuis la salle de préparation jusqu'en salle de chirurgie. Elle est installée sur une table de chirurgie et mise en décubitus dorsale, puis immobilisée, à l'aide des ficelles attachées sur ses quatre pattes. La zone tendue est largement désinfectée avec une solution de polyvidone iodée. Un champ opératoire stérile est placé sur l'abdomen et maintenu par quatre pinces à champ (Figure 05). Un scialytique est placé afin de permettre l'éclairage du site opératoire (en haut). L'ensemble du matériel chirurgical stérile est disposé sur un plateau appelé « assistant muet » (avant-plan).

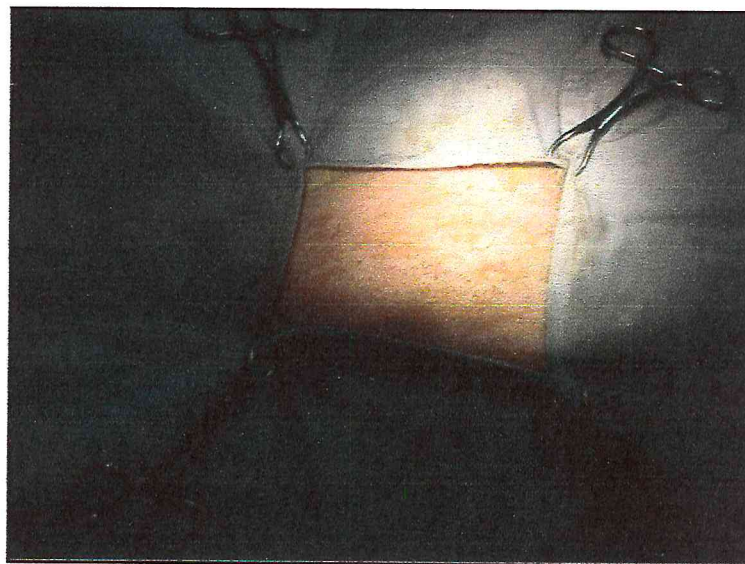


Figure 05 : Fixation des champs opératoires.

L'ovariectomie unilatérale s'est déroulée 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.



- **Laparotomie :**

L'abord des ovaires s'effectue 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 caudalement à celui-ci. Cette incision cutanée laissée apparaitre le tissu conjonctif sous cutanée (Figure 06). 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 apparaitre la paroi musculaire abdominale. La dilacération va limiter les saignements (figure 07).

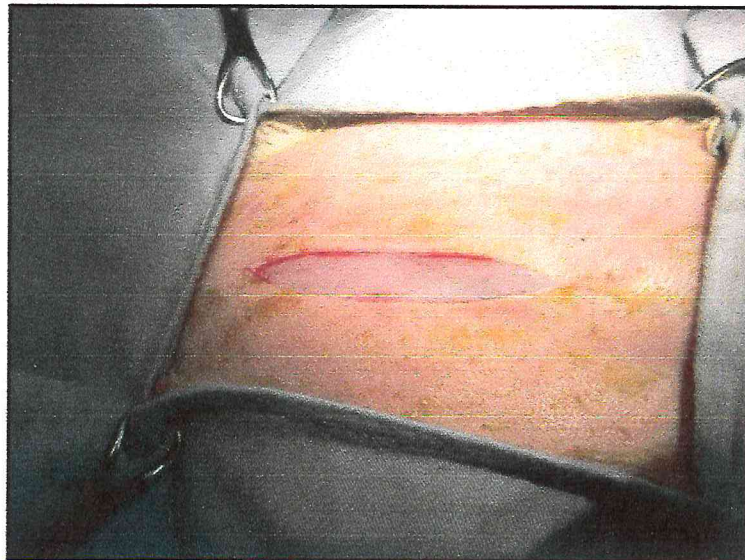


Figure 06 : Incision du plan cutané.

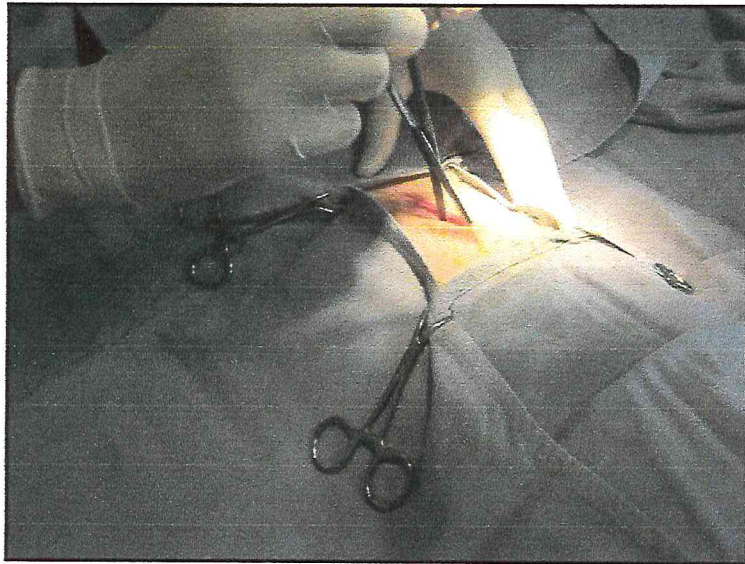


Figure 07 : La dilacération du plan sous-cutané à l'aide d'un ciseau de MAYO.

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 si possible parallèlement à la LB. Une sonde cannelée est ensuite introduite dans le trou de ponction et est placée sous la LB afin de permettre son incision au bistouri avec le tranchant de la lame positionné vers le haut (figure 08). Cette étape permet d'éviter de ponctionner accidentellement des organes (intestins, vessie ou le caecum très volumineux chez le lapin ...). Des écarteurs ont été placés pour maintenir écartées les marges de la laparotomie et favoriser la suite de l'ovariectomie.

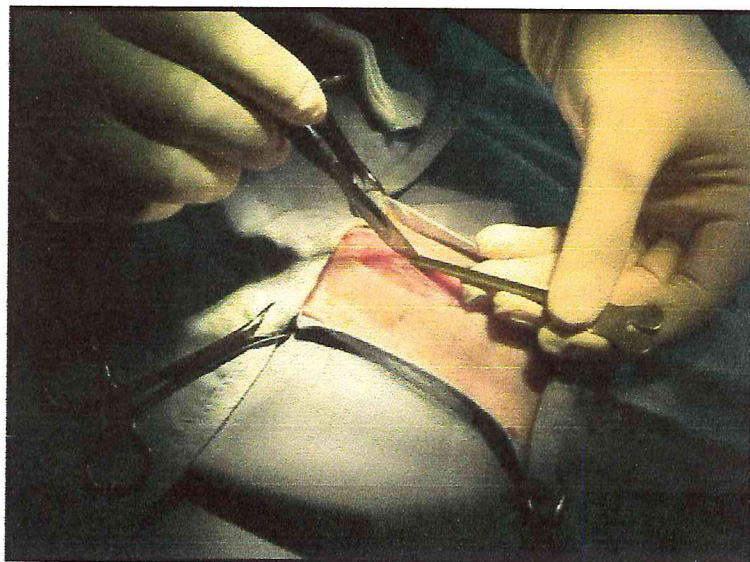


Figure 08 : Incision des muscles de l'abdomen par la ligne blanche.



- **Recherche et extériorisation de l'ovaire :**

Plusieurs techniques de recherche des ovaires peuvent être utilisées : au crochet, au doigt ou à la vue. La technique que nous avons utilisé est dite « au doigt », elle consiste à aller rechercher au touché soit l'ovaire soit la corne utérine (côté gauche). Une fois l'ovaire est identifié, le doigt le comprime contre la paroi abdominale et le fait glisser jusqu'à la plaie en s'aidant avec le pouce. L'ovaire et la corne utérine correspondante sont attirés délicatement vers la plaie opératoire pour être enfin extériorisés (figure 09).

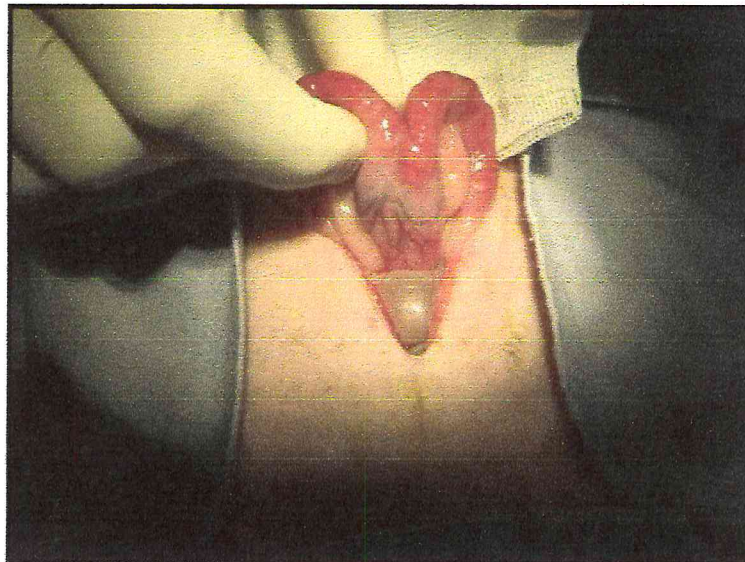


Figure 09 : Recherche et extériorisation de l'ovaire.

L'ovaire est ensuite placé dans une pince en cœur. Il doit être bien positionné au centre de la pince afin de s'assurer que la totalité de l'ovaire sera excisée et de pouvoir poser les ligatures vasculaires de part et d'autre (Figure 10).

- **Exérèse de l'ovaire :**

Avant de procéder à l'ablation de l'ovaire, l'hémostase chirurgicale est réalisée au moyen de deux ligatures. 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 est réalisée entre les vaisseaux qui convergent vers l'ovaire, permettant ainsi le passage du fil pour poser les ligatures. La première ligature intéresse l'artère et la veine utéro-ovarienne en amont de



l'ovaire correspondant. La deuxième ligature doit être placée en aval de l'ovaire et intéresse l'artère ovarienne ainsi que sa veine satellite (Figure 10). Le passage du fil pour la réalisation de cette ligature se fait par la même brèche. Les ligatures sont placées assez loin de l'ovaire. L'exérèse de l'ovaire se fait ensuite aux ciseaux entre la ligature et l'organe.

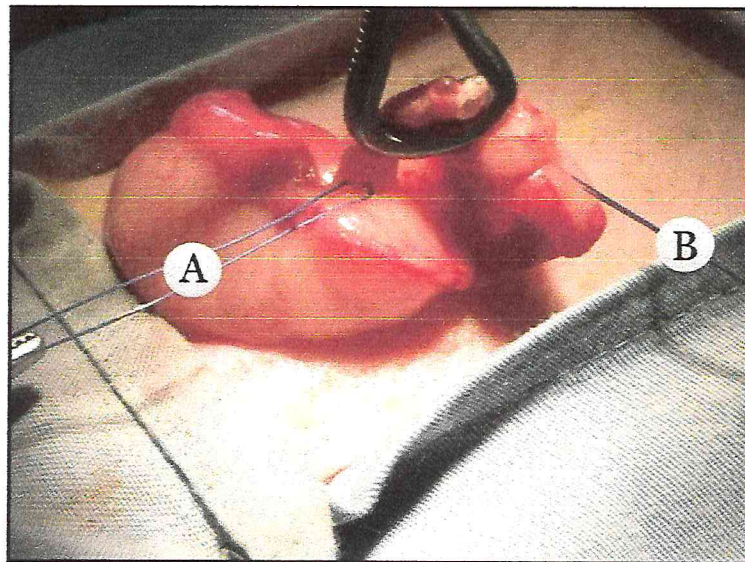


Figure 10 : L'hémostase chirurgicale au moyen de deux ligatures.

