

UNIVERSITE SAAD D.

Faculté des Sciences Agro-vétér

Département des Sciences vétérinaires



772THV-2

**Etude des relations entre la Distance Ano-Génitale chez la
lapine et le comportement sexuel, les performances de
reproduction et les composantes biologiques de la
prolificité**

**Mémoire élaboré en vue de l'obtention du diplôme de Docteur en Médecine
Vétérinaire**

Par

KERKOUCHE Tarik Nabil

Année 2013

Promoteur :

Mr BELABBAS R. Maître Assistant B à l'Université de SAAD DAHLAB Blida.

JURY :

Présidente de jury: Mme BOUMAHDI Z.

Maître de Conférences B, Université de Blida.

Examinatrice : Mme BETTAHAR S.

Maitre Assistante A ; Université de Blida.

REMERCIEMENTS

A mon promoteur, **Monsieur BELABBAS Rafik – Maître assistant B** à l'université de SAAD DAHLAB Blida de m'avoir fait l'honneur de diriger ce travail, de m'avoir aidé à son élaboration et d'avoir été disponible. Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

A Madame BOUMAHDJ Zoubieda, Maître de Conférences à l'Université SAAD DAHLAB – Blida.

De me faire l'honneur de présider le jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Madame BETTAHAR Samia, Maître Assistante A à l'Université de SAAD DAHLAB - Blida.

De me faire l'honneur d'accepter de participer à notre jury de thèse.

Sincères remerciements.

A Monsieur KERKOUCHE Rachid, Chercheur à l'Institut National de la Recherche Agronomique Algérie.

D'avoir été présent et de m'avoir aidé et soutenu tout le long de cette année et jusqu'à la « dernière minute ».

Je tiens à lui témoigner ma profonde reconnaissance et ma sincère admiration.

A Madame AIN-BAAZIZ Hassina, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger.

Pour son aide précieuse.

*A **Monsieurs HAREK Derradji**, chercheur à l’Institut National de la Recherche Agronomique Algérie.*

Pour les efforts et le temps qu’il m’a consacrés.

*A **NOUAS Fatma**, chercheur à l’Institut National de la Recherche Agronomique Algérie.*

Pour ses conseils éclairés.

Un grand merci à mes amis **BENDJEBBAS Abdeslam**, **SACI Hachem** et **KELLOU Radhia** 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, et qui ne figurent pas dans cette liste assurément non-exhaustive.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

A mon père pour m'avoir inculqué des bases solides, pour m'avoir aidé et soutenu pendant toutes ces années et sans qui je n'aurai jamais pu mieux réussir.

A ma mère pour lui témoigner mon affection.

A ma grand-mère, mes sœurs, mes tantes et mes oncles.

A mes amis.



Dans le but d'étudier l'effet de la Distance Ano-Génitale (DAG), 37 lapines comprenant des nullipares et des primipares, logées en cages individuelles ont fait l'objet d'une expérimentation. Cette dernière, est destinée à mettre en évidence, chez ces femelles d'éventuels effets de la DAG, sur un certain nombre de caractéristiques de reproduction : le comportement sexuel, les performances de reproduction ainsi que des composantes biologiques de la prolificité.

Pour ce faire, les observations sur les animaux ont porté au début sur : la mesure de la DAG, le nombre de télines, l'évaluation de la réceptivité, le marquage mentonnier, le comportement des femelles vis-à-vis des mâles. Par la suite, les femelles diagnostiquées gestantes ont été sacrifiées au 12^{ème} jour de gestation afin d'observer chez ces dernières les caractéristiques des ovaires (poids et le nombre de follicules pré-ovulatoires) et les composantes biologiques de la prolificité (taux d'ovulation et mortalité embryonnaire).

La parité a un effet significatif sur la DAG et les femelles nullipares ont présenté une DAG supérieure à celle mesurée chez les femelles primipares (+ 7% ; $p < 0,05$).

Aucune relation n'a été trouvée entre le poids de la femelle avant la saillie et sa DAG. Il semblerait que les taux de réceptivité, soient en moyenne plus importants pour le groupe des femelles à grande DAG, que pour celui des femelles à petite DAG. Le marquage mentonnier spontané est significativement supérieur chez les femelles à grande DAG (+ 21%, $p < 0,05$). Les lapines à grande DAG sont plus agressives que les femelles à petite DAG.

Le poids des ovaires a été significativement plus élevé chez les femelles présentant une DAG grande. Les mortalités précoce et tardive ont été significativement élevées chez les femelles avec une grande DAG (+48% ; $p < 0,05$).

Les femelles nullipares marquent plus leur territoire que les femelles primipares (+ 11,74%, $p < 0,05$). Les femelles nullipares ont une fertilité significativement plus importante que celle des femelles primipares (81,25 vs 50% ; +38%, $p < 0,05$). Le Poids des ovaires est significativement plus élevé chez les femelles primipares. La mortalité précoce quant à elle, a



été significativement plus importante chez les femelles nullipares (+26% ; $p < 0,05$), par contre la mortalité tardive a été plus importante chez les femelles primipares (+46% ; $p < 0,05$).

En conclusion, dans cette étude, la parité semble avoir un effet sur un grand nombre de caractéristiques de reproduction, notamment en ce qui concerne la fertilité. La DAG quand à elle, influe au moins sur l'agressivité, le marquage mentonnier, la réceptivité et la mortalité embryonnaire et pourrait donc à ce titre, être prise en compte aussi bien par les éleveurs cunicoles que par les améliorateurs du domaine de la cuniculture.

Mots-clés : Comportement sexuel, composantes de la prolificité, distance ano-génitale, lapines, parité, performances de reproduction.



In order to study the effect of the Ano-Genital Distance (AGD), 37 female rabbits including nulliparous and primiparous, housed in individual cages were used in an experiment. The latter was intended to highlight potential effects of AGD on a number of characteristics of reproduction: sexual behavior, reproductive performances and biological components of prolificacy of the animals.

The observations on the animals focused on the extent of the AGD, the number of teats, the receptivity, the mental marking, female behavior towards male. Subsequently, diagnosed pregnant females were sacrificed on day 12 of gestation to observe on them the characteristics of the ovaries (weight and number of preovulatory follicles) and biological components of prolificacy (ovulation rate and embryonic mortality).

Females status has a significant effect on the AGD: nulliparous females showed higher AGD than primiparous females (7%, $p < .05$).

No relationship was found between the weight of the female before mating and AGD. It seems that the rate of receptivity, was on average more important in the group of female with high AGD, than in the group of females with small AGD. The spontaneous chin marking is significantly higher in females with high AGD (+ 21%, $p < .05$). Females with high AGD are more aggressive than females with small AGD.

Ovarian weight was significantly higher in females with a large AGD. Early and late mortalities were significantly higher in females with a large AGD (48%, $p < .05$).

Nulliparous females mark their territory more than primiparous (+ 11.74%, $p < .05$). Fertility in nulliparous females was significantly greater than in primiparous females (81.25 vs. 50% 38%, $p < .05$). The weight of the ovaries was significantly higher in primiparous

females. Early mortality in turn, was significantly higher in nulliparous females (26%, $p < 0.05$); on the contrary, late mortality was higher in primiparous females (46%, $p < 0.05$).

In conclusion, in this study, females status seems to have an effect on a large number of reproductive characteristics, particularly with regard to fertility. AGD, in turn, affects aggressivity, chin marking receptivity and embryonic mortality

Keywords: Anogenital distance, components of prolificacy, parity, rabbits, reproductive performance, sexual behavior.

من أجل دراسة تأثير المسافة الشرجية التناسلية، أخذت كموضوع تجربة 37 أنثى أرنب منها عديمة الولادة و ذو ولادة واحدة، مربّات في أقفاص الفردية. ويهدف هذا لإظهار آثار محتملة لهذه المسافة على عدد من خصائص التكاثر: السلوك الجنسي، و الفعالية التكاثرية ومكوناتها البيولوجية التكاثرية.

للقيام بذلك، ركزت الملاحظات على: قياس المسافة الشرجية التناسلية، عدد الأثدية، وتقييم القابلية، وسم منطقة، سلوك الأنثى نحو الذكور. بعد ذلك، تمت تضحية الإناث الحاملات في اليوم 12 من الحمل لملاحظة خصائص المبيضين (الوزن وعدد بصيلات القبل-الإباضة) والمكونات البيولوجية التكاثرية (معدل التبويض والوفيات الجنينية).

لعدد الولادات تأثير كبير على المسافة الشرجية التناسلية و الإناث العديمة الولادة أظهرت مسافة أكبر من ما يقاس عند الإناث ذو ولادة واحدة ($p < 0.05$, $+7\%$).

لم يعثر على أي علاقة بين وزن الأنثى قبل التزويج و مسافتها الشرجية التناسلية. ويبدو أن معدل قابلية أكثر أهمية لمجموعة الإناث عالية المسافة. الوسم العفوي بالذقن أعلى بكثير عند الإناث ذو مسافة مرتفعة ($+21\%$, $p < 0.05$). الإناث العالية المسافة هي أكثر عدوانية من الإناث الصغيرة المسافة.

كان وزن المبيض أعلى بكثير عند الإناث الكبيرة المسافة. الوفيات المبكرة والمتأخرة كانت أعلى بكثير عند الإناث التي لها مسافة كبيرة ($+48\%$, $p < 0.05$).

الإناث العديمة الولادة توسم أراضيها أكثر من ذو ولادة واحدة ($+11.74\%$, $p < 0.05$). للإناث العديمة الولادة خصوبة أكبر بكثير من الإناث البكرية (81.25 مقابل 50% ; 38% ، ف > 0.05). كان وزن المبايض أعلى بكثير عند الإناث البكرية. الوفيات المبكرة كانت أعلى بكثير عند الإناث العديمة الولادة (26% ، $P < 0.05$)، بالعكس، الوفيات المؤخرة كانت أعلى عند الإناث البكرية (46% , $P < 0.05$).

في الختام، في هذه الدراسة، يبدو هناك تأثير لعدد الولادات على عدد كبير من الخصائص التكاثرية، وخاصًا فيما يتعلق بالخصوبة. أما المسافة الشرجية التناسلية فهي تأثر على العدوان، الوسم بالذقن، القابلية والوفيات الجنينية.

الكلمات المفتاحية : السلوك الجنسي، المكونات البيولوجية التكاثرية ، المسافة الشرجية التناسلية، الأرناب، لعدد الولادات،
الفعالية التكاثرية.