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".

L'hémostase est alors vérifiée. Une fois le pédicule ovarien est incisé, l'ovaire est éliminé tout en vérifiant qu'il est entier.

- **Suture des plans :**

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 11). 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 12).

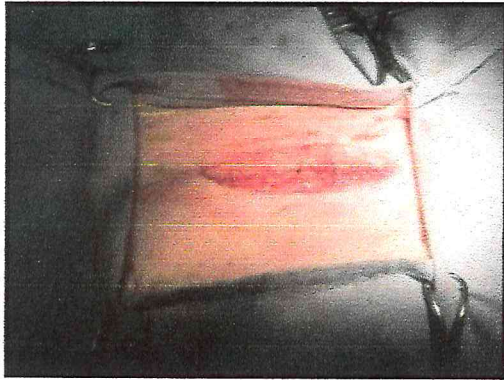


Figure 11: Suture de la péritonite et le muscle abdominale.

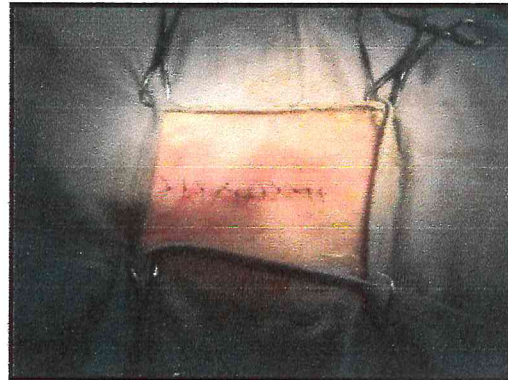


Figure 12: Suture de la peau.

II.5.3. Les soins post opératoire :

La femelle a été remise dans sa cage après un nettoyage de la plaie avec une solution de polyvidone iodée, une injection de 0,5 ml de pénicilline en intra musculaire (Duphapan® L.A. suspension injectable de procaine pénicilline G et de benzothine pénicilline G, 100ml, Pfizer) et pulvérisation superficielle avec l'ALUSPRAY® (Spray220 ml, Vétoquinol). Un suivi de la reprise de l'appétit et du transit digestif a été fait d'une manière régulière durant le postopératoire parce qu'ils constituent un élément prédictif de la réussite de l'intervention. Les points de sutures ont été enlevés 10 à 12 jours après l'intervention.

II.6. La mise à la reproduction :

Les femelles (n=15) ont été présentées la première fois aux mâles à l'âge de 4,5 mois. Six mâles ont été utilisés pour saillir toutes les femelles à un rythme de trois saillies par semaine et par mâle avec un repos d'au moins un jour entre deux saillies consécutives. Avant chaque saillie, la coloration de la vulve et son état de turgescence ont été notés (toutes les lapines avec une vulve rouge et turgescence ont été considérées comme réceptives, par contre celles présentant une vulve pâle et non turgescence sont considérées alors non réceptives).

La femelle est introduite dans la cage d'un premier mâle. Quand la lapine est réceptive dans un intervalle de temps de 15 minutes, elle s'immobilise rapidement, s'étend et relève légèrement l'arrière train (position de lordose). Le mâle appuie son cou sur l'arrière train de la lapine puis se porte en avant pour enserrer les lombes de cette dernière avec ses membres



antérieurs. Il effectue ensuite des mouvements pelviens rapides et un mouvement copulatoire, jetant ses membres postérieurs en avant et éjaculant. Déséquilibré, il tombe en arrière ou à côté en émettant quelque fois un cri caractéristique. Cependant, si la femelle refuse l'accouplement avec le premier mâle, elle est représentée le même jour à un deuxième mâle pendant une durée de 5 minutes, voir même à un troisième jusqu'à l'acceptation de la saillie. A 12 jours *post coïtum*, le diagnostic de gestation par palpation abdominale.

II.7. Mesure de la capacité utérine :

Au 25^{ème} jour *postcoïtum*, les femelles gestantes ont été pesées et 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 ont été prélevés. Divers paramètres sur les différentes composantes de l'appareil génital ont alors été mesurés.

II.7.1. Les caractéristiques de l'ovaire :

Une fois débarrassés de leurs graisses, les ovaires sont pesés puis placés dans des boîtes de pétri contenant 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* (1996) sous une loupe binoculaire. Le nombre de corps jaunes non hémorragiques a été compté directement sur l'ovaire (Figure 13).

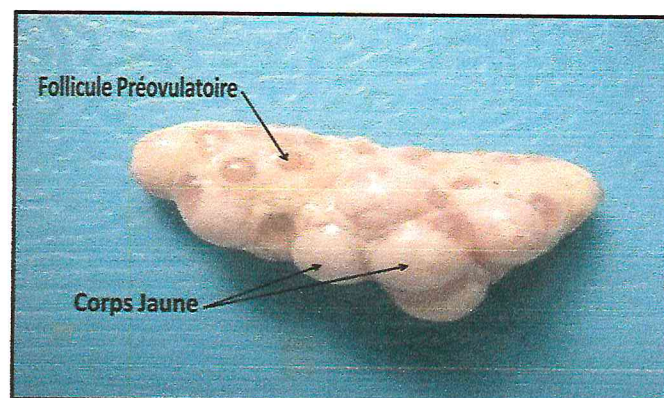


Figure 13 : Ovaire (Corps jaunes et follicule préovulatoires).



II.7.2. Etude de la vascularisation :

Un dénombrement, par un examen externe des cornes utérines, des sites d'implantation contenant des fœtus ou sans et du nombre de vaisseaux sanguins arrivant au niveau de chaque site d'implantation (Figure 14) de ceux-ci a été réalisé selon la technique d'Argente *et al.* (2003). Les fœtus sont classés selon le nombre de vaisseaux sanguins en trois classes :

- Fœtus avec moins de ≤ 3 vaisseaux sanguins.
- Fœtus présentant 4 vaisseaux sanguins.
- Fœtus avec plus de 5 vaisseaux sanguins.

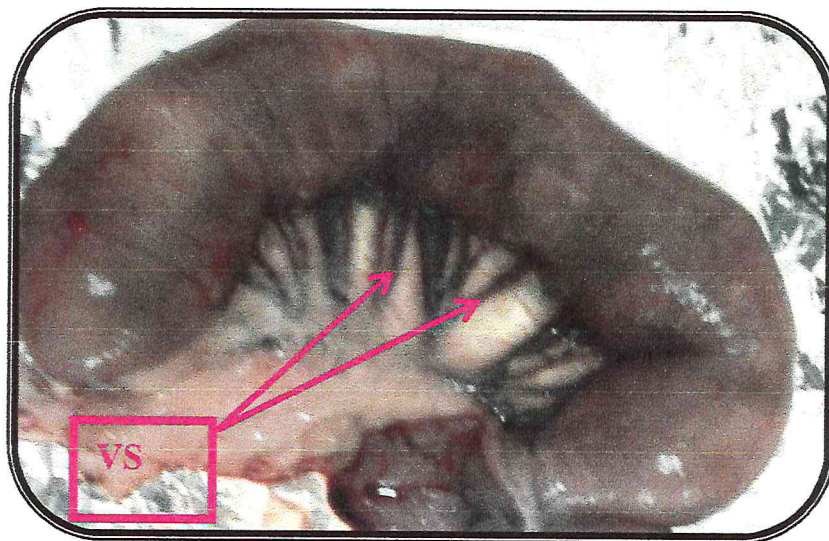


Figure 14 : Les vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation.



II.7.3. Etude de l'implantation et du développement fœtal :

La corne utérine est séparée dans la zone vaginale au niveau du cervix et débarrassée de sa graisse. Sa longueur et son poids ont été rapidement noté et elle est et longitudinalement fondues afin de mesurer les différents paramètres.

• Détermination du nombre de sites d'implantation :

Le nombre de sites d'implantation a été noté (Figure 15). Nous considérons comme site d'implantation toute trace d'implantation de l'embryon qu'il soit mort ou vivant lors de l'abattage.

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

• Le statu des fœtus :

Trois catégories de fœtus ont été considérées et dénombrées (Fortun *et al.*, 1993) :

- **Fœtus vivants** : lorsque les fœtus étaient bien développés.
- **Fœtus résorbés** : lorsque les fœtus ne sont pas reconnaissables et seulement le placenta est présent (cette mortalité s'observe généralement entre le 15^{ème} et le 20^{ème} jour de la gestation).
- **Fœtus morts** : lorsque les fœtus sont reconnaissables mais ils présentent un retard de développement (cette mortalité s'observe entre le 20^{ème} et le 24^{ème} jour de la gestation).

II.7.4. Etude des effets de la position intra utérine:

Les fœtus ont été classés selon leur localisation dans la corne utérine en trois position (Argente *et al.*, 2008) (Figure 15) :



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

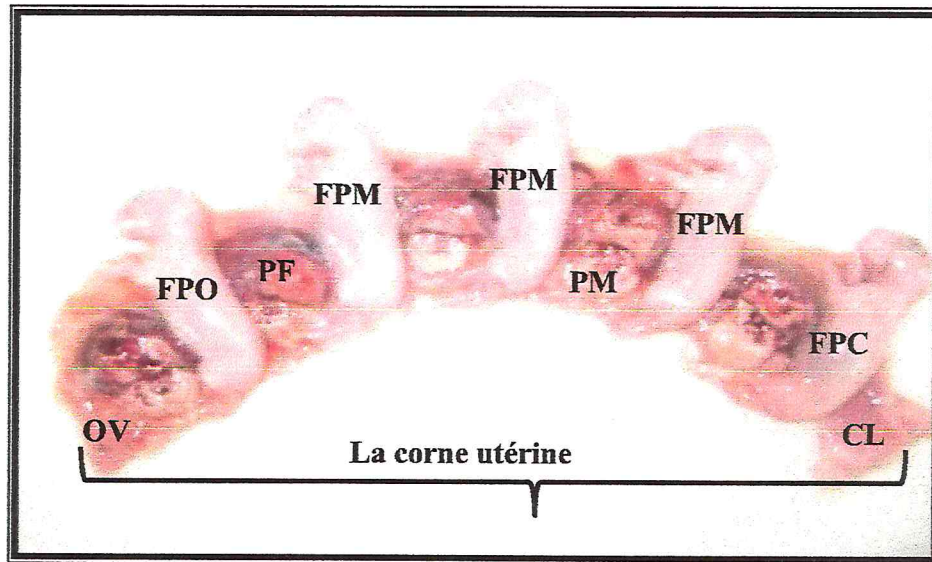


Figure 15 : La position des fœtus au niveau de la corne utérine. CL : Col utérin ; FPC : Fœtus en position cervicale ; FPM : Fœtus en position médiane ; FPO : Fœtus en position oviductale ; Ov : Extrémité oviductale ; PF : Placenta fœtal ; PM : placenta maternel.