N°	Partie bibliographique	Page
1	Constitution des réserves folliculaires	8
2	Les différents types de follicules au niveau de l'ovaire d'une lapine	9
3	Evolution d'un follicule à la surface de l'ovaire	12
4	Régulation hormonale du réflexe ovulatoire chez la lapine	12
5	Evolution des sécrétions de FSH et de LH suite à l'accouplement	13
6	Evolution des taux sanguins d'ocytocine et de la prolactine chez la lapine, dans les 45 minutes suivant l'accouplement	14
7	Vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation de la corne utérine droite d'une lapine hémiovariectomisée	19
8	Représentation schématique des positions de fœtus dans un utérus	20
	Partie expérimentale	
9	Le bâtiment d'élevage (Photo personnelle)	30
10	Figure 10 : Différents phénotypes de lapins locaux utilisés (Photo personnelle)	32
11	Technique de mesure de la DAG (du centre de l'anus à l'extrémité de la vulve)	34
12	Evaluation de la réceptivité. Dans ce cas, elle est rouge turgescence	35
13	Arène de 1m de diamètre avec au centre 3 briques pour le marquage mentonnier	36
14	Marquage mentonnier spontané sur une brique	36
15	La saillie chez le lapin (se déroulant dans la cage du mâle)	37
16	Appareil génital de la lapine (1-ovaire ; 2-oviducte ; 3-corne utérine ; 4-canal vaginal)	38
17	Ovaire d'une lapine avec à la surface des follicules pré-ovulatoire et des corps jaunes hémorragiques	40
18	A: Corne utérine avant fonte longitudinale; B: Corne utérine après fonte longitudinale	41
19	Sites d'implantation au niveau de la corne utérine (7 sites d'implantation dans cette photo)	42
20	Deux sites d'implantation (les embryons sont vivants lors de l'abattage)	42
21	La relation entre le poids des lapines avant la saillie et leurs DAG moyennes	46
22	Variation des nombres de réceptivité (positive) en fonction de la DAG (points rouges DAGP/ points bleus DAGG)	46
23	Taux de réceptivité positive moyen par groupe de DAG (%)	47

N°	Partie bibliographique	Page
1	Les effets de la PIU, retenus, observés chez les souris affectant la physiologie, la morphologie et le comportement	22
	Partie expérimentale	
2	Classification des femelles en fonction de leur DAG	44
3	La DAG en fonction de la parité de la femelle	45
4	La relation entre les poids des lapines et leurs distances ano-génitales	45
5	Effet de la DAG sur le marquage mentonnier spontané chez les lapines	48
6	Effet de la DAG sur le comportement des femelles	48
7	Le nombre de télines par femelles en fonction de la DAG	49
8	Effet de la DAG sur la fertilité des femelles	49
9	Effet de la DAG sur les composantes biologiques de la prolificité	50



Abréviations :

AGD: Anogenital distance.

cm : Centimètre.

CMV: Complexe minéraux vitamines.

DAG: Distance anogénitale.

DAGG: Distance anogénitale grande.

DAGP: Distance anogénitale petite.

FSH: Follicle Stimulating Hormone.

g: Gramme.

GnRH: Gonadotropin Releasing Hormone.

J: jour.

IDAG: Indice de distance anogénitale.

kg: kilogramme.

LH: Luteinising Hormone.

m²: Mètre carré.

mm: Millimètre.

ng : Nanogramme.

NS: Non significatif.

PIU: Position intra-utérine

vs: Versus.

2 M : Fœtus situé entre deux mâles.

1M : Fœtus situé entre un mâle et une femelle.

0M : Fœtus situé entre deux femelles.



Symboles :

% : Pourcentage.

< : Inférieur.

> : Supérieur.



INTRODUCTION.....	1
PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
Chapitre I : Rappel sur la physiologie de la reproduction chez la lapine.....	4
I. L'œstrus et le cycle oestrien :.....	4
I.1.Le comportement sexuel :.....	4
I.2. Modifications anatomiques liées à l'œstrus :.....	5
II. L'activité ovarienne chez la lapine :.....	6
II.1. L'ovogénèse :.....	6
II.2. La dynamique folliculaire sur l'ovaire et l'ovulation :.....	9
II.3. Ovulation:.....	9
III. La mise à la reproduction :.....	13
III.1. La physiologie post ovulatoire :.....	13
III.2. La gestation :.....	15
III.3. La placentation :.....	16
IV. Mise bas :.....	17
Chapitre II : Les effets de la position intra-utérine.....	19
II.1. Effet de PIU sur la physiologie de l'animal :.....	21
II.1.1. Les taux hormonaux :.....	21
II.1.2. Reproduction :.....	22
II.1.3. Développement asynchrone :.....	24
II.1.4. Les œstrogènes environnementaux :.....	24
II.2. Effet sur la morphologie de l'animal :.....	24
II.2.1. Distance ano-génitale :.....	24
II.2.2. Les organes reproducteurs :.....	25
II.2.3. Autre morphologie :.....	26
II.3. Effet sur le comportement de l'animal :	26



II.3.1. Agressivité :.....	26
II.3.2. Territorialité :.....	27
II.3.3. Alimentation :.....	28
II.3.4. Les comportements sexuels :.....	28
PARTIE EXPERIMENTALE.....	30
I. Objectif :.....	30
II. Matériel et méthodes :.....	30
II.1. Lieu et durée de l'expérimentation :.....	30
II.2. Le bâtiment et matériel d'élevage :.....	30
II.3. Les animaux :.....	31
II.4. L'alimentation :.....	32
II.5. Le schéma expérimental :.....	33
II.5.1. La mesure la DAG :.....	34
II.5.2. Le nombre de télines :.....	34
II.5.3. Evaluation de la réceptivité :.....	35
II.5.4. Le marquage mentonnier :.....	35
II.5.5. Saillie est comportement des femelles :.....	36
II.5.6. Diagnostic de gestation :.....	37
II.5.7. Abattage des femelles :.....	37
II.5.8. Composantes biologiques de la prolificité :.....	38
II.5.9. L'analyse statistique :.....	42
III. Résultats:.....	43
III.1. Classification des femelles en fonction de leur DAG :.....	43
III.2. La DAG en fonction de la parité:.....	43
III.3. La DAG en fonction du poids des femelles :.....	44
III.4. Effet de la DAG sur la réceptivité :.....	45



III.5. Effet de la DAG sur le marquage mentonnier :.....	46
III.6. Effet de la DAG sur le comportement des femelles :.....	47
III.7. Effet de la DAG sur le nombre de télines par femelle :.....	47
III.8. Effet de la DAG sur la fertilité des femelles :.....	49
III.9. Effet de la DAG et de la parité sur les composantes biologiques de la prolificité :.....	49
IV. Discussion:.....	50
CONCLUSION.....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	57

Introduction

INTRODUCTION

Le lapin, mammifère lagomorphe de la famille des Léporidés, aurait été domestiqué plus récemment (début de l'actuel millénaire) que les autres espèces (Bovin, ovin et volaille). Ceci n'a pas empêché son expansion à travers le monde entier vraisemblablement à partir de l'Afrique du Nord et de l'Europe du Sud.

Elevé beaucoup plus pour sa viande, il a une place de plus en plus importante grâce à ses aptitudes particulières. Cet attrait pour la viande de lapin s'explique par leurs nombreux avantages :

- Une maîtrise facile de l'élevage (en cages, aliments complets et faciles à distribuer,...).
- Un cycle biologique court et une forte prolificité (50 lapereaux abattus par an/lapine ce qui représente environ 60 à 65 kg de viande par lapine/an).
- Un important pouvoir de fixation des protéines alimentaires absorbées sous forme de viande comestible (20% de protéines fixées chez le lapin contre 8-12% chez le bovin).
- La production de viande de lapin est plus économique en énergie alimentaire que la production de viande bovine.
- Les lapins ne concurrencent pas l'homme dans l'alimentation et s'adaptent facilement aux conditions locales.
- Comparée à celle des autres espèces, la viande de lapin est plus riche en protéines, en certaines vitamines et en minéraux et pauvre en graisses.

C'est pour ces nombreuses caractéristiques que la viande de lapin a été utilisée dans des périodes critiques comme la seconde guerre mondiale et ce pour permettre aux populations de faire face à la pénurie de viandes provenant des grandes espèces.

En Algérie également, et pour satisfaire les besoins nationaux en protéines animales, la viande de lapin représente une alternative de choix. En effet, l'élevage cunicole connaît un engouement de plus en plus grand dans notre pays, tant de la part des investisseurs que de la part des consommateurs. Dans le cadre du développement de cet élevage, l'état subventionne l'investissement par le soutien des acquisitions de matériels et équipement ainsi que de cheptel.

Il n'en demeure pas moins que des efforts permanents sont entrepris dans le but d'améliorer la maîtrise de l'élevage et les performances de ce dernier. Pour accroître l'efficacité de ces efforts de développement aussi bien au niveau mondial qu'en Algérie, il est constamment fait appel à la recherche en vue d'améliorer notamment les performances de l'élevage cunicole (prolificité, poids, vitesse de croissance, indice de consommation...). En effet, en plus de l'aspect zootechnique (alimentation, logement, santé,...), l'amélioration des performances de reproduction fait l'objet de recherches spécifiques, en vue de tirer un avantage maximal des particularités de l'espèce cunicole. Ces performances de reproduction sont influencées par des facteurs qui ont été étudiés par un grand nombre de chercheurs. C'est ainsi qu'en plus du facteur génétique et de facteurs liés à l'environnement, la position intra-utérine (PIU) a fait l'objet de nombreux travaux (synthétisés par Ryan et Vandenberg, 2002) à fin de montrer son influence sur des paramètres de reproduction (taux d'hormones, développement des organes, réceptivité,...).

Par ailleurs, certains résultats ont également montré un lien entre cette même PIU et la Distance Ano-génitale (DAG) chez plusieurs espèces, c'est ainsi que la DAG peut servir de marqueur pour la PIU chez la souris (Vandenberg et Huggett, 1995).

Il serait donc opportun de vérifier l'existence d'une relation directe entre la DAG et certains paramètres de reproduction tels que la réceptivité, le comportement sexuel et les composantes biologiques de la prolificité chez la lapine.

Ceci constitue l'objet de notre étude, et l'existence d'une telle relation permettrait d'utiliser cette DAG chez la lapine comme prédicteur des paramètres de reproduction choisis dans ce travail.