II.7.5. Etude des caractéristiques fœtales :

Les fœtus, débarrassés de leurs enveloppes fœtaux, sont pesés à l'aide d'une balance de précision. La longueur entre le sommet de la tête et la croupe a été mesurée par un pied à coulisse digital. Les fœtus ont été disséqués et les poids du tube digestif vide, le foie et le tissu adipeux brun ont été notés. Le sexe de chaque fœtus a été identifié par observation directe des gonades mâles ou femelles

II.7.6. Calcul de l'espace vital :

Les placentas fœtaux et maternels sont disséqués, séparés tout en laissant le placenta maternel attaché à l'utérus. L'espace vitale ou disponible pour chaque fœtus a été calculé selon les formules citées par Argente *et al* (2008) (Figure 16) :



- *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.

A la fin, les placentas maternels et fœtaux prélevés sont pesés (Figure 17) et la longueur et le poids de corne utérine vide sont mesurés.

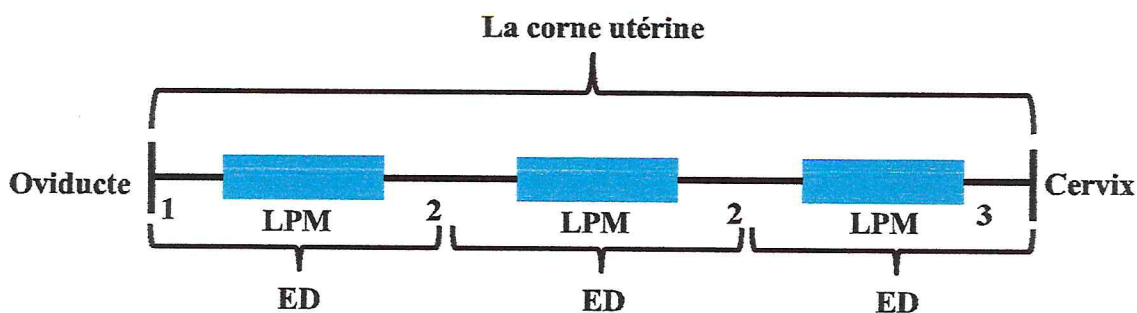


Figure 16 : L'espace vital par fœtus mesuré sur la corne utérine. LPM : Longueur de placenta maternel ; ED : Espace vital ou disponible pour chaque fœtus ; 1 : Distance entre le sommet de la corne utérine et le premier placenta maternel ; 2 : Distance entre deux placentas maternels adjacents ; 3 : Distance entre le col et le premier placenta maternel.

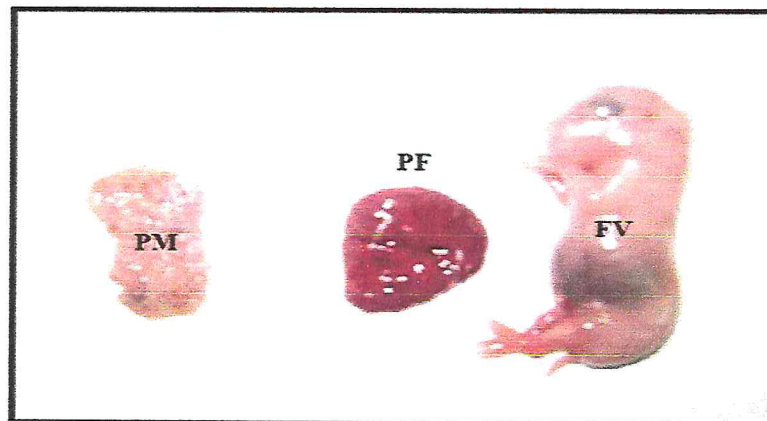


Figure 17 : Fœtus vivant avec ses placentas (maternel et foetal). FV : Fœtus vivant ; PM : Placenta maternel ; PF : Placenta foetal.

II.8. Les paramètres mesurés chez la femelle et les chez les fœtus :

Les différents paramètres mesurés chez les femelles ainsi que les fœtus sont regroupés respectivement dans les tableaux.

Tableau 02 : Les paramètres mesurés chez les lapines au moment de l'abattage.

Traits	Définition
Le poids de l'ovaire droit	
Le taux d'ovulation	le nombre de corps jaunes non hémorragiques
Le nombre d'embryons implantés	le nombre de sites d'implantation
Le nombre de fœtus vivants	fœtus bien développés sans aucun retard de croissance ou mal formation
Le nombre de fœtus morts	fœtus de petite taille, reconnaissables et présentant un retard de croissance. $FM = EI - FV$
Le nombre de fœtus résorbés	fœtus non reconnaissables et seulement le placenta est présent marquant l'implantation. $FR = EI - (FV + FM)$
La mortalité précoce	Taux d'ovulation – le nombre de sites d'implantation $(V+M+R) / \text{taux d'ovulation} \times 100$



La mortalité tardive	(le nombre de foetus résorbés + le nombre de foetus morts) / le nombre de sites d'implantation (V+M+R) × 100
La mortalité totale	Le taux d'ovulation – le nombre de foetus vivants/ le taux d'ovulation
La longueur et le poids de la corne utérine pleine	
La longueur et le poids de la corne utérine vide	

Tableau 03 : Les paramètres mesurés chez les foetus

Paramètre
Poids individuel des foetus
Poids de tube digestif avec l'estomac vidé
Poids de foie
Poids de tissu adipeux brun
Poids individuel de placenta maternel
Poids individuel de placenta foetal
Longueur des foetus : la distance entre le sommet de la tête et la croupe
Longueur du placenta maternel
Espace disponible individuel

II.9. L'analyse statistique :

Les résultats obtenus ont été décrits par la moyenne et l'écart-type. Ils ont été soumis à une analyse de la variance à un seul facteur. Les analyses ont été effectuées à l'aide du programme Statview (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).



Résultats

I. Résultats :

Dans cette expérience, nous présentons dans un premier temps, le nombre de fœtus implantés et leurs statuts ainsi que les principales composantes biologiques de la prolificité. Dans un deuxième temps, nous aborderons, les effets de la position intra utérin, de la vascularisation et de sexe sur le développement fœtal et placentaire.

I.1. La prolificité et statuts des fœtus :

Le nombre de fœtus implantés et leurs statuts sont présentés dans le tableau. Les résultats de cette expérience montrent que le nombre moyen de fœtus implantés était de 7,4. La majorité des fœtus ont été vivants (91,89%).

Tableau 04 : Prolificité au 25^{ème} jour de la gestation et statuts des fœtus (Moyenne \pm SE).

Paramètres	Moyenne \pm SE
Poids des femelles (g)	3094,66 \pm 420,29
Nombre d'embryons implanté (total/moyenne)	111 (7.4)
Statut	
<i>Vivants</i>	91,89%
<i>Morts</i>	1,80%
<i>Résorbé</i>	6,30%

I.2. Composantes biologiques de la prolificité :

Les principales composantes biologiques de la prolificité (taux d'ovulation et mortalité prénatale) sont regroupées dans le tableau. Le taux d'ovulation était de 8,26 alors que le nombre de follicules préovulatoires a varié entre les femelles étudiées et était de 5,13. Les mortalités embryonnaire et fœtale étaient respectivement 9,56 et 8,47%.

Tableau 05 : Les composantes biologiques de la prolificité.

Traits	Moyenne \pm SE
Poids de l'ovaire (g)	0,58 \pm 0,12
Le taux d'ovulation	8,26 \pm 1,22
Nombre de follicules préovulatoires	5,13 \pm 2,26
Mortalité embryonnaire (%)	9,56
Mortalité fœtale (%)	8,47
Mortalité prénatale (%)	15,43

I.3. Effet de la position intra utérine sur le développement fœtal :

Les effets de la position in utéro sur le développement fœtal sont présentés dans le tableau et illustrés dans la figure. Nos résultats montrent que le poids fœtal moyen a été significativement plus important en position oviductale comparé à celui des fœtus en position médiane d'une part (+ 5,69% ; $p < 0,05$) et ceux en position cervicale de l'autre part (+17,79% ; $p < 0,05$). De même, les fœtus de grande taille ont été retrouvés au niveau de la position oviductale ($p < 0,05$). Ils ont été +3,46% et +12,75% plus grand respectivement par rapport à ceux en position médiane et cervicale. L'effet de la position intra utérine a été significatif sur le poids de tube digestif ainsi que celui du foie et les meilleures performances ont été notés dans la position oviductale ($p < 0,05$). En revanche le poids du gras inter scapulaire n'a pas varié significativement entre les trois positions considérées.

Tableau 06 : Effet de la position intra utérine sur le développement fœtal (Moyenne \pm SE).

	Poids fœtal	La longueur	Poids de TD	Poids de foie	Poids de TAB
Position oviductale (n=17)	18,10 ^a \pm	6,35 ^a \pm	0,70 ^a \pm	1,81 ^a \pm	0,14 ^a \pm
	7,36	1,74	0,32	0,76	0,08
Position médiane (n= 81)	17,07 ^b \pm	6,13 ^b \pm	0,63 ^b \pm	1,67 ^b \pm	0,13 ^a \pm
	6,90	1,71	0,63	0,74	0,06
Position cervicale (n= 13)	15,06 ^c \pm	5,54 ^c \pm	0,57 ^c \pm	1,42 ^c \pm	0,11 ^a \pm
	8,52	2,51	0,32	0,82	0,07

TD : Tube Digestif ; TAB : Tissus Adipeux Brun. a, b, c ...: Sur la même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

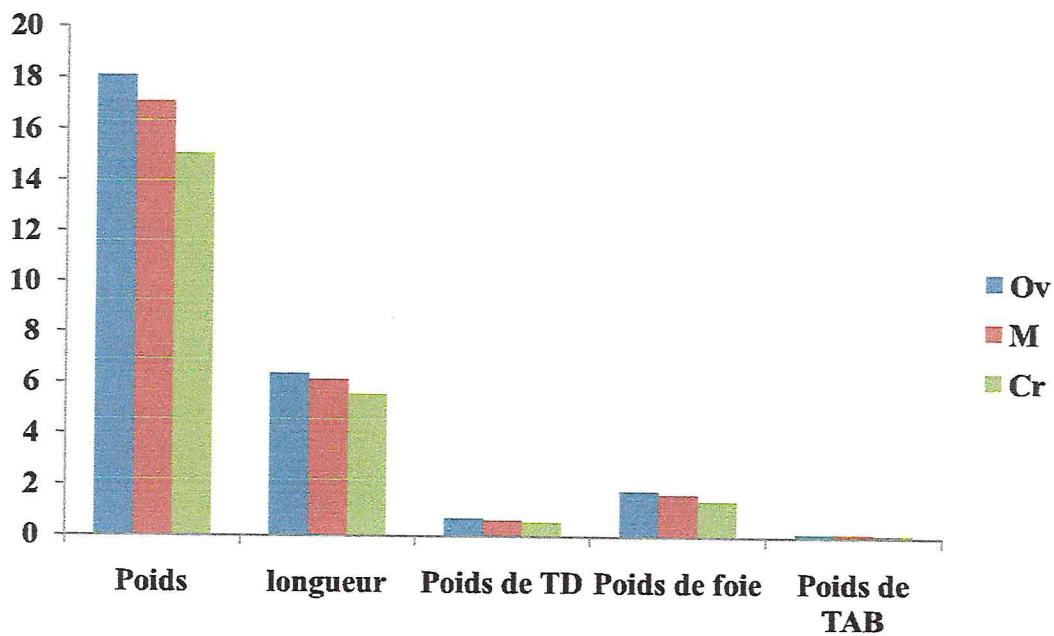


Figure 18 : L'effet de la position intra utérine sur le poids et la longueur des fœtus, le poids du tube digestif et celui de tissu adipeux brun (Ov : Oviductale ; M : Médiane ; Cr : Cervicale).

I.4. Effet de la position intra utérine sur le développement des placentas et sur l'espace vital:

Contrairement au poids du placenta maternel, le poids du placenta fœtal a été influencé par la position intra utérine et les fœtus en position oviductale ont enregistré le poids le plus élevé. En effet, le poids de ce dernier a été + 14,78% en position oviductale par rapport à ceux en position médiane et +26,08% par rapport à ceux en position cervicale.

Par ailleurs, l'espace vital ou disponible moyen a varié selon les trois positions anatomiques. L'espace le plus grand a été enregistré dans la position près de l'oviducte comparé (3,62 vs 2,49 cm et 3,62 vs 3,62 cm comparé à celui calculé en position médiane et cervicale respectivement).

Tableau 07 : Effet de la position intra utérine sur le développement des placentas et sur l'espace vital (Moyenne \pm SE).

	Poids PF	Poids PM	PF/PM	Espace vital
Position oviductale (n= 17)	3,45 ^a \pm 1,11	1,27 ^a \pm 0,26	2,69 ^a \pm 0,96	3,62 ^a \pm 1,01
Position médiane (n= 81)	2,94 ^b \pm 0,99	1,24 ^a \pm 0,32	2,43 ^a \pm 0,89	2,49 ^a \pm 0,50
Position cervicale (n= 13)	2,55 ^c \pm 1,32	1,02 ^a \pm 0,51	2,74 ^a \pm 2,04	3,53 ^a \pm 0,61

PF: Placenta fœtal ; PM : Placenta Maternel. a, b, c ...: Sur la même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (p<0,05).

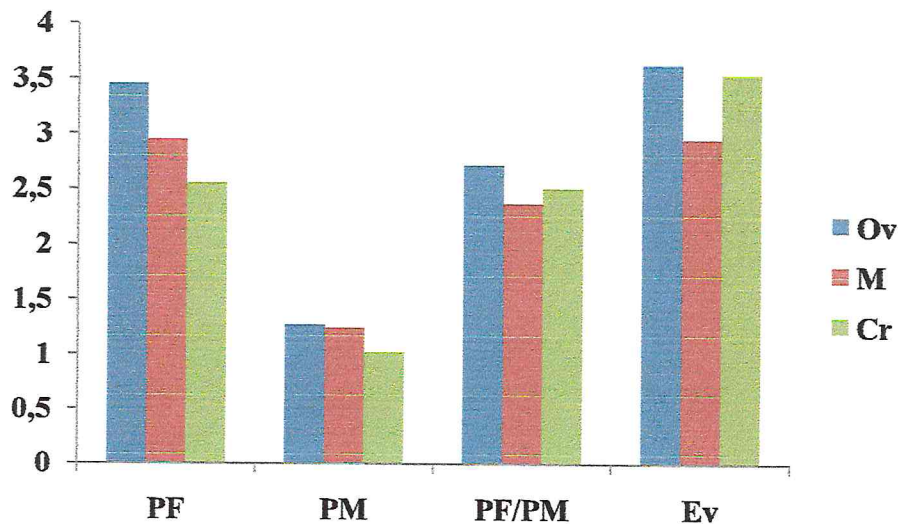


Figure 19 : Effet de la position intra utérine sur le développement placentaire et sur l'espace vital (Ov : Oviductale ; M : Médiane ; Cr : Cervicale).

I.5. Effet de la vascularisation sur le développement fœtal :

Les effet du nombre de vaisseaux sanguins qui arrivent au niveau de chaque site d'implantation sur, le poids et la taille des fœtus, poids de tube digestif et du foie et sur l'espace vital moyen sont regroupés sur le tableau et illustrés dans la figure.

L'effet de la vascularisation a été significatif sur le poids et la taille des fœtus. En effet, les fœtus ayant reçu un nombre de vaisseaux sanguin égal ou supérieur à 5 ont présenté un poids et une taille respectivement +10,89% et +4,13% comparés à ceux avec 4 VS d'une part, et +11,26% et + 5,81 par rapport à ceux recevant un nombre de VS faible (≤ 3).

Contrairement au poids du gras inter scapulaire ou tissu adipeux brun, le poids de tube digestif et celui du foie été ont influencés par la vascularisation du site d'implantation. Les fœtus avec un nombre de VS supérieur ou égal à 5 ont présenté un tube digestif et un foie significativement moins comparés à ceux recevant moins de VS.

Tableau 08 : Effet de la vascularisation sur le développement fœtal (Moyenne \pm SE).

	Poids fœtal	La longueur	Poids de TD	Poids de foie	Poids de TAB
Fœtus avec ≤ 3 VS (n= 57)	16,94 ^a \pm 6,89	6,15 ^a \pm 1,63	0,63 ^a \pm 0,29	1,62 ^a \pm 0,75	0,12 ^a \pm 0,06
Fœtus avec 4 VS (n= 26)	17,01 ^a \pm 6,28	6,26 ^a \pm 1,40	0,60 ^a \pm 0,27	1,69 ^a \pm 0,61	0,13 ^a \pm 0,05
Fœtus avec ≥ 5 VS (n= 24)	19,09 ^b \pm 6,70	6,53 ^b \pm 1,49	0,74 ^b \pm 0,30	1,97 ^b \pm 0,70	0,15 ^a \pm 0,07

TD : Tube Digestif ; TAB : Tissus Adipeux Brun. VS : Vaisseaux Sanguins. a, b, c ...: Sur la même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

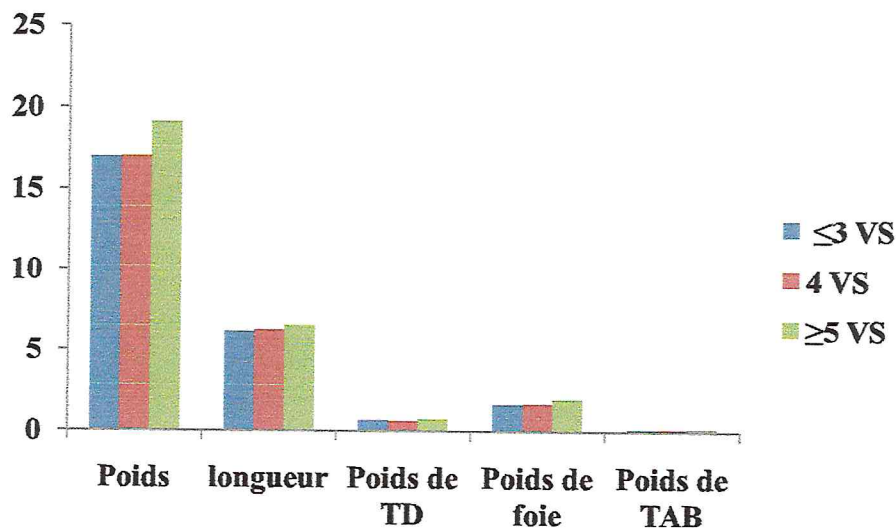


Figure 20 : Effet de la position intra utérine sur le développement placentaire et sur l'espace vital.

I.6. Effet de la vascularisation sur le développement des placentas et sur l'espace vital :

Le poids des placentas et l'espace vital chez la lapine de population locale en fonction de l'irrigation sanguine sont présentés dans le tableau et illustrés dans la figure. Les placentas maternels ont été significativement plus lourds chez les fœtus avec un site d'implantation recevant plus ou égal à 5 vaisseaux sanguins.



Toutefois, le poids du placenta maternel et le rapport entre les deux types de placentas n'a pas été influencé par la vascularisation des sites d'implantation.

Par ailleurs, l'espace vital le plus grand était noté pour les fœtus recevant un nombre de VS ≥ 5 . En effet, l'espace vital chez les fœtus avec un nombre de VS ≥ 5 était de 11,57% et 15,11% plus, respectivement par rapport à ceux avec un site d'implantation recevant un nombre de VS égal à 4 ou ≤ 3 .

Tableau 09 : Effet de la vascularisation sur le développement des placentas et sur l'espace vital.

	Poids PF	Poids PM	PF/PM	Espace vital
Fœtus avec ≤ 3 VS (n= 57)	2,85 ^a ±	1,19 ^a ±	2,56 ^a ±	2,64 ^a ±
	1,01	0,34	1,43	0,64
Fœtus avec 4 VS (n= 26)	3,23 ^b ±	1,34 ^a ±	2,48 ^a ±	2,75 ^a ±
	0,87	0,28	0,78	0,87
Fœtus avec ≥ 5 VS (n= 24)	3,37 ^c ±	1,26 ^a ±	2,74 ^a ±	3,11 ^b ±
	0,86	0,26	0,82	0,89

TD : Tube Digestif ; TAB : l'issus Adipeux Brun. VS : Vaisseaux Sanguins. a, b, c ...: Sur la même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

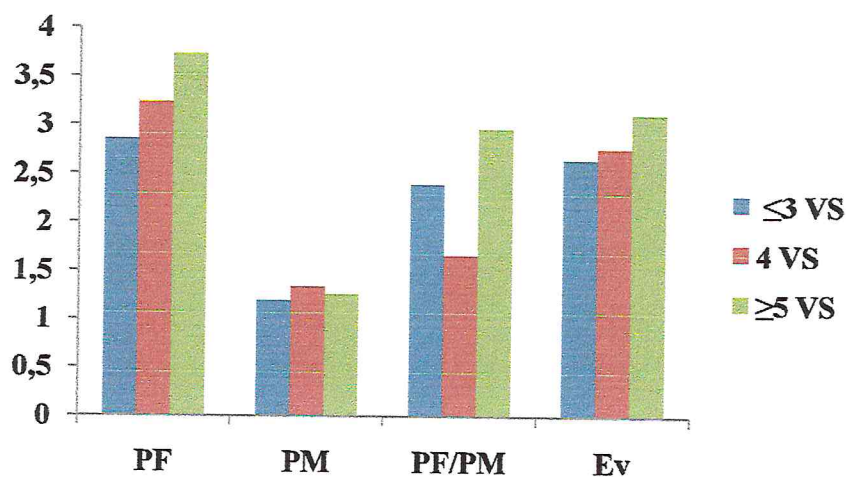


Figure 21 : Effet de la vascularisation sur le développement des placentas et sur l'espace vital.