Le présent document commence par une partie bibliographique dans laquelle on retrouve au début un rappel sur la physiologie de la reproduction chez la lapine, ensuite un rappel sur l'effet de la PIU sur la physiologie, la morphologie et le comportement. La partie expérimentale se compose quant à elle : des matériel et méthodes utilisés dans notre expérimentation, des résultats obtenus et de la discussion de ces mêmes résultats. Le document se termine par une conclusion comprenant un résumé des principales informations obtenues et par des recommandations.

Partie

Bibliographique



Chapitre I : Rappel sur la physiologie de la reproduction chez la lapine.

I. L'œstrus et le cycle oestrien :

L'œstrus (les chaleurs) est la période durant laquelle la femelle mammifère accepte l'accouplement. Le cycle oestrien est l'intervalle entre deux œstrus consécutifs chez les femelles cyclées. Cet intervalle varie d'une espèce à une autre (21 jours chez la vache, 17 à 18 jours chez la brebis). Par contre, chez la lapine, il n'y a pas de cycle oestrien régulier avec ovulation spontanée. Elle est considérée comme une femelle en œstrus plus au moins permanent, et n'ovule que s'il y a accouplement. On parle alors d'espèce à ovulation provoquée (Villena et Ruiz Matas, 2003 ; Bonnes *et al.*, 2005). On considère donc qu'une lapine est en œstrus quand elle accepte l'accouplement ; et en dioestrus quand elle refuse, on parle ainsi de lapine réceptive ou non-réceptive.

La durée de l'œstrus ou de dioestrus est variable d'une lapine à une autre, certaines peuvent être en œstrus effectif pendant 28 jours consécutifs, tandis que d'autres ne le sont que 2 jours en 4 semaines. Toutefois, on constate que 90 % des femelles ayant la vulve rouge acceptent l'accouplement et ovulent, à l'inverse, 10 % seulement des femelles ayant une vulve blanche acceptent de s'accoupler et sont fécondées. La vulve rouge est donc une forte présomption d'œstrus, mais pas une preuve.

Les vagues folliculaires successives aboutissent à la formation de follicules pré-ovulatoires, qui, avant leur régression éventuelle (absence d'accouplement ou d'administration d'hormone provoquant l'ovulation) sécrètent des œstrogènes. Cette sécrétion est proportionnelle à la masse de ces follicules pré-ovulatoires. C'est le taux suffisamment élevé de ces hormones dans le sang (provenant d'un nombre suffisant de follicules mature présents sur l'ovaire) qui provoque la modification, par l'intermédiaire du système nerveux central, du comportement et qui fait que la lapine devient réceptive.

I.1. Le comportement sexuel :

L'acceptation du mâle se manifeste très tôt puisqu'à onze semaines des accouplements pourraient avoir lieu (Asdell, 1946).



On peut distinguer trois phases :

- **Phase d'attraction :**

Echange d'informations sensorielles entre les partenaires. Des phéromones agissant comme des attractifs sexuels ont été mises en évidence (Gayrard, 2007).

- **Phase de précopulation :**

Le mâle recherche activement le contact avec la femelle par :

- ✓ Le flairage périnéal : le mâle flaire le périnée de la femelle.
- ✓ Le marquage mentonnier : 60 à 65% des mâles marquent les femelles avec les sécrétions des glandes cutanées sous mandibulaire, contre 1,5 % par l'urine.
- ✓ La poursuite : le mâle et la femelle cherchent à se flairer l'un et l'autre et se poursuivent en tournant rapidement (Boussit, 1989 ; Fayez et Rashwan, 2003 ; Gayrard, 2007).

- **Phase de réceptivité :**

Une lapine en œstrus caractérisée prend la position de lordose avec la croupe relevée, tandis qu'une lapine en diœstrus tend à se blottir dans un angle de cage ou à devenir agressive vis-à-vis du mâle (Lebas, 2009).

I.2. Modifications anatomiques liées à l'œstrus :

La coloration de la vulve est une modification anatomique caractéristique qui sert de prédicteur de l'œstrus (Cailliolet Dauphin-Villemant, 1982). Plus elle est foncée, plus on a de la chance d'être en présence d'une femelle en œstrus. PLA et Coll (1984) mettent en évidence une relation significative entre la couleur de la vulve et le taux de femelles ovulant



après saillie : blanc 24%, rose 56%, rouge 83% et violet 85%. Questel (1984) obtient les résultats suivants : blanche 34%, rose 41%, rouge 63%, violette 73%.

L'épithélium vaginal de la lapine est très peu kératinisé. La technique des frottis vaginaux utilisée dans d'autres espèces devant être combinée à d'autres mesures telles que le pH du mucus cervical, l'indice de kératinisation ne semble pas pouvoir être mis en œuvre dans l'immédiat (Boussit, 1989).

II. L'activité ovarienne chez la lapine :

Chez la lapine, les travaux portant sur l'étude de la folliculogénèse et l'ovogénèse sont peu nombreux et relativement anciens, et ce malgré les nouveaux outils dont dispose la recherche. L'étude de l'évolution de la population folliculaire par ultrasonographie transrectale constitue une méthode non invasive souvent utilisée pour l'étude de la croissance folliculaire en parallèle à l'étude des profils hormonaux notamment chez les animaux sauvages (McCorkell et al., 2006). De telles études n'ont jamais été effectuées chez la lapine et semblent difficilement réalisables compte tenu de la petite taille des structures folliculaires.

II.1. L'ovogénèse :

Se définit par la succession des phases qui permettent de passer d'une cellule souche à un gamète femelle ou ovule apte à être fécondé.

Phase germinale : L'ovogénèse débute par cette phase, qui consiste en une division intense des cellules de la lignée germinale qui ont colonisé très tôt les gonades embryonnaires pour donner le stock d'ovogonies. Cette phase est appelée aussi « phase de multiplication ». Par la suite ces ovogonies se différencient pour donner les ovocytes primaires. Ces cellules diploïdes (2n chromosomes), subissent une division au niveau des chromosomes (prophase méiotique) juste après la naissance pour donner des cellules haploïdes (n chromosomes) (Martinet, 1978), (Figure 1).



Phase d'accroissement : Se caractérise par l'accroissement des ovocytes primaires. Ceux-ci augmentent de volume et s'entourent de cellules nourricières aplaties ou cellules folliculaires, pour donner des follicules primordiaux de 0,085 millimètres de diamètre environ, à partir du treizième jour. Le follicule croît progressivement et son diamètre se stabilise à 0,2 millimètres vers deux mois et demi.

Les follicules primordiaux donnent alors des follicules cavitaires apparaissant vers dix semaines (Mauleon, 1965), à la suite de la sécrétion d'un liquide folliculaire. Les dernières étapes de la division méiotique se produisent à la fin de la période de croissance (Figure 2). Ce moment correspond à l'accélération de l'accroissement des ovaires. L'utérus se développe lui aussi plus rapidement.

Contrairement à la plupart des mammifères (vache, brebis) le stock de follicules primordiaux chez la lapine, comme chez la chatte, n'est pas déterminé pendant la vie fœtale mais s'établit pendant la période néonatale lors des premières semaines qui suivent la naissance.

Phase de maturation : Il faut attendre la puberté pour que le follicule cavitaire évolue en follicule à antrum ou follicule secondaire de DE GRAAF, à la suite d'un accouplement qui provoque l'ovulation. A partir de là, l'ovocyte primaire contenu dans le follicule termine sa division méiotique pour donner un ovocyte secondaire entouré de cellules folliculaires et contenant le premier globule polaire. En cas de fécondation, la phase de maturation s'achève par une deuxième division méiotique de l'ovocyte secondaire pour donner un ovule mûr incluant le deuxième globule polaire (Boussit, 1989).

L'ovule est une cellule hautement spécialisée dont la fonction est d'engendrer un individu après fécondation. L'ovule est une grande cellule sphérique qui stocke des réserves nutritives au niveau du cytoplasme. Une autre caractéristique importante est la présence d'une membrane glyco-protéique entourant la cellule : la membrane pellucide. Elle protège l'œuf des agressions mécaniques et intervient dans le mécanisme de la fécondation.

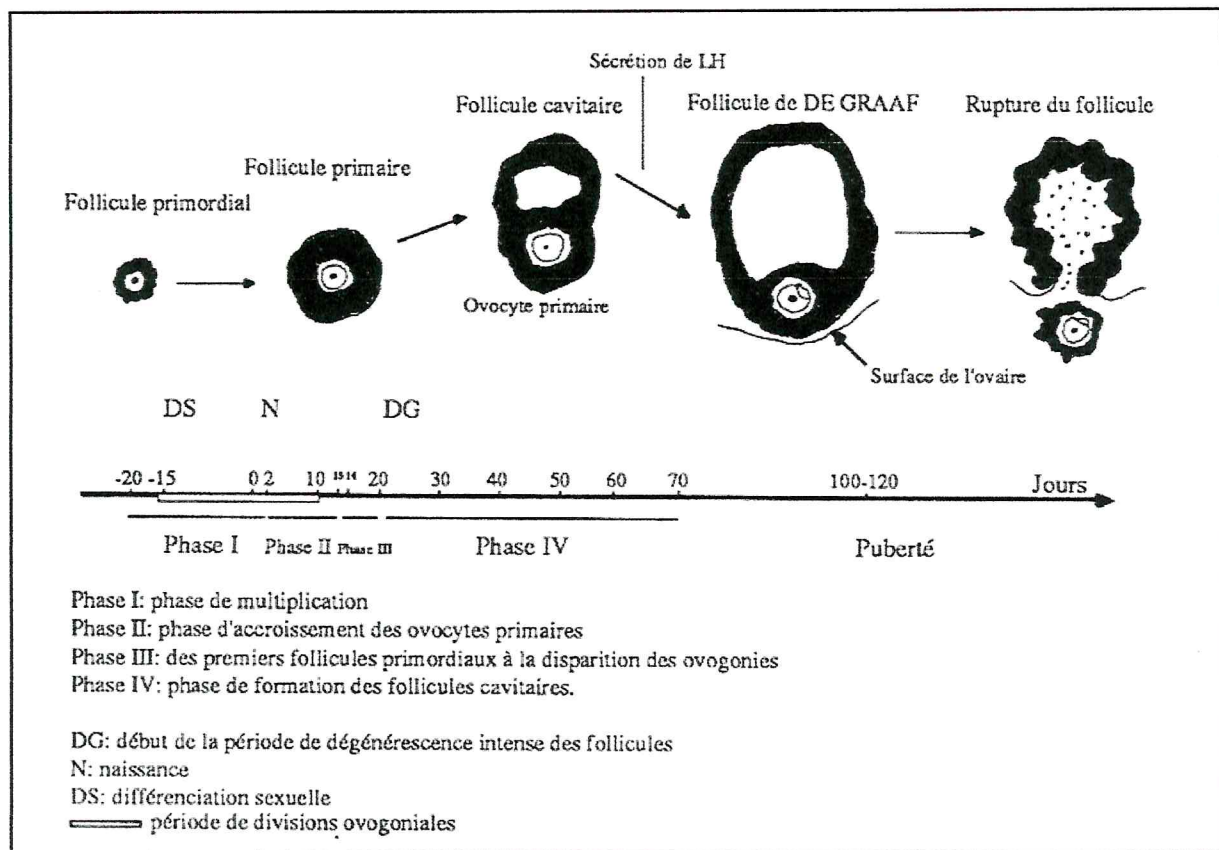


Figure 1 Constitution des réserves folliculaires (Mauleon, 1961-1967)

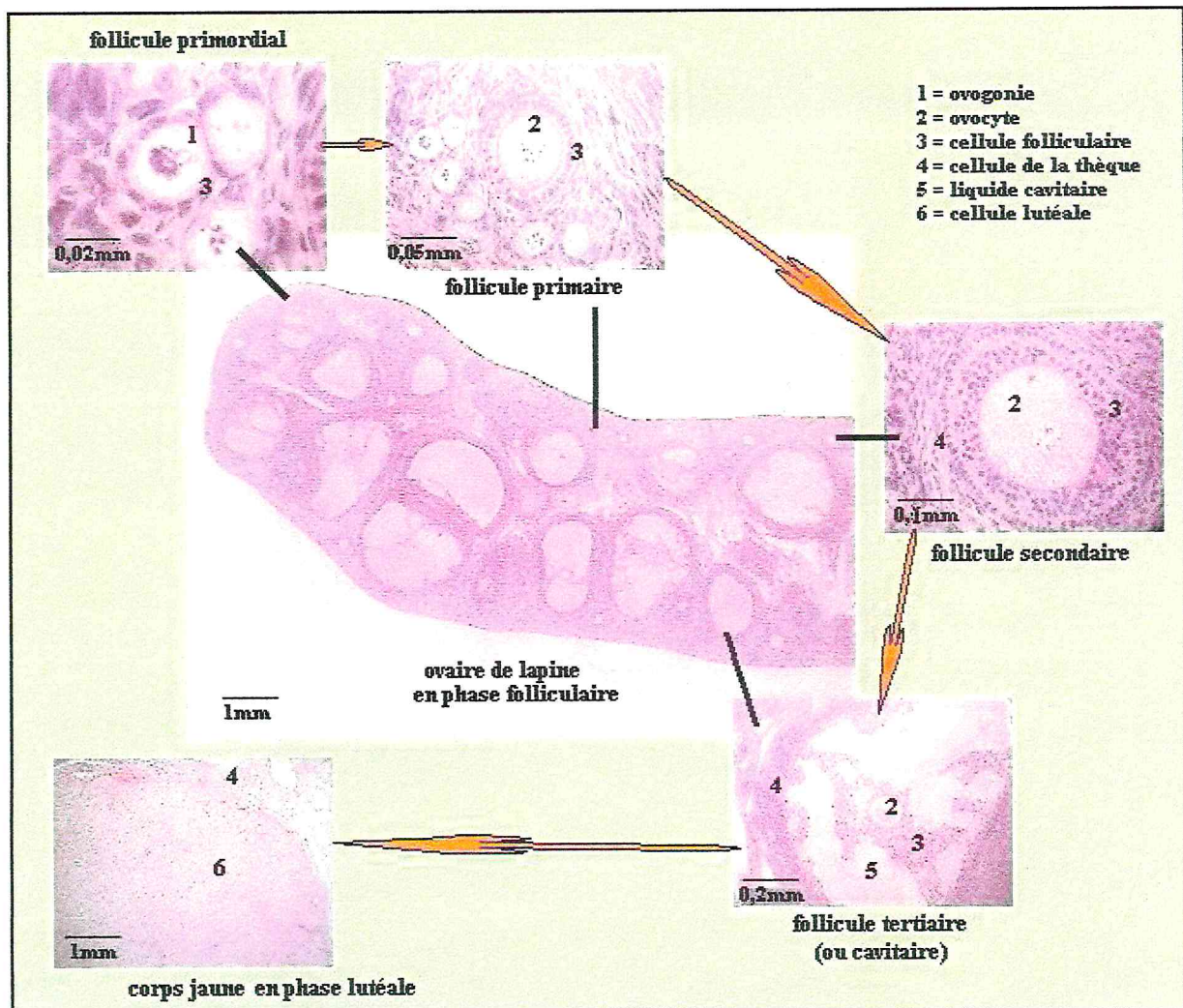


Figure 2 : Les différents types de follicules au niveau de l'ovaire d'une lapine (www.ovairedelapine.com).

II.2. La dynamique folliculaire sur l'ovaire et l'ovulation :

Les follicules à antrum qui n'ont pas pu évoluer jusqu'au stade ovulatoire faute de stimulation, d'accouplement ou d'administration d'hormones provoquant l'ovulation, régressent après 7 à 10 jours. Ils sont plus ou moins rapidement remplacés par une nouvelle vague de follicules à antrum qui restent quelques jours sur l'ovaire au stade pré-ovulatoire avant de régresser éventuellement à leur tour.

II.3. Ovulation:



Chez la lapine l'ovulation est un réflexe neuroendocrinien induit par les stimuli associés à l'accouplement ou par l'utilisation des hormones exogènes (Marongiu et Gulinati 2008a ; Theau-Clément et *al.*, 2008). Le réflexe ovulatoire naturel fait intervenir deux voies successives :

- La voie afférente transmettant les stimuli du coït au système nerveux central, c'est la voie nerveuse.
- La voie efférente qui transmet « l'ordre » d'ovulation du système nerveux central à l'ovaire, c'est la voie humorale.

La voie afférente :

En ce qui concerne la voie afférente, on dispose en fait de peu d'informations. Malgré tout, il semblerait, d'après des travaux réalisés (Nordio-Bladisera, 1980 ; Gallouin, 1981a et Gallouin, 1984) que le coït entraîne le départ du stimulus sous forme de deux informations suivant des voies nerveuses différentes.

La première série d'informations referme des messages « érotiques » traduisant vraisemblablement la qualité de la « cour ». La deuxième série contient les informations propres à l'accouplement : nature douloureuse ou pas, entre autres. Il y aurait alors compétition entre ces deux types d'informations et possibilité d'inhibition de l'une par l'autre.

L'influx nerveux résultant est alors transmis au cerveau puis au rhinencéphale qui intègre également d'autres types de messages internes (concentration des stéroïdes par exemple) et externes (olfactifs : intervention possible de phéromones, gustatifs, visuels, auditifs...). Cet ensemble est comparé aux éléments contenus dans la mémoire, dans le cas d'une femelle pluripare.

Enfin, si la décision est positive, l'ordre est transmis à l'hypothalamus qui convertit le message électrique en message hormonal. Knoblet Coll (1988) font une description très complète des mécanismes et substances intervenant au niveau du système nerveux.



La voie efférente :

L'hypothalamus libère en faibles quantités (de l'ordre du pictogramme) un « releasing factor » (une petite molécule de 10 acides aminés) dans le système sanguin. Ce « releasing factor » agit sur la partie antérieure de l'hypophyse qui libère à son tour la FSH et la LH. L'hypophyse joue le rôle d'un amplificateur biologique. Le rôle de la FSH chez la lapine est essentiellement la maturation folliculaire (Gallouin, 1981b ; Mills et *al.*, 1981 ; Lebas, 2009).

Les follicules mûrs d'un diamètre de 1,2 à 1,5 millimètres subissent la méiose conduisant à la formation des ovules. Le rôle de la FSH sur le réflexe ovulatoire proprement dit reste mal défini. La FSH pourrait renforcer l'action de la LH.

L'augmentation du taux de LH dans le sang périphérique est sensible dès la dixième minute. Ce taux atteint son maximum quatre-vingt-dix minutes à deux heures après coït (quinze à mille fois la valeur normale) (Dufy-Barbe et Coll, 1972). La LH permet de déclencher la ponte ovulatoire qui intervient dix à douze heures après l'accouplement, suite à la rupture des follicules de DE GRAAF (Figure 3). La LH stimule également le tissu ovarien qui libère de l'œstradiol, de la progestérone et de la 20 α -di-hydroxyprogestérone qui pourraient maintenir l'action ovulatoire de la LH (Knoblet Coll, 1988). La 20 α -di-hydroxyprogestérone activerait une collagénase présente dans la thèque du follicule (Rodell, 1970).

En outre, suite à l'accouplement, l'hypothalamus induit la libération d'ocytocine par la post-hypophyse (Figure 4). Cette hormone facilite la ponte ovulaire (Gallouin, 1981). Il y aurait également une sécrétion de progestérone au niveau des tissus ovariens suite à la décharge ovulante de LH, qui interviendrait dans la ponte ovulaire (Gallas, 1988).

Quatre à cinq heures après le coït, le niveau de LH est à son minimum alors qu'on observe un nouveau pic de FSH entre 16 et 22 heures après le coït (Figure 5) (Meunier et Coll, 1982). Cette nouvelle sécrétion permet de stimuler la formation de nouveaux follicules à antrum, follicules susceptibles d'ovuler par la suite. Le niveau de FSH revient alors à son niveau minimal (Gallas, 1988).