I.7. Effet du sexe sur le développement fœtal :

L'effet du sexe la taille et le poids des fœtus, le poids de tube digestif et celui du foie et le tissu adipeux brun sont regroupés dans le tableau et illustrés dans la figure. Les résultats de ce travail montrent que l'effet sexe n'a pas influencé des différents paramètres mesurés.

Tableau 10 : Effet de du sexe sur le développement fœtal (Moyenne \pm SE).

	Poids fœtal	La longueur	Poids de TD	Poids de foie	Poids de TAB
Mâle (n= 46)	18,49 ^a \pm 5,35	6,65 ^a \pm 0,58	0,71 ^a \pm 0,23	1,84 ^a \pm 0,56	0,14 ^a \pm 0,06
Femelle (n= 54)	18,15 ^a \pm 6,03	6,51 ^a \pm 0,72	0,66 ^a \pm 0,27	1,77 ^a \pm 0,67	0,14 ^a \pm 0,05

TD : Tube Digestif ; TAB : Tissus Adipeux Brun. a, b, c ...: Sur la même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

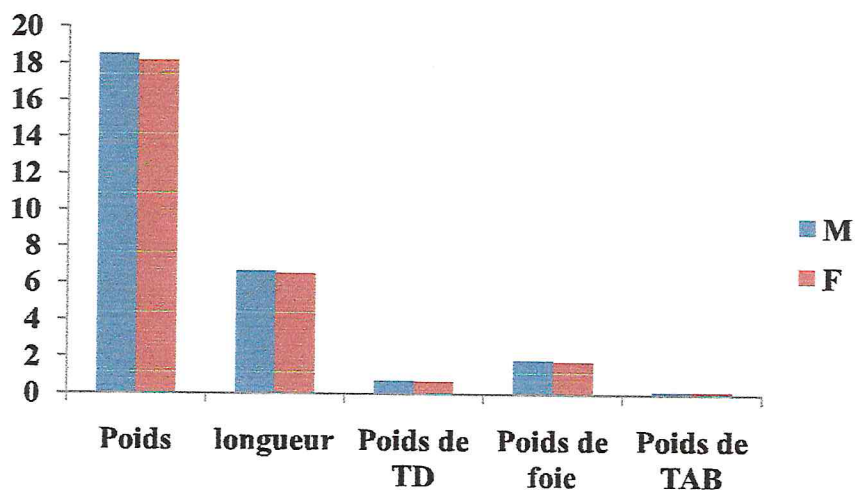


Figure 22 : Effet du sexe sur le développement fœtal (M : Mâle ; F : Femelle).

I.8. Effet de la position intra utérine sur le développement des placentas et sur l'espace vital:

Le poids des placentas et l'espace vital ou disponible en fonction du sexe fœtal sont présentés dans le tableau et illustré dans la figure. Nous pouvons remarquer que le poids des placentas ainsi que l'espace vital entre les deux sexes ont été comparables.

Tableau 11 : Effet de du sexe sur le développement fœtal (Moyenne \pm SE).

	Poids PF	Poids PM	PF/PM	Espace vital
Mâle (n= 46)	3,18 ^a	1,24 ^a	2,65 ^a	2,81 ^a
	\pm	\pm	\pm	\pm
	0,90	0,32	0,81	0,80
Femelle (n= 54)	3,12 ^a	1,26 ^a	2,65 ^a	2,78 ^a
	\pm	\pm	\pm	\pm
	0,84	0,32	1,36	0,76

PF : Placenta fœtal ; PM : Placenta Maternel. a, b, c ... : Sur la même colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

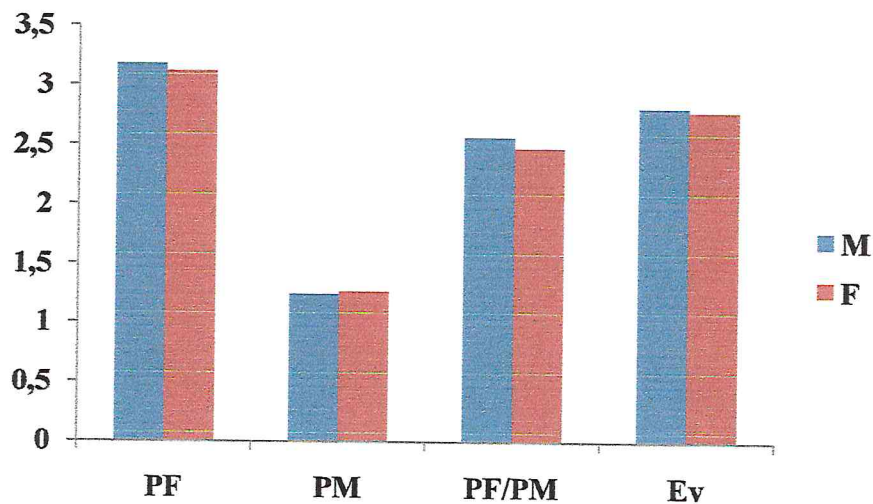


Figure 23 : Effet du sexe sur le poids des placentas et sur l'espace vital (M : Mâle ; F : Femelle).

I.9. La relation entre la longueur de la corne utérine et le nombre fœtus implantés :

La relation entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne utérine vide et pleine sont représentées respectivement dans les figures. Le coefficient de corrélation linéaire était moyen et positif ($r=0,54$) entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne vide d'une part, et faible mais positif entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne utérine vide d'autre part ($r=0,38$).

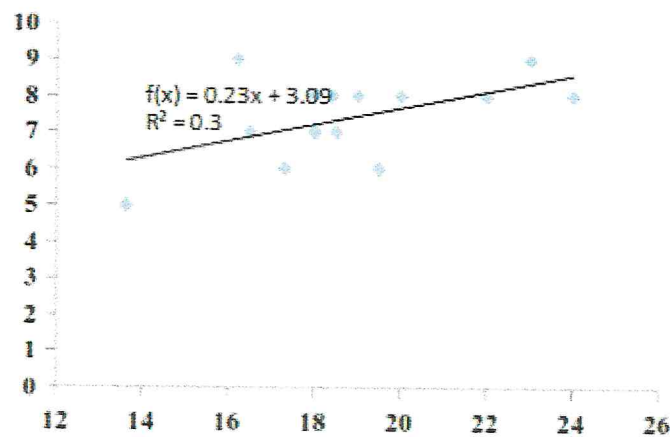


Figure 24 : La relation entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne utérine vide.

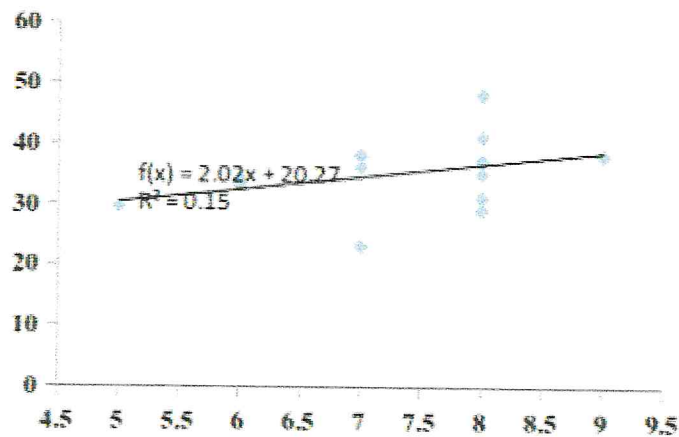


Figure 25 : La relation entre le nombre de fœtus implantés et la longueur de la corne utérine pleine.



Discussion



En Algérie, le développement d'une filière cunicole basée sur l'importation des souches hybrides (1985, 1988) pour intensifier la production et assurer l'approvisionnement régulier des marchés urbains, en protéines d'origine animale et de moindre coût, a échoué en raison de nombreux facteurs : 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, résultant du remplacement total de celle-ci par les hybrides commerciaux utilisés en production intensive.

Après cet échec, une nouvelle stratégie de développement de la production cunicole utilisant le lapin de population locale s'est proposée comme une stratégie alternative à la précédente. Cependant, tous les projets du développement cunicole utilisant le lapin local doivent se baser sur une logique d'ensemble comprenant, en premier lieu, l'identification de la population locale existante de point de vue morphologique, et la connaissance de ses aptitudes biologiques et zootechniques, ainsi que son adaptabilité ce qui peut aider par la suite au montage des programmes de sélection ou des systèmes de production convenables.

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.

Néanmoins, il faut souligner que la majorité des travaux de caractérisation ont été dirigés vers l'aspect zootechnique des performances, alors que certains aspects à l'exemple de la physiologie de la reproduction, ont été négligés empêchant la construction d'un capital de connaissance suffisant, susceptible de servir de base au développement de plusieurs méthodes de biotechnologies (insémination artificielle, synchronisation de l'œstrus, transfert embryonnaire) et d'entreprendre une sélection génétique sur les performances physiologiques de la reproduction (le taux d'ovulation, mortalité embryonnaire et capacité utérine).

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui a pour objectif d'étudier chez la lapine de population locale Algérienne, la capacité utérine et quelques facteurs de variation du développement fœtal et placentaire en fin de gestation : Effets de la vascularisation, de la position in utéro et de sexes des fœtus.



La capacité utérine de la lapine locale...

...Un nombre d'embryons implantés moyen

Les résultats de notre étude montrent que le **nombre moyen d'embryons implantés** chez les femelles de population locale est de **7,4** avec plus de **91%** fœtus vivants. Ces résultats sont supérieurs à ceux enregistrés sur des femelles intactes de même origine génétique par Belabbas *et al.* (2009) (7,4 vs 5,5). Cependant, ils sont nettement inférieurs à ceux reportés par Argente *et al.* (2003) sur des lapines sélectionnées sur la capacité utérine (10,35).

De telles différences peuvent s'expliquer par le nombre d'ovocytes anormaux, la viabilité des embryons et la qualité du milieu utérin (Fechneimer et Beatty, 1974 ; Torres *et al.*, 1987).

Dans nos conditions expérimentales, **la longueur de la corne utérine vide et le nombre d'embryons implantés** sont fortement liés ($r= 0,54$), indiquant que l'augmentation de la longueur de la corne utérine est accompagnée d'une augmentation du nombre d'embryons implantés. La relation entre la longueur de la corne utérine et le nombre d'embryons implantés a été mise en évidence chez la truie (Wu *et al.*, 1987) et chez le lapin (Argente *et al.*, 2006). Nos résultats suggèrent, par ailleurs, que l'amélioration génétique afin d'augmenter la capacité utérine, paraît possible chez les lapines de population locale comme une voie indirecte pour améliorer la taille de portée.

Les composantes biologiques de la prolificité...