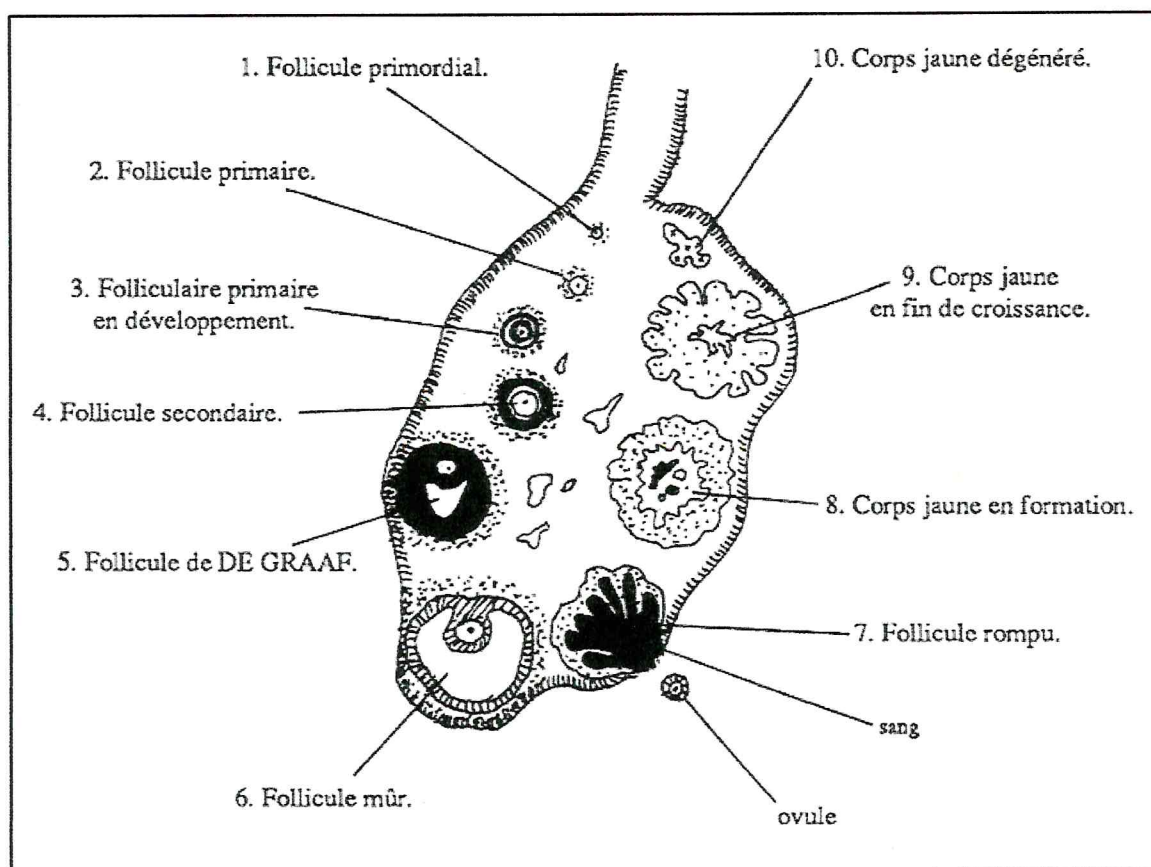


Figure : 3 Evolution d'un follicule à la surface de l'ovaire
(Boussit, 1989).

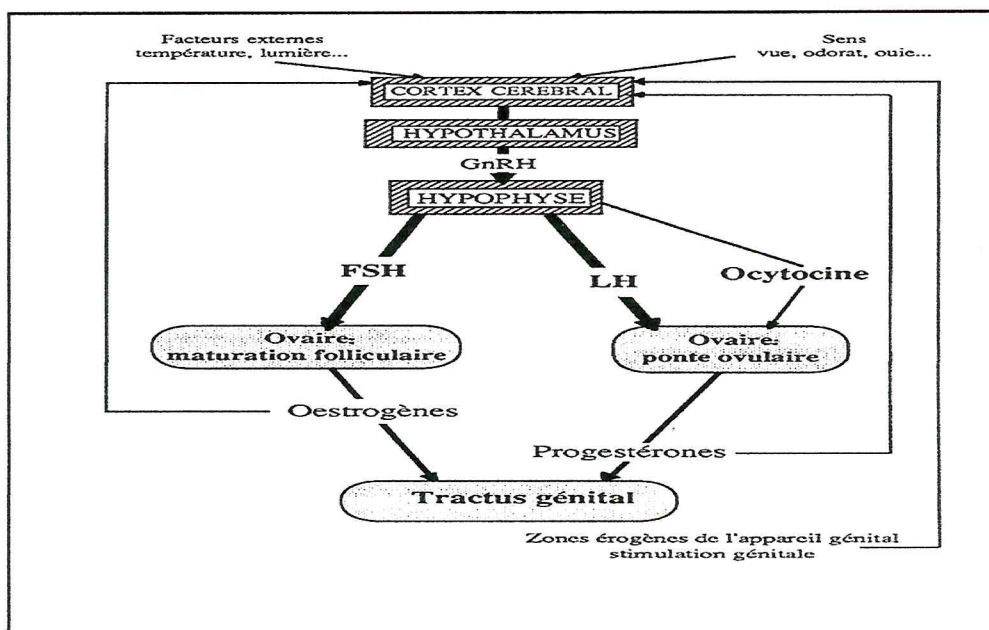


Figure 4 : Régulation hormonale du réflexe ovulatoire chez la lapine (Boussit, 1989).

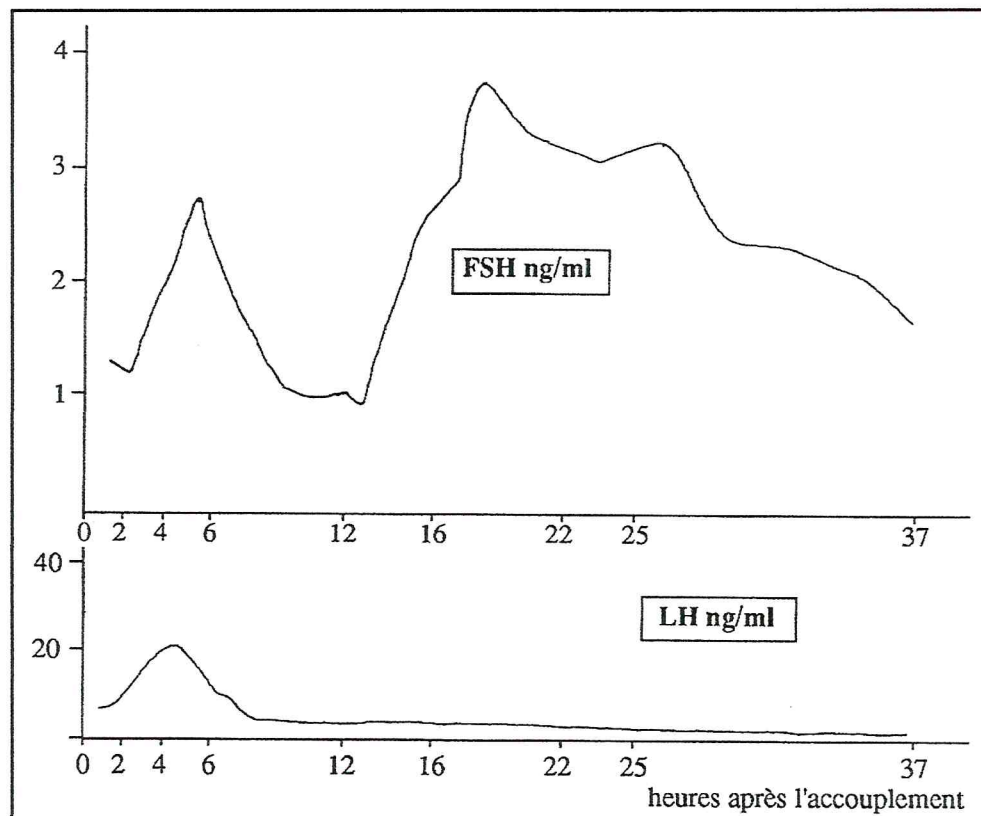


Figure 5 : Evolution des sécrétions de FSH et de LH suite à l'accouplement
(d'après Meunier *et al.*, 1982)

III. La mise à la reproduction :

III.1. La physiologie post ovulatoire :

III.1.1. La remontée des spermatozoïdes :

Les spermatozoïdes déposés dans la partie supérieure du vagin franchissent les cols de façon autonome. Les mouvements musculaires du vagin peuvent également favoriser le passage des spermatozoïdes à travers les cols. Sur les 150 à 200 millions des spermatozoïdes éjaculés, seulement 2 millions seront présents dans l'utérus, ils rencontrent des obstacles principalement dans leur remontée au niveau du col utérin et de la jonction utéro-tubaire.

Dans l'utérus, les spermatozoïdes entrent en contact avec les sécrétions utérines qui constituent un milieu liquide favorable à leur progression. Celle-ci est assurée par les contractions musculaires de l'utérus.



Le taux des hormones circulant de la lapine conditionne directement la réussite de la fécondation, les œstrogènes favorisent la remontée des spermatozoïdes dans l'utérus alors que la progestérone au contraire inhibe leur passage au niveau des cervix. Des prostaglandines interviennent également pour favoriser les contractions musculaires de l'utérus (Hawk, 1982).

En outre, dans la minute suivant l'accouplement, le taux d'ocytocine s'accroît tandis que celui de la prolactine décroît (Figure 6). Cette décharge d'ocytocine semble avoir pour fonction de permettre aux spermatozoïdes de franchir les cols utérins et commencer à progresser dans l'utérus.

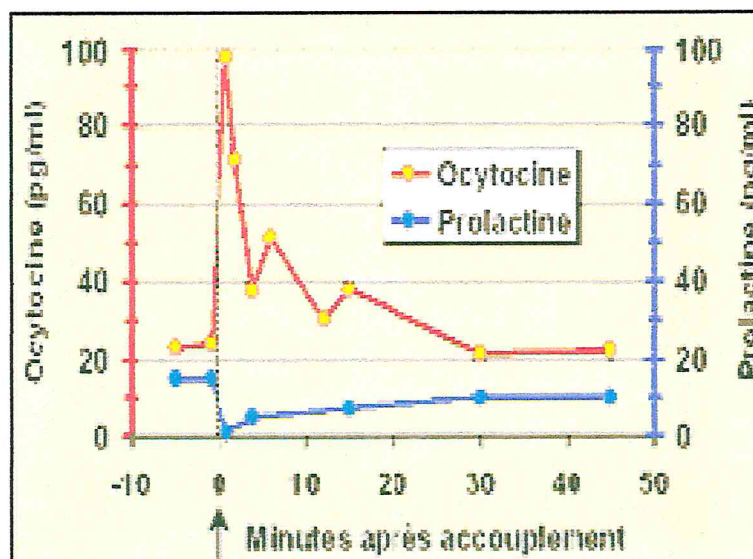


Figure 6 : Evolution des taux sanguins d'ocytocine et de la prolactine chez la lapine, dans les 45 minutes suivant l'accouplement (Furchset *al.*, 1981 ; Cité par Lebas, 2009).

III.1.2.La capacitation :

Le spermatozoïde provenant de la queue de l'épididyme ou éjaculé ne peut exprimer sa fécondance qu'après un séjour de plusieurs heures dans les voies génitales de la femelle. Les changements que doit subir le spermatozoïde pour acquérir la capacité à féconder un ovocyte sont qualifiés de « capacitation ». Elle dure entre 5 à 15 heures et se déroule au contact du fluide utérin et dans les oviductes, elle induit des changements de surface permettant aux spermatozoïdes d'adhérer à la membrane vitelline de l'œuf (Boussit, 1989 ; Gayrard, 2007).