...Un taux d'ovulation moyen mais double

Le taux d'ovulation au 25^{ème} jour de la gestation dans le cas de cette étude a été de **8,26**. Ceci indique que l'ovaire restant après l'ovariectomie unilatérale, a entrepris une réponse compensatrice et a doublé sa production en ovocytes. Un tel résultat, confirme l'effet de l'ovariectomie unilatérale décrit dans la littérature par plusieurs auteurs chez le lapin (Fleming *et al.*, 1984 ; Mariana et Dervin, 1992), le porc (Brinkley *et al.*, 1964 ; Père *et al.*, 1997) et la souris (Clutteret *et al.*, 1990).



Cependant, le taux d'ovulation est faible comparé à celui enregistré chez des femelles de la ligne V sélectionnées sur la capacité utérine avec une valeur proche de 14 ovocytes par lapine. Un taux d'ovulation faible pourrait empêcher les femelles d'exprimer leur capacité utérine. Dans le cas de notre étude, le nombre d'ovocytes produits par l'ovaire a été proche de celui d'embryons implantés, ce qui signifie que certaines femelle n'ont pas exprimé leur capacité utérine. En effet, 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, et les femelles avec un taux d'ovulation égal au nombre d'embryons implantés pourraient laisser un grand nombre d'embryons s'implanter si elles avaient reçu un nombre plus élevé d'ovules (Argente *et al.*, 1997).

Les composantes biologiques de la prolificité...

...Mortalité embryonnaire prénatale faible

Les résultats de cette expérience montrent que *la mortalité embryonnaire et fœtale* étaient respectivement de **9,56** et **8,47%**. Le pourcentage de mortalité embryonnaire a été faible par rapport à celui enregistré sur des femelles de population locale algérienne intactes (22% Belabbas *et al.*, 2009), Néo-Zélandaises (6%) et Californiennes (17 % ; Hulot et Matheron, 1981). Chez les femelles uniovariectomisées, la mortalité embryonnaire enregistrée sur la ligne V sélectionnée sur la capacité utérine est plus grande (24% ; Argente *et al.*, 2008).

Torres (1982) explique que la variabilité de la survie embryonnaire observée dans différentes situations, est à la fois liée au taux d'ovulation, à la qualité des ovocytes libérés au cours de l'ovulation et leur taux de fertilisation. Aussi, l'étalement de l'ovulation dans le temps est considéré comme facteur de variation, il peut donner naissance à des ovocytes fertilisés à différents stades et créer ainsi une compétition entre les ovocytes lors de l'implantation (Blasco *et al.*, 2005).

La survie embryonnaire dépend également du milieu oviductale et utérin (Bazer *et al.*, 1990 ; Pope *et al.*, 1990 ; Argente *et al.*, 2008). 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 qui ont 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 (Beier, 2000 ; Merchà et *al.*, 2006).

En revanche, la mortalité post implantatoire a été plus élevée par rapport à celle enregistrée chez les femelles locales intactes (3%) (Belabbas *et al.*, 2009) d'une part, et sur les femelles Californiennes et Néo-zélandaise d'autre part.

Les pertes d'embryons enregistrées après l'implantation semblent liées au développement des placentas (Torres, 1982 ; Argente *et al.*, 2003), lui-même influencé par la disponibilité de l'espace vital, la position du fœtus dans la corne utérine (Lebas, 1982 ; Vallet et Christenson, 1993) et à la vascularisation de l'utérus (Mocé *et al.*, 2004).

Les effets de la position intra utérine...

... Meilleur développement au niveau oviductale

Les résultats enregistrés montrent que le *poids* et la *taille* des fœtus ont été significativement plus importants en *position oviductale* comparé à la position médiane ou cervicale. De même, l'effet de la position a été très significatif sur le poids du tube digestif et du foie, et les fœtus en position oviductale ont présenté les meilleures performances.

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 (Argente *et al.*, 2003).

En revanche, plusieurs auteurs ont mentionné que les fœtus qui s'implantent près de l'extrémité ovarienne bénéficient d'un meilleur poids chez la lapine (Duncan, 1969 ; Bruce et Abdul-Karim, 1973 ; Lebas, 1982 ; Santacreu *et al.*, 1994 ; Palos *et al.*, 1996 ; Poigner *et al.*, 2000 ; Argente *et al.*, 2003 ; Argente *et al.*, 2008), chez la souris (McLaren, 1965) et la truie (Wise *et al.*, 1997) . En effet, ces auteurs mentionnent qu'à cette localisation, la compétition pour l'implantation entre les embryons est faible et le flux sanguin est meilleur permettant ainsi un meilleur développement des placentas.

Les effets de la position intra utérine...



... Placenta fœtal lourd en position oviductale

Contrairement au placenta maternel, le développement du placenta fœtal semble être influencé par la position *in utero*. Les fœtus vivants situés aux extrémités de la corne ont le placenta fœtal le plus lourd, en particulier ceux situés au niveau de la position oviductale lié probablement à une meilleure vascularisation et un grand espace à ces endroits (Duncan, 1969 ; Santacreu *et al.*, 1994 ; Argente *et al.*, 2003).

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 (Lebas, 2009).

Les effets de la position intra utérine...

... Meilleur espace vital en position oviductale

L'espace vital estimé au 25^{ème} jour de la gestation, a été influencé par la position *in utero*, et les fœtus en position médiane ont présenté l'espace vital le plus faible. Ces résultats sont en accord avec ceux enregistrés par plusieurs auteurs et qui indiquent que, les fœtus qui s'implantent au niveau de la position intermédiaire, ont l'espace le plus faible lié probablement à une très grande compétition entre les placentas maternels pour l'espace disponible à cet endroit d'une part, et à une faible irrigation d'autre part (Duncan, 1969 ; Bruce et Abdul-Karim, 1973 ; Argente *et al.*, 2003).

Vascularisation maximale ...

... Développement maximal

Les poids et la taille des fœtus ainsi que le poids du tube digestif et celui du foie chez les lapines de population locale varient significativement entre les différentes classes de vaisseaux sanguins considérées. En effet, les fœtus recevant un nombre élevé de vaisseaux sanguins (≥ 05) ont présenté les meilleures performances. De tels résultats sont également



rapportés chez la lapine au 18^{ème} jour de gestation par Argente *et al.* (2008) et au 28^{ème} jour par Bruce et Abdul-Karim (1973) et Mocé *et al.* (2004). Chez la souris en fin de gestation, Wirth- Dzieciolowska (1987) constate le même effet. L'augmentation de l'irrigation au niveau des sites d'implantation est associée à l'augmentation de l'apport en nutriments traduisant une meilleure croissance des fœtus (Szendro et Maertens, 2001).



Les fœtus vivants recevant plus de 5 vaisseaux sanguins présentent le placenta fœtal le plus lourd, contrairement à ceux recevant moins de vaisseaux sanguins, avec des écarts significatifs. Des résultats similaires sont rapportés par Mocé *et al.* (2004) qui indiquent 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.* (2003) observent un léger effet de la vascularisation sur le poids du placenta maternel chez la lapine au 25^{ème} jour de gestation.

Dans nos conditions expérimentales, l'augmentation de l'espace vital est associée à celle du nombre de vaisseaux sanguins. Argente *et al.* (2008) suggèrent qu'un meilleur espace disponible permet une meilleure vascularisation des sites d'implantations.

Effet sexe fœtal au 25^{ème} jour de la gestation...

...Résultats comparables entre les deux sexes

La majorité des paramètres mesurés dans le cas de notre étude n'ont pas été influencé par le sexe du fœtus. En effet, les fœtus de sexe mâle et femelle ont présenté des résultats très comparables quelque soit le paramètre mesuré. Cependant, le manque de résultats dans la littérature sur le développement fœtal chez le lapin en fonction du sexe a rendu la discussion de ces derniers difficile.



Conclusion



L'exploitation de la lapine de population locale peut constituer une alternative pour promouvoir le développement de l'activité cunicole mais cela nécessite au préalable une bonne connaissance de ses performances. Dans cette étude, nous avons mesuré la capacité utérine de la lapine de population locale algérienne ainsi que les effets de la position intra utérine, du sexe fœtal et de la vascularisation sur le développement fœtal, placentaire et sur l'espace vital.

A l'issue des résultats de cet essai, nous pouvons conclure que :

Le nombre moyen d'embryons implantés chez les femelles de population locale est de 7,4 avec plus de 91% fœtus vivants. Le taux d'ovulation été de 8,26 indiquant une réponse compensatrice de l'ovaire restant.

Le pourcentage de mortalité embryonnaire a été faible par rapport à celle enregistrée sur des femelles de la même population ou sur des souches ou des races étrangères. En revanche, la mortalité post implantatoire a été plus élevée comparée aux données enregistrées dans la littérature.

L'effet de la position intra utérine et de la vascularisation ont été très significatifs sur le poids et la taille des fœtus, le poids du tube digestif et du foie, le poids du placenta fœtal et l'espace vital. En effet, les fœtus en position oviductale ou recevant plus ou égal à 5 vaisseaux sanguins ont présenté les meilleures performances.

Enfin, tous les paramètres mesurés dans cette étude ont été comparables entre les deux sexes des fœtus.



Références bibliographiques



- Adams C. E., 1962. Studies on prenatal mortality in the rabbit, *Oryctolagus cuniculus*: The effect of transferring varying numbers of eggs. *Journal of Endocrinology*, (24):471.
- Allen W.R., Wilsher S., Turnbull C., Stewart F., Ousey J., Rosedale P.D., Fowden A.L., 2002. Influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse: I. Development in utero. *Reproduction*, 123:445-453.
- Allen W.R., Wilsher S., Turnbull C., Stewart F., Ousey J., Rosedale P.D., Fowden A.L., 2002. Influence of maternal size on placental, fetal and postnatal growth in the horse: I. Development in utero. *Reproduction*, 123:445-453.
- Anthony R.V., Pratt S.L., Liang R., Holland M.D., 1995. Placental-fetal hormonal interactions: impact on fetal growth. *Journal of Animal Science*, 73:1861-1871.
- Argente M.J., Blasco A., Ortega J.A., Haley C.S., Visscher P.M., 2003. Analyses for the presence of a major gene affecting uterine capacity in unilaterally ovariectomized rabbits. *Genetics*, 163: 1061-1068.
- Argente M.J., Santacreu M. A., Climent A., Bolet G., Blasco A., 1997. Divergent selection for uterine capacity in rabbits. *Journal of Animal Science*, 75: 2350-2354.
- Argente M.J., Santacreu M.A., Climent A., Blasco A., 2003. Relationships between uterine and fetal traits in rabbit selected on uterine capacity. *Journal of Animal Science*, (81): 1265-1273.
- Argente M.J., Santacreu M.A., Climent A., Blasco A., 2006. Influence of available uterine space per fetus on fetal development and prenatal survival in rabbits selected for uterine capacity. *Livestock Science*, (102) 83-91.
- Argente M.J., Santacreu M.A., Climent A., Blasco A., 2008. Effect of intra uterine crowding on available uterine space per fetus in rabbits. *Livestock Science*, (114) 211-219.
- Armero G., Blasco A., 1992. Economic weight for rabbit selection indices. 5th World Rabbit Congress, Oregon, Vol A, 637-642.
- Baselga M., Blasco A., 1989. *Mejora genética del conejo de producción de carne*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Bazer F.W., Clawson A.J., Robison O.W., Ulberg L.C., 1969. Uterine capacity in gilts. *Journal of Reproduction and Fertility*, (18):121.
- Bazer F.W., Robison O.W., Clawson A.J., Ulberg L.C., 1969b. Uterine capacity at two stages of gestation in gilts following embryo superinduction. *Journal of Animal Science*, (29) 30.