III.1.3. La descente de l'ovule :

Le transport de l'ovule dans l'ampoule s'effectue en quelques minutes et se trouve sous la dépendance des contractions musculaires et des battements ciliaires eux-mêmes sous le contrôle de l'œstradiol sécrété par les follicules rompus.

III.1.4. La fécondation :

La fécondation est la fusion d'un gamète mâle et d'un gamète femelle, donnant naissance à un œuf, cellule à 2n chromosomes, réunissant les matériels génétiques paternel et maternel. Elle a lieu dans l'ampoule de l'oviducte environ 12 à 14 heures après le coït.

Au moment de la fécondation, sur chaque ovule une vingtaine de spermatozoïdes seulement sont présents, mais un seul traverse la membrane et assure la fécondation proprement dite.

III.2. La gestation :

III.2.1. Le déroulement de la gestation :

L'œuf arrive dans l'utérus 72 heures après l'ovulation. Au cours de son passage dans l'oviducte, l'œuf se divise en blastocystes qui atteignent l'utérus au bout de 4 à 3 jours et demi environ mais, la dentelle utérine n'apparaîtra qu'entre 5 et 8 jours après l'accouplement sous l'action de la progestérone. Au cours des 5^{ème} et 6^{ème} jours, ils se différencient en bouton embryonnaire en forme de disque et un trophoblaste. A ce stade, le blastocyste se fixe à la muqueuse utérine. Il y a d'abord formation d'un syncytium entre les cellules du trophoblaste et celles de l'utérus, puis les déciduomes se forment rapidement en même temps que l'amnios se développe. L'implantation proprement dite s'effectue 7 jours après l'accouplement ; elle a lieu au stade blastocyste.

Les corps jaunes en développement commencent à sécréter des quantités notables de progestérone qui ne cessent d'augmenter entre le 3^{ème} et 12^{ème} jour suivant l'accouplement



puis diminuer rapidement dans les quelques jours précédant la mise bas, alors que celui des œstrogènes subit des modifications de moindre ampleur.

Les corps jaunes sont indispensables et subsistent jusqu'à la fin de la gestation. La survie des corps jaunes chez la lapine est sous le contrôle des œstrogènes sécrétés par les follicules, eux-mêmes sous le contrôle de FSH et LH qui ont une action lutéotrope (Boussit, 1989 ; Lebas et *al.*, 1996 ; Bonnes et *al.*, 2005 ; Gayrard, 2007 ; Lebas, 2009).

A partir de 16-18 jours de gestation, la liaison entre le placenta fœtal et le déciduome est assez lâche pour qu'une séparation soit aisée et donc toutes manipulations devraient être réalisées avec précaution.

III.3. La placentation :

Chez les mammifères euthériens, le placenta est un organe transitoire qui assure les échanges métaboliques entre la mère et le fœtus, le protégeant assez efficacement contre les bactéries et les substances toxiques. Il présente également une activité endocrine responsable en tout ou en partie de l'équilibre hormonal de la gestation (Thibault et Levasseur, 2001).

Chez la lapine, à chaque point de jonction entre le fœtus et la paroi utérine se forme un placenta dans lequel on distingue une partie maternelle, qui se développe en premier pour atteindre son poids maximal vers le 16^{ème} jour de gestation. La partie fœtale est visible vers le 10^{ème} jour, son poids dépasse celui du placenta maternel à partir du 20-21^{ème} jour de gestation (Lebas, 2009).

- **Les caractéristiques du placenta chez la lapine :**

Le placenta chez la lapine se caractérise par rapport à celui des autres mammifères domestiques par:

Placenta décidualé (ou décidu): les interdigitations foeto-maternelles sont profondes et ramifiées et par conséquent au moment de la mise bas il y a une hémorragie associée à une perte tissulaire.



Placentahémochorial: l'épithélium trophodermique est en contact direct avec le sang maternel au niveau des lacs sanguins. Les échanges materno-foetaux sont plus faciles, les nutriments alimentaires traversent seulement trois couches : l'épithélium, le tissu conjonctif et l'endothélium foetal.

Placentadiscoïde: se présente sous forme d'une masse discoïde (Gayrard, 2007).

IV. Mise bas :

Le mécanisme de la parturition est assez mal connu. Il semble toutefois que le niveau de sécrétion des corticostéroïdes par les surrénales des jeunes lapereaux joue un rôle, comme c'est le cas dans d'autres espèces, pour donner le signal de la parturition. Les prostaglandines type PGF 2α jouent également un rôle dans le déclenchement du part. A la fin de la gestation, la lapine construit un nid avec ses poils et la litière (paille, copeaux, etc.) mise à sa disposition. Les poils utilisés sont ceux de l'abdomen. En les retirant, la lapine dégage les télines, ce qui en facilitera l'accès aux lapereaux. Ce comportement est lié à une augmentation du rapport œstrogène/progestérone et à la sécrétion de prolactine. Parfois, la lapine ne construit pas le nid, ou elle met bas hors de la boîte à nid. Ce défaut comportemental est observé essentiellement lors de la première portée des lapines.

La mise-bas dure de 10 à 20 minutes, sans relation très nette avec l'effectif de la portée. Quelques fois (au maximum 1 à 2% des mises bas) la lapine peut mettre bas en 2 fois espacées de plusieurs heures, il s'agit de situations exceptionnelles mais qu'il ne convient pas de considérer comme "pathologique". Le nombre de lapereaux par mise bas peut varier dans les cas extrêmes de 1 jusqu'à 20. Les portées les plus fréquemment rencontrées vont de 3 à 12 lapereaux ; les moyennes dans les élevages se situent entre 8 et 10 lapereaux par portée, mais cela reste très variable. Dans les 10 à 30 minutes suivant le début de la mise bas, la femelle a rapidement nettoyé les lapereaux des résidus d'enveloppes foetales qui restaient sur leur corps. Dans le même temps la lapine consomme les placentas. L'observation de placenta dans la boîte à nid plus d'une heure après la mise-bas peut être considéré comme une anomalie.

Une gestation normale dure de 30 à 32 jours. Une mise-bas avant 29 jours de gestation correspond à la naissance de prématurés. Parfois la gestation est prolongée jusqu'à 33 ou 34



jours; dans ce cas il n'y a très généralement que 1 à 3 lapereaux, et souvent des mort-nés. Les lapereaux nés après 32 jours de gestation sont plus lourds au moment de leur naissance que ceux nés après une gestation de 30 jours seulement. En fait ils ont continué leur croissance *inutero* et pèsent à 32 jours de gestation pratiquement le même poids que des lapereaux de 2 jours nés après une gestation de 30 jours seulement.

Après la mise bas, l'utérus régresse très rapidement et perd plus de la moitié de son poids en moins de 48 heures. Comme déjà mentionné, la lapine est fécondable immédiatement après la mise bas et le sera tout au long de la période d'allaitement, avec des résultats cependant un peu moins "bons" pour les fécondations obtenues dans la semaine suivant la naissance des lapereaux (Lebas, 2009).



Chapitre II : Les effets de la position intra-utérine.

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).

La relation entre le poids du fœtus et sa 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 7) arrivant au niveau de chaque site d'implantation d'autre part. En effet, un fœtus situé à l'extrémité du col de l'utérus de la mère reçoit le flux sanguin avant les fœtus se trouvant dans d'autres positions utérines (Gorodeskiet *al.*, 1995).

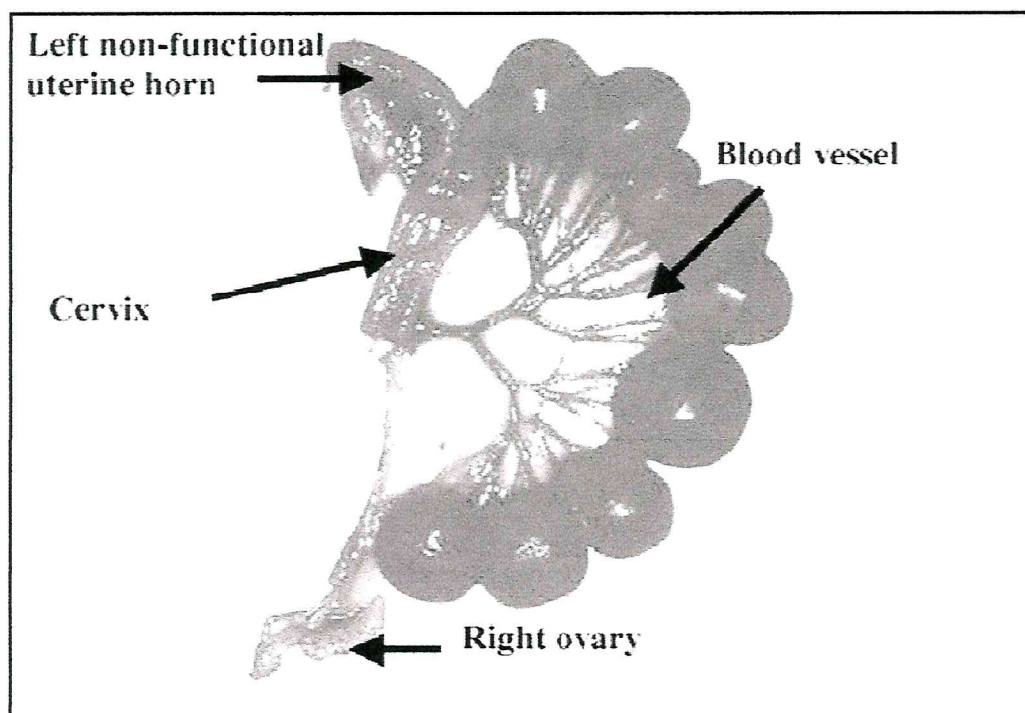


Figure 7 : Vaisseaux sanguins arrivant au niveau des sites d'implantation de la corne utérine droite d'une lapine hémiovariectomisée (Argente *et al.*, 2003).



L'augmentation du nombre d'embryons implantés entraîne une diminution de l'espace disponible et de survie fœtale résultats d'une limitation de développement de placenta maternel et la réduction du nombre des vaisseaux arrivant au niveau de chaque site d'implantation (Argente et *al.*, 2008).

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) (Figure8). Cette position intra-utérine (PIU) a des effets importants et de grande envergure sur le développement du fœtus (Ryan et Vandenberg, 2002).

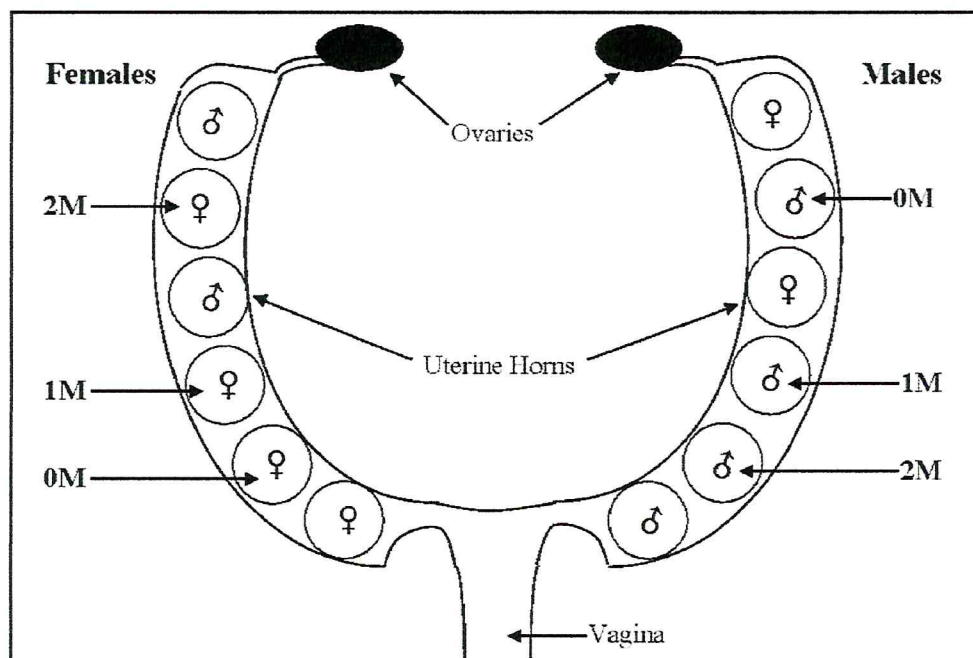


Figure 8 : Représentation schématique des positions de fœtus dans un utérus (Ryan et Vandenberg, 2002).

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 inférieur 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.

II.1. Effet de PIU sur la physiologie de l'animal :

II.1.1 Les taux hormonaux :

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) (**Tableau1**). Un fœtus femelle de rat situé de manière distale aux mâles a aussi un niveau élevé de testostérone dans le plasma (Houtsmuller *et al.*, 1995), bien que cela n'ait pas été démontré dans tous les cas (Hernandez-Tristan *etal.*, 1999).

Les deux 2M fœtus gerbille mâle et femelle montrent des niveaux élevés de testostérone (Clark *et al.*, 1991 ; Clark *e tal.*, 1992). Ces différences semblent provenir des fœtus mâles entourant le fœtus et non 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). Les Gerbilles mâles adultes 2M conservent toutefois un niveau élevé de testostérone plasmatique tout le long de leur vie (Clark *et al.*, 1992). L'espèce porcine ne montre pas cette différence de testostérone au niveau fœtale (Wise et Christenson, 1992).

L'influence de l'PIU 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 (VomSaal *et al.*, 1983). Alors qu'une autre étude n'a trouvé aucune différence significative (VomSaal et Bronson, 1980).

Des différences des taux de testostérone prénatale vont altérer la fonction organisationnelle de cette dernière et avoir des effets qui persistent à l'âge adulte. En outre, les niveaux différents de stéroïdes à l'âge adulte vont de toute évidence, également influencer sur toute fonction stéroïde d'activation.



Tableau1 : Les effets de la PIU, retenus, observés chez les souris affectant la physiologie, la morphologie et le comportement (Ryan et Vandenberg, 2002).

Sexe	0M	2M
Physiologie		
♀	Taux bas de testostérone fœtale	Taux élevés de testostérone fœtale
♀	Ouverture plus précoce du vagin	Ouverture tardive du vagin
♀	Moins de nouveau-nés mâle	Plus de nouveau-nés mâle
♀	S'accouplent et sont fécondées tôt	S'accouplent et sont fécondées tard
♀	Plus sensible au bisphénol-A	Moins sensible au bisphénol-A
♀&♂	Moins sensible à la testostérone	Plus sensible à la testostérone
Morphologie		
♀	Distance ano-génitale plus courte	Distance ano-génitale plus longue
♂	Taux bas de 5 α -réductase	Taux élevés de 5 α -réductase
Comportement		
♀	Moins susceptible de chevaucher	Moins susceptible de chevaucher
♂	Moindre comportement parental	Un plus grand comportement parental
♀&♂	Un moindre territoire	Un territoire plus large
♀&♂	Moins agressifs	Plus agressifs

II.1.2. Reproduction :

La PIU 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 distance ano-génitale (DAG) est une mesure morphologique sensible aux niveaux prénataux de testostérone. Les femelles souris



0M ont également des œstrus plus puissants que les souris 2M, mais ne semblent pas différer dans la sensibilité aux mâles (Vandenbergh et Huggett, 1995 ; VomSaal, 1989 ; VomSaal et Bronson, 1978 ; Clark *et al.*, 1992).

Une souris femelle avec une courte DAG est plus susceptible de devenir gestante (Drickamer, 1996), et les femelles 2M produisent des portées moins viables dans l'ensemble et cessent de donner naissance à un âge plus jeune que le font les femelles 0M (VomSaal et Moyer, 1985). Les femelles 2M ont tendance à avoir des portées plus grandes, en particulier tard dans la vie (Vandenbergh et Huggett, 1995 ; VomSaal *et al.*, 1991), alors que les souris 0M ont plus de petits dans leur première portée (Kinsley *et al.*, 1986).

On obtient plus de femelles gerbilles gestantes en utilisant des mâles 2M (Clark et Galef, 2000), qui sont plus attirants que ne le sont les mâles 0M (Clark *et al.*, 1992 ; Clark *et al.*, 1997).

- **Sex-ratio secondaire :**

La PIU modifie le sex-ratio secondaire (c.à.d. le rapport entre le nombre de naissances d'individus de sexe masculin et le nombre de naissances d'individus de sexe féminin). À l'âge adulte, les femelles les gerbilles 2M donnent naissance à près de 60% petits mâles. Inversement, les femelles 0M, et les femelles uniques, donnent naissance à environ 40% de jeunes mâles. 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 (Hirlemann *et al.*, 1990 ; Vandenbergh et Huggett, 1994 ; Vandenbergh et Huggett, 1995). Ces effets ne semblent pas être causés par un cannibalisme sélectif car la taille des portées des 0Ms et 2Ms sont similaires, et les ratios restent les mêmes si les petits sont délivrés par une césarienne.

Ce phénomène du sex-ratio secondaire modifié peut servir comme une forme de transmission non génétique de la mère à la fille. 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. En d'autres termes, une femelle 0M est susceptible de produire un nombre élevé de femelles 0M. De même, une femelle 2M sera plus susceptible de produire une descendance 2M que les autres mères.



II.1.3. Développement asynchrone :

Chez les nouveau-nés gerbilles montrent un dimorphisme sexuel dans l'œil qui s'ouvre en premier. Les femelles sont plus susceptibles d'avoir leur œil droit ouvert en premier, et les mâles sont plus susceptibles d'avoir leur œil gauche ouvert en premier. Les mâles 0M ont une forte proportion d'yeux droits ouverts en premier, et les femelles 2M ont une faible proportion d'yeux droits ouverts en premier. Une tendance similaire est observée pour la « préférence de patte », avec les gerbilles 0M tenant la patte droite en l'air plus que les gerbilles 2M (Clark *et al.*, 1993). Ces résultats suggèrent que la PIU peut altérer le développement de la « latéralité » dans le système nerveux chez les gerbilles.

II.1.4. Les œstrogènes environnementaux :

Les souris femelles 0M sont plus sensibles à l'œstrogène bisphénol-A de l'environnement, que ne le sont les femelles 2M. Lorsqu'elles sont exposées à ce produit chimique avant la naissance, les femelles 0M 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. Ces résultats sont intéressants en raison de la récente préoccupation entourant les effets nocifs de perturbateurs endocriniens environnementaux et révèlent une importante connexion entre la PIU et la perturbation endocrinienne.

II.2. Effet sur la morphologie de l'animal :

II.2.1. Distance ano-génitale :

Anatomiquement, une souris femelle 0M a une distance entre l'anus et la vulve, plus courte que celle d'une femelle 2M. 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. La DAG est simple à mesurer, et chez la souris, a été largement utilisée comme marqueur pour la PIU préalable des nouveau-nés femelles (Gandelman *et al.*, 1977 ; Jubilan et Nyby, 1992 ; McDermott *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).

En plus des souris, des rats femelles situés en aval de mâles ont des DAGs plus longues que les autres femelles (Clemens, 1974 ; Houtsmuller *et al.*, 1997 ; Richmond et Sachs, 1984) de la même manière que les femelles 2M (Clemens, 1974 ; 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, 1974 ; Clemens *et al.*, 1978).

Chez les souris et les rats, certaines des variabilités présentes dans la DAG peuvent s'expliquer par le poids de l'animal qui est mesuré. Les animaux lourds ont tendance à avoir une DAG plus longues que les animaux plus légers. Par conséquent, une mesure plus précise peut être obtenue en divisant la DAG sur le poids, ce qui donne un indice DAG (IDAG). Le IDAG peut, dans certains cas, servir de marqueur précis pour la PIU de nouveau-nés de souris (Graham et Gandelman, 1986 ; Vandenberg et Huggett, 1994 ; Vandenberg et Huggett, 1995) ainsi que de nouveau-nés de rats (Meisel et Ward, 1981). Cependant, un certain nombre d'études, ont trouvé que les variations de poids ne comptent pas pour une proportion significative dans la variabilité des mesures de la DAG (Palanza *et al.*, 2001 ; VomSaal et Dhar, 1992). Il serait raisonnable d'utiliser une analyse de la covariance pour évaluer l'importance du poids par rapport à la variabilité observée dans les mesures de DAG, avant de calculer l'IDAG.

La corrélation DAG-PIU permet l'identification de la position fœtale d'un animal adulte et, dans certains cas élimine la nécessité de pratiquer des césariennes. L'utilisation de la DAG comme bio-marqueur de l'exposition hormonale in utero est simple et non-invasive et peut être utilisée sur les animaux capturés dans la nature. Cette technique rend possible une vraie recherche de terrain sur les effets de la PIU.

II.2.2. Les organes reproducteurs :



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 PIU (Rohde Parfet KA *et al.*, 1990). Cependant, le nombre de télines sur les truies, est partiellement corrélé avec le nombre de mâles dans sa portée. Le nombre de mamelon chez les rats est sensible à l'exposition prénatale aux androgènes ou anti-androgènes (Gray Jr *et al.*, 1999 ; Mylchreest *et al.*, 2000 ; Wolf *et al.*, 2000), cependant, une corrélation n'a jamais été démontrée entre le nombre de mamelon et la PIU chez le rat.

II.2.3. Autre morphologie :

La PIU influe sur le poids corporel, avec les souris 2M des deux sexes pesant 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.

Les mâles gerbilles 2M possèdent des glandes odoriférantes ventrales plus lourdes que celles des mâles 0M (Clark *et al.*, 1993 ; Clark *et al.*, 1990 ; Clark *et al.*, 1992). Les femelles 2M ont un plus grand nombre de motoneurones dans le noyau spinal du « bulbo-caverneux » (Forger *et al.*, 1996). Les différences dans la morphologie sexuelle peuvent expliquer certaines des différences d'efficacité reproductive observées chez les gerbilles mâles et femelles provenant de PIUs différentes.

II.3. Effet sur le comportement de l'animal :

II.3.1. Agressivité :

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. La PIU ne modifie pas uniquement la sensibilité à la testostérone, mais aussi influe sur les niveaux d'agressivité endogènes. Les femelles 2M porcines participent et gagnent plus de combats que les femelles 0M (Rohde Parfet *et al.*, 1990). Comme le porc, les souris femelles 2M initient plus de combats que ne le font les souris 0M. Les mères 2M luttent pour une durée plus longue que les mères 0M et des souris enceintes 2M montrent une agressivité plus intense que les souris 0M (Kinsley *et al.*, 1986 ; Quadagno *et al.*, 1987 ; VomSaal et Bronson, 1978). Une étude contredit cela, cependant (Hirlemann *et al.*, 1990). Ces différences dans l'agressivité peuvent être liées à des niveaux d'anxiété plus faibles, comme les femelles souris 2M masculinisée, qui montrent moins d'état peur ou de choc que les femelles 0M (Hauser et Gandelman, 1983). La PIU ne semble pas influencer le comportement maternel chez les souris femelles (Kinsley *et al.*, 1986).

Même si la PIU n'a jamais été corrélée avec la DAG chez les souris mâles, les mâles avec de grandes DAGs sont plus agressifs que les mâles avec de petites DAGs (Drickamer, 1996).

II.3.2. Territorialité :

Lorsque des souris de PIUs connues sont placées dans un champ, dans des paramètres naturels, les individus 2M des deux sexes maintiennent un rayon plus grand de territoire que les individus 0M. Des sujets des deux sexes évitent les odeurs de sujets de même sexe ayant de longues DAGs. La DAG est également corrélée positivement avec le taux de dispersion chez les souris mâles (Drickamer, 1996 ; Drickamer *et al.*, 2001 ; Palanza *et al.*, 2001 ; Zielinski, 1992). En outre, les mâles 2M font preuve de plus de curiosité que les mâles 0M. Ces différences ne sont pas simplement dues au niveau d'activité, comme les souris mâles 0M sont plus actives que les souris 2M (Palanza *et al.*, 2001).

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 2Melles-même marquent avec urine à un taux plus élevé que les femelles 0M (VomSaal et Bronson, 1980). Les mâles 2M gerbilles marquent avec l'odeur plus souvent que ne le font leurs frères 0M (Clark *et al.*, 1990 ; Clark *et al.*, 1992 ; Clark *et al.*, 1997). 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. Ces différences dans le comportement territorial, notamment à la taille du territoire, pourrait avoir des effets importants sur la dynamique des populations de rongeurs sauvages.

II.3.3. Alimentation :

Les souris mâles 0M préfèrent une plus grande quantité de saccharine que les mâles 2M (Bushong et Mann, 1994), et les femelles 0M sont plus susceptibles de voler la nourriture d'un autre animal (Quadagno *et al.*, 1987). Cela semble en contradiction avec d'autres travaux qui montrent que les souris 2M sont plus lourdes et plus agressives que leurs frères et sœurs 0M (Kinsley *et al.*, 1986 ; VomSaal *et al.*, 1983). Cependant, les différents métabolismes chez les souris 0M et 2M, pourrait expliquer ces écarts. Les animaux 0M peuvent avoir une motivation accrue pour la nourriture qui les pousse à être agressifs dans certaines situations.

II.3.4. Les comportements sexuels :

Lorsqu'ils sont traités 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 (Clemens, 1974 ; Clemens et Coniglio, 1971 ; Houtsmuller et Slob, 1990). Quelques études toutefois (Slob et Van der Schoot, 1982 ; Van de Poll *et al.*, 1982), n'ont trouvé aucune corrélation entre le chevauchement et PIU. Ces études ont cependant utilisé une classification brute des PIUs et une longue période de traitement avec des hormones, facteurs qui peuvent avoir obscurci toute possibilité de différences.



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). Cependant, Zehr *et al.* (2001) ont constaté que les rats femelles avec une courte DAG ont eu des réponses de lordose moins intenses. Cette différence dans les résultats peut provenir de la méthode d'induction de lordose (induite par le mâle vs manuellement par palpation) ou par la méthode de classement des rats (en aval de mâles vs courte DAG). Pourtant, une autre étude n'a trouvé aucun effet de la PIU sur la position de lordose (Van de Poll *et al.*, 1982). Mais cependant, cette étude a utilisé une méthode imprécise de calcul de la PIU.

Les souris femelles 0M sont plus susceptibles d'être choisies par un mâle, d'être montées par un mâle et d'être attaquées par un mâle en rejetant ses avances (VomSaal et Bronson, 1978 ; VomSaal et Bronson, 1980). Les souris mâles sont également plus attirés par les odeurs de femelles avec de petites DAGs (Drickamer *et al.*, 2001). Les souris femelles 0M s'accouplent à un plus jeune âge que les femelles 2M (VomSaal, 1989). Ces résultats suggèrent que les femelles 0M sont plus attirantes pour les hommes que leurs sœurs 2M.

Les mâles gerbilles 2M sont plus attirants pour les femelles (Clark *et al.*, 1992) et montrent une latence plus réduite à chevaucher et à éjaculer que les mâles 0M (Clark *et al.*, 1990 ; Clark *et al.*, 1997). De même, les souris femelles préfèrent l'odeur des souris mâles avec de longues DAGs à l'odeur de souris mâles avec de courtes DAGs (Drickamer *et al.*, 2001). 0M rats reniflent les femmes font moins de 2M hommes (Hernandez-Tristan *et al.*, 1999).

Les gerbilles mâles 0M sont plus susceptibles de passer du temps avec les petits que ne le font les mâles 2M, et les mâles 0M «asexuées» montrent une fréquence encore plus élevée de comportements parentaux (Clark et Galef, 2000). Les mâles et les femelles 2M reçoivent plus d'attention de leurs parents par rapport à leurs frères et sœurs 0M (Clark *et al.*, 1989).

Cette différence d'attractivité entre les individus 0M et 2M pourrait modifier le choix du partenaire et potentiellement influencer sur le nombre de progénitures.



I. Objectif :

Ce travail a pour objectif d'étudier l'effet de la distance ano-génitale chez la lapine sur le comportement sexuel (réceptivité sexuelle, marquage mentonnier et comportement vis-à-vis de mâle), les performances de reproduction et les composantes biologiques de la prolificité (taux d'ovulation et mortalité embryonnaire et fœtale).

II. Matériel et méthodes :

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

L'expérimentation s'est déroulée au niveau du clapier de la Station Expérimentale de la Faculté Agro-Vétérinaire et Biologie de l'Université de SAAD DAHLAB (Figure9). Notre étude s'est étalée entre le mois de novembre 2012 et février 2013.



Figure 9 : Le bâtiment d'élevage (Photo personnelle).

II.2. Le bâtiment et matériel d'élevage :

Le bâtiment est d'une superficie de 184 m² (Figure 9), il est composé d'un couloir de circulation et de 3 salles dont :

- Deux salles de la maternité.



- Une grande salle pour l'engraissement.

L'aération statique est assurée par des fenêtres. En plus des fenêtres, le clapier est éclairé à l'aide de quatre néons.

Les lapins ont été logés dans des cages individuelles (70cm : longueur ; 40 cm : largeur ; 30 cm : la hauteur) constituant deux modules séparés. L'approvisionnement automatique en eau est assuré par un système de tétines, montées sur un tuyau rigide installé en haut des cages. Le système est relié à des réservoirs munis de flotteurs. Les mangeoires individuelles sont en tôle galvanisée et d'une capacité de 2 kg.

II.3. Les animaux :

Les lapins utilisés dans cette étude (mâles et femelles) appartiennent à la population locale, de couleurs très diverses (Figure 10). Ils proviennent de l'Institut Techniques des Elevages de Bab Ali.

Les lapines au nombre de 37 ont été réparties en deux groupes correspondant à 2 stades physiologiques de la vie reproductive : nullipares (16), primipares (21) (voir schéma expérimental). Les critères de choix étaient :

- L'âge et parité homogènes au moment de l'expérimentation : 4,5 mois et $2868,13 \pm 299,87$ g pour les nullipares et 6,5 mois et $3539,71 \pm 455,81$ g pour les primipares.
- Un bon état sanitaire.

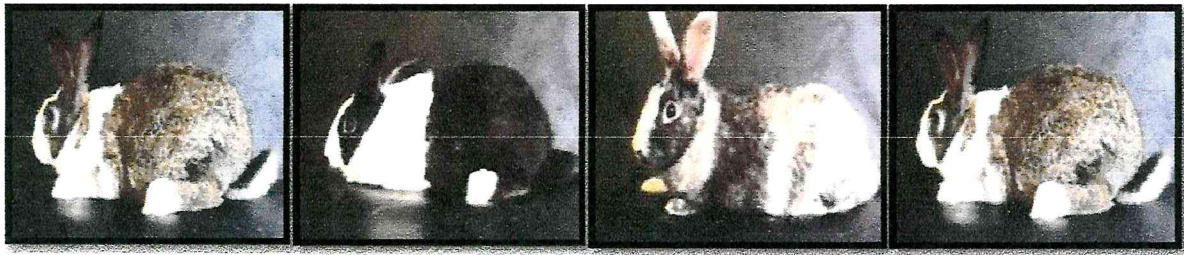