- Bennett G.L., Leymaster K.A., 1989. Integration of ovulation rate, potential embryonic viability and uterine capacity into a model of litter size in swine. *Journal of Animal Science*, (67) 1230.
- Bérard J., Pardo C.E., Béthaz S., Kreuzer M., Bee G., 2010. Intrauterine crowding decreases average birth weight and affects muscle fiber hyperplasia in piglets. *Journal of Animal Science*, 88:3242-3250.
- Biensen N.J., Wilson M.E., Ford S.P., 1998. 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*, 76:2169-2176.
- Blasco A., Argente M.J., Haley C.S., Santacreu M.A., 1994. Relationships between components of litter size in unilaterally ovariectomized and intact rabbit does. *Journal of Animal Science*, (72) 3066-3072.
- Blasco A., Bidanel J.P., Bolet G., Haley C.S., Santacreu M.A., 1993. The genetics of prenatal survival of pigs and rabbits: A review. *Livestock Production Science*, (37) 1-21.
- Blasco A., Bidanel J.P., Bolet G., Haley C.S., Santacreu M. A., 1993. The genetics of prenatal survival of pigs and rabbits: A review. *Livestock Production Science*, (36):153-162.
- Blasco A., Ortega J.A., Santacreu M.A., 2000. Selection for uterine capacity: I Genetic trends and correlated response in components of litter size. 7th World Rabbit Congress, Valencia, 4-7th July, 2000.
- Blasco A., Santacreu M., Thompson R., Haley C., 1993. Estimates of genetics parameters for ovulation rate, prenatal survival and litter size in rabbits from elliptical selection experiment. *Livestock Production Science*, (34) 163-174.
- Blasco A., Sorensen D., Bidanel J.P., 1998. A Bayesian analysis of genetic parameters and selection response for litter size components in pigs. *Genetics*, 149: 301-306.
- Blasco A., Bidanel J.P., Bolet G., Haley C.S., Santacreu M.A., 1993a. Genetic variability in prenatal survival of polytocous species: A review. *Livestock Production Science*, (37):1.
- Bolet G., Santacreu M.A., Argente M.J., Climent A., Blasco A., 1994. Divergent selection for uterine efficiency in unilaterally ovariectomized rabbits. I. Phenotypic and genetic parameters, 5th World Rabbit Congress on Genetic Applied to livestock Production, Guelph, 1994, Vol 19, 261.



- Brinkley H.J., Wickersham E.W., First N.L., Casida L.E., 1964. Effect of unilateral ovariectomy on the structural and function of corpora lutea of the pig. *Endocrinology*, 74:462-476.
- Bruce N.W., Abdul-Karim R.W., 1973. Relationships between fetal weight, placental weight and maternal placental circulation in the rabbit at different stages of gestation. *Journal of Reproduction and Fertility*, 32: 15-24.
- Bryce C. Ryan., John G. Vandenberg., 2002. Intrauterine position effects. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 26, 665-678.
- Chen Z.Y., Dziuk P.J., 1993. Influence of initial length of uterus per embryo and gestation stage on prenatal survival, development, and sex ratio. *Journal of Animal Science*, 71: 1895-1901.
- Christenson R.K., Leymaster K.A., Young L.D., 1987. Justification of unilateral hysterectomy-ovariectomy as a model to evaluate uterine capacity in swine. *Journal of Animal Science*, (65):738.
- Clark M.M., Crews D., Galef Jr. B.G., 1991. Concentration of sex steroid hormones in pregnant and fetal Mongolian gerbils. *Physiology and Behavior*, 49: 239-43.
- Clark M.M., Galef Jr. B.G., 1990. 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*, 23: 29-37.
- Clark M.M., Galef Jr. B.G., 1995. A gerbil dam's fetal intrauterine position affects the sex ratio of litters she gestates. *Physiology and Behavior*, 57: 297-9.
- Clark M.M., Galef Jr. B.G., 1988. Effects of uterine position on rate of sexual development in female Mongolian gerbils. *Physiology and Behavior*, 42: 15-18.
- Clark M.M., Karpuik P., Galef Jr. B.G., 1993. Hormonally mediated inheritance of acquired characteristics in Mongolian gerbils. *Nature*, 367:712.
- Clark M.M., Tucker L., Galef Jr. B.G., 1992. Stud males and dud males: intrauterine position effects on the reproductive success of male gerbils. *Animal Behavior*, 43:215-221.
- Clark M.M., Vonk J.M., Galef Jr. B.G., 1997. Reproductive profiles of adult Mongolian gerbils gestated as the sole fetus in a uterine horn. *Physiology and Behavior*, 61: 77-81.



- Clemens L.G., Gladue B.A., Coniglio L.P., 1978. Prenatal endogenous androgenic influences on masculine sexual behavior and genital morphology in male and female rats. *Hormonal and Behavior*, 10: 40-53.
- Clutter A.C., Nielson M.K., Johnson R.K., 1990. Alternative methods of selection for litter size in mice: I. Characterization of base population and development of methods. *Journal of Animal Science*, (68): 3536-3542.
- Desaive P., 1949. Etude des processus compensateurs de l'appareil folliculaire dans l'ovaire de lapine adulte. *Archives de Biologie*, 60 : 137-205.
- Dickinson A.G., Hancock J.L., Hovell G.J.R., Taylor S.C.S., Wiener G., 1962. The size of lambs at birth: A study involving egg transfer. *Animal Productions*, 4:64-79.
- Drickamer L.C., Robinson A.S., Mossman C.A., 2001. Differential responses to same and opposite sex odors by adult house mice are associated with anogenital distance. *Ethology*, 107:1-11.
- Duncan S.L.B., 1969. The partition of uterine blood flow in the pregnant rabbit. *Journal of Physiology*, (204) 421-433.
- Dziuk P.J., 1968. Effect of number of embryos and uterine space on embryo survival in the pig. *Journal of Animal Science*, 27: 673-676.
- Fenton F.R., Bazer F.W., Robison O.W., Ulberg L.G., 1970. Effect of quantity of uterus on uterine capacity in gilts. *Journal of Animal Science*, 31: 104-110.
- Ferrell C. L. 1991. Maternal and fetal influences on uterine and conceptus development in the cow: I. Growth of the tissues of the gravid uterus. *Journal of Animal Science*, 69:1945-1953.
- Fleming M.W., Rhodes R.C., Dailey R.A., 1982. Compensatory responses after unilateral ovariectomy in rabbits. *Biology of Reproduction*, 30: 82-86.
- Fleming M.W., Rhodes R.C., Dailey R.A., 1984. Compensatory responses after unilateral ovariectomy in rabbits. *Biology of Reproduction*, (30) 82-86.
- Ford S. P., Vonnahme K.A., Wilson M.E., 2002. Uterine capacity in the pig reflects a combination of uterine environment and conceptus genotype effects. *Journal of Animal Science*, 80(Suppl. 1): 66-73.
- Gandelman R., VomSaal F.S., Reinisch J.M., 1977. Contiguity to male fetuses affects morphology and behavior of female mice. *Nature*, 266: 722-4.



- Garcia, M.L., Baselga M., 2002a. Estimation of genetic response to selection in litter size of rabbits using a cry preserved control population. *Livestock Production Science*, 74:45-53.
- Garcia-Ximenez F., Vicente J.S., 1993. Limiting effects of uterine crowding on the number and weight of live pups at birth in hemiovariectomized and normal rabbit does. *Reproduction Nutrition Development*, 33: 69-73.
- Gion J.M., Clutter A.C., Nielsen M.K., 1990: Alternative methods of selection for litter size in mice: II response to thirteen generations of selection. *Journal of Animal Science*, 68: 3543-3556.
- Hafez E.S.E., 1964. Seasonal fluctuations in ovulation rate and superovulatory response of the domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Acta Zoology Stockholm*, (45) 123-131.
- Hermreck A.S., Greenwald G.S., 1964. The effects of unilateral ovariectomy on follicular maturation in the Guinea pig. *Anatomical Record*, 148: 171-176.
- Hirshfield A.N., 1982. Follicular recruitment in long term hemicastrate rats. *Biology of Reproduction*, 27: 48-53.
- Houtsmuller E.J., Slob A.K., 1990. Masculinization and defeminization of female rats by males located caudally in the uterus. *Physiology and Behavior*, 48: 555-60.
- Houtsmuller E.J., Thornton J.A., Rowland D.L., 1997. Using a regression approach to study the influence of male fetuses on the genital morphology of neonatal female rats. *Multivariate Behavior Research*, 32: 77-94.
- Howdeshell K.L., Hotchkiss A.K., Thayer K.A., Vandenberg J.G., VomSaal F.S., 1999. Exposure to bisphenol A advances puberty. *Nature*, 401: 763-4.
- Howdeshell K.L., VomSaal F.S., 2000. Developmental exposure to bisphenol A: interaction with endogenous estradiol during pregnancy in mice. *American Zoologist*, 40: 429-37.
- Jubilan B.M., Nyby J.G., 1992. The intrauterine position phenomenon and precopulatory behaviors in house mice. *Physiology and Behavior*, 51: 857-72.
- Kinsley C.H., Konen C.M., Miele J.L., Ghiraldi L., Svare B., 1986. Intrauterine position modulates maternal behaviors in female mice. *Physiology of Behavior*, 36: 793-9.
- Kirby Y. L., Nielsen M.K., 1993. Alternative methods of selection for litter size in mice. III. Response to 21 generations of selection. *Journal of Animal Science*, 71:571-578.
- Knight J.W., Fuller W.B., Thatcher W.W., Franke D.E., Wallace H.D., 1977. Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts:



- interrelations among hormonal status,placental development, fetal fluids and fetal growth. Journal of Animal Science, 44,620-637.
- Knight J.W., Fuller W.B., Thatcher W.W., FrankeD.E.,Wallace H.D.,1977. Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts: interrelations among hormonal status,placental development, fetal fluids and fetal growth. Journal of Animal Science, 44,620-637.
- Knight J.W., Fuller W.B., Thatcher W.W., FrankeD.E.,Wallace H.D., 1977. Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts: interrelations among hormonal status, placental development, fetal fluids and fetal growth. Journal Animal Science,(44) 620-637.
- Knight J.W., Fuller W.B., Thatcher W.W., FrankeD.E.,Wallace H.D.,1977. Conceptus development in intact and unilaterally hysterectomized-ovariectomized gilts: interrelations among hormonal status,placental development, fetal fluids and fetal growth. Journal of Animal Science, 44,620-637.
- Lebas F., 1982. Influence de la position *in utero* sur le développement corporel des lapereaux.3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 8-9 Décembre 1982, Paris, 161-166.
- Ley master A.K., Christenson R.K., Young L.D., 1986. Héritabilité réalisée de la taille de portée dans la sélection de truies dites « Hyperprolifiques ». Génétique Sélection et Evolution, 19 : 351-354.
- Ley master A.K., Christenson R.K., Young L.D., 1986. Héritabilité réalisée de la taille de portée dans la sélection de truies dites « Hyperprolifiques ». Génétique Sélection et Evolution, 19 : 351-354.
- Long C.R., Lamberson W.R., Bates R.O., 1991. Genetic correlations among reproductive traits and uterine dimesions in mice. Journal of Animal Science, 69: 99-103.
- Mariana J.C., Dervin C.,1992. Influence de l'ovariectomieunilatérale sur la croissancefolliculaire chez lalapine. EuropeanArchives Biology, 1103: 5-14.
- McDermott N.J., Gandelman R., Reinisch J.M., 1978. Contiguity to malefetuses influences ano-genital distance and time of vaginal openingin mice. Physiology and Behavior, 20: 661-3.
- Meisel R.L., Ward I.L., 1981. Fetal female rats are masculinized by male littermates located caudally in the uterus. Science, 213: 239-42.



- Mocé M.L., Piles M., Santacreu M.A., Blasco A., 2000. Correlated response to selection for uterine capacity on teat number and effect on teat number on survival rate. 7th World Rabbit Congress, Vlanavia, 4-7, July, 2000.
- Mocé M.L., Santacreu M.A., Climent A., Blasco A., 2004. 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*, 82:1046-1052.
- Nonneman D.J., Ganjam V.K., Welshons W.V., VomSaal F.S., 1992. Intrauterine position effects on steroid metabolism and steroid receptors of reproductive organs in male mice. *Biology of Reproduction*, 47: 723-9.
- Oxána B., Péter S., Kriszta D., Agnes B., Vilmos A., 2012. Anogenital distance as a predictor of attractiveness, litter size and sex ratio of rabbit does. *Physiology and Behavior*, 105: 1226-1230
- Oxana B., Vilmos A., Agnes B., 2009. Intrauterine position influences anatomy and behavior in domestic rabbits. *Physiology and Behavior*, 98: 258-262.
- Oxána B., Vilmos A., Anita D., Agnes B., 2010. Testosterone treatment of pregnant rabbits affects sexual development of their daughters. *Physiology and Behavior*, 101: 422-427.
- Palanza P., Morley-Fletcher S., Laviola G., 2001. Novelty seeking in preadolescent mice: sex differences and influence of intrauterine position. *Physiology and Behavior*, 72: 255-62.
- Palanza P., Parmigiani S., VomSaal F.S., 1995. Urine marking and maternal aggression of wild female mice in relation to anogenital distance at birth. *Physiology of Behavior*, 58: 827-35.
- Palos J., Szendro Z.S., Kustosk K., 1996. 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, 2, 97-102.
- Pearson P.L., Klemcke H.G., Christenson R.K., Vallet J.L., 1998. Uterine environment and breed effects on erythropoiesis and liver protein secretion in late embryonic and early fetal swine. *Biology of Reproduction*, 58:911-918.
- Pearson P.L., Klemcke H.G., Christenson R.K., Vallet J.L., 1998. Uterine environment and breed effects on erythropoiesis and liver protein secretion in late embryonic and early fetal swine. *Biology of Reproduction*, 58:911-918.



- Père M.C., Dourmad J.Y., Etienne M., 1997. Effect of number of pigembryos in the uterus on their survival and development and on maternal metabolism. *Journal of Animal Science*, 75: 1337-1342.
- Perry J.S., Rowell J.G., 1969. Variation in fetal weight and vascular supply along the uterine horn of the pig. *Journal of Reproduction and Fertility*, 9: 527-534.
- Poigner J., Szendro Zs., Lévai A., Biró-Németh E., Radnai I., 2000. Weight of new-born rabbits in relation to their number and position within the uterus in unilaterally ovariectomised does. 7th World Rabbit Congress, Valencia, Spain, 231-237.
- Quadagno D.M., McQuitty C., McKee J., Koelliker L., Wolfe G., Johnson D.C., 1987. The effects of intrauterine position on competition and behavior in the mouse. *Physiology and Behavior*, 41: 639-42.
- Richmond G., Sachs B.D., 1984. Further evidence for masculinization of male rats by males located caudally *in utero*. *Hormonal and Behavior*, 18: 484-90.
- Rines J.P., VomSaal F.S., 1984. Fetal effects on sexual behavior and aggression in young and old female mice treated with estrogen and testosterone. *Hormonal and Behavior*, 18: 117-29.
- Rohde Parfet K.A., Ganjam V.K., Lamberson W.R., Rieke A.R., VomSaal F.S., Day B.N., 1990. Intrauterine position effects in female swine: subsequent reproductive performance, and social and sexual behavior. *Applied Animal Behavior Science*, 26: 349-62.
- Santacreu M. A., Viudes M. P., Blasco A., 1990. Evaluation par cœlioscopie des corps jaunes et des embryons. Influence sur la taille de portée chez la lapine. *Reproduction Nutrition Development*, (30) :583.
- Santacreu M.A., Argente M.J., Mocés M.L., Blasco A., 2000. Selection for uterine capacity. II : response to selection estimated with cryopreserved population. 7th World Rabbit Congress, Vianavia, 4-7, July, 2000.
- Santacreu M.A., Argente M.J., Mocés M.L., Blasco A., 2000. Selection for uterine capacity. II : response to selection estimated with cryopreserved population. 7th World Rabbit Congress, Vianavia, 4-7, July, 2000.
- Santacreu M.A., Mocé M.L., Climent A., Blasco A. 2005. Divergent selection for uterine capacity in rabbits. II. Correlated response in litter size and its components estimated with a cryopreserved control population. *Journal of Animal Science*, 83: 2303-2307.



- Tobet S.A., Dunlap J.L., Gerall A.A., 1982. Influence of fetal position on neonatal androgen-induced sterility and sexual behavior in female rats. *Hormonal and Behavior* 16: 251-8.
- Torres S., 1982. Etude de la mortalité embryonnaire chez la lapine. 3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 8-9 Décembre 1982, Paris, Comm N° 15.
- Vallet J.L., Christenson R.K., 1993. Uterine space affects placental protein secretion in swine. *Biology of Reproduction*, 48:575-584.
- Vallet J.L., Christenson R.K., McGuire W.J., 1996. Association between uteroferrin, retinol-binding protein, and transferrin within the uterine and conceptus compartments during pregnancy in swine. *Biology of Reproduction*, 55:1172-1178.
- Vallet K.L., Klemcke H.G., Christenson R.K., 2002. Interrelationships among conceptus size, uterine protein secretion, fetal erythropoiesis, and uterine capacity. *Journal of Animal Science*, 80:729-737.
- Vallet K.L., Klemcke H.G., Christenson R.K., 2002. Interrelationships among conceptus size, uterine protein secretion, fetal erythropoiesis, and uterine capacity. *Journal of Animal Science*, 80:729-737.
- Vallet K.L., Leymaster K.A., Cassady J.P., Christenson R.K., 2001. Are hematocrit and placental efficiency selection tools for uterine capacity in swine? *Journal of Animal Science*, 79(Suppl. 2) :89 (Abstr.).
- Van der Hoeven T., LeFevre R., Mankes R., 1992. 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*. 263: 32-9.
- Vandenbergh J.G., Huggett C.L., 1995. The anogenital distance index, a predictor of the intrauterine position effects on reproduction in female house mice. *Laboratory Animal Science*, 45: 567-73.
- VomSaal F.S., 1983. Variation in infanticide and parental behavior in male mice due to prior intrauterine proximity to female fetuses: elimination by prenatal stress. *Physiology and Behavior*, 30: 675-81.
- VomSaal F.S., Bronson F.H., 1980. Sexual characteristics of adult female mice are correlated with their blood testosterone levels during prenatal development. *Science*, 208: 597-9.



- VomSaal F.S., Bronson F.H.,1978. *Inutero* proximity of female mousefetuses to males: effects on reproductive performance during laterlife. *Biology of Reproduction*.19: 842-53.
- VomSaal F.S., Bronson F.H.,1980. Sexual characteristics of adult femalemice are correlated with their blood testosterone levels duringprenatal development. *Science*, 208: 597-9.
- VomSaal F.S., Dhar M.G.,1992. Blood flow in the uterine loop artery andloop vein is bidirectional in the mouse: implications for transport ofsteroids between fetuses. *Physiology and Behavior*, 52: 163-71.
- VomSaal F.S., Grant W.M., McMullen C.W., Laves K.S, 1983. High fetalestrogen concentrations: correlation with increased adult sexualactivity and decreased aggression in male mice. *Science*, 220:1306-9.
- VomSaal F.S., Quadagno D.M., Even M.D., Keisler L.W., Keisler D.H., Khan S., 1990.Paradoxical effects of maternal stress on fetal steroids and postnatal reproductive traits in female mice from differentintrauterine positions. *Biology of Reproduction*, 43:751-61.
- Vonnahme K.A., WilsonM.E., FordS.P., 2002. Conceptuscompetition for uterine space: Different strategies exhibited bythe Meishan and Yorkshire pig. *Journalof Animal Science*, 80:1331-1316.
- Waldorf D.P., Foote W.C., Self H.L., Chapman A.B., Casida L.E.,1957. Factor affecting fetal pig weight late in gestation. *Journalof Animal Science*, 16: 976-985.
- Webel S.K., Dziuk P.J., 1974. Effect of stage of gestation and uterinespace on prenatal survival in the pig.*Journal Animal Science*, 38: 960-963.
- Wilson M.E., BiensenN.J., FordS.P., 1999. Novel insight intothe control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool. *Journalof Animal Science*, 77:1654-1658.
- Wilson M.E., BiensenN.J., FordS.P., 1999. Novel insight intothe control of litter size in pigs, using placental efficiency as a selection tool. *Journal of Animal Science*, 77:1654-1658.
- Wirth-Dzieciolowska E.M., 1987. Survival of embryos in relation to the vasculature ofimplantation places in laboratory mice. *GeneticaPolonica*, (28) 127-130.



- Wise T., Roberts A.J., Christenson R.K., 1997. Relationships of light and heavy fetuses to uterine position, placental weight, gestational age and fetal cholesterol concentrations. *Journal Animal Science*, 75: 2197-2204.
- Wise T.H., Christenson R.K., 1992. 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*, 70: 2787-93.
- Wu M.C., Hentzel M.D., Dziuk P.J., 1987. Relationships between uterine length and number of fetuses and prenatal mortality in pigs. *Journal of Animal Science*, (65): 762-770.
- Wu G., Bazer F.W., Wallace J.M., Spencer T.E., 2006. Board-Invited Review: Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. *Journal of Animal Science*, 84:2316-2337.
- Youngs C.R., Christenson L.K., Ford S.P., 1994. Investigations into the control of litter size in swine: III. A reciprocal embryo transfer study of early conceptus development. *Journal of Animal Science*, 72:725-731.
- Zielinski W.J., Vandenberg J.G., Montano M.M., 1991. Effects of social stress and intrauterine position on sexual phenotype in wild-type house mice (*Mus musculus*). *Physiology and Behavior*, 49: 117-23.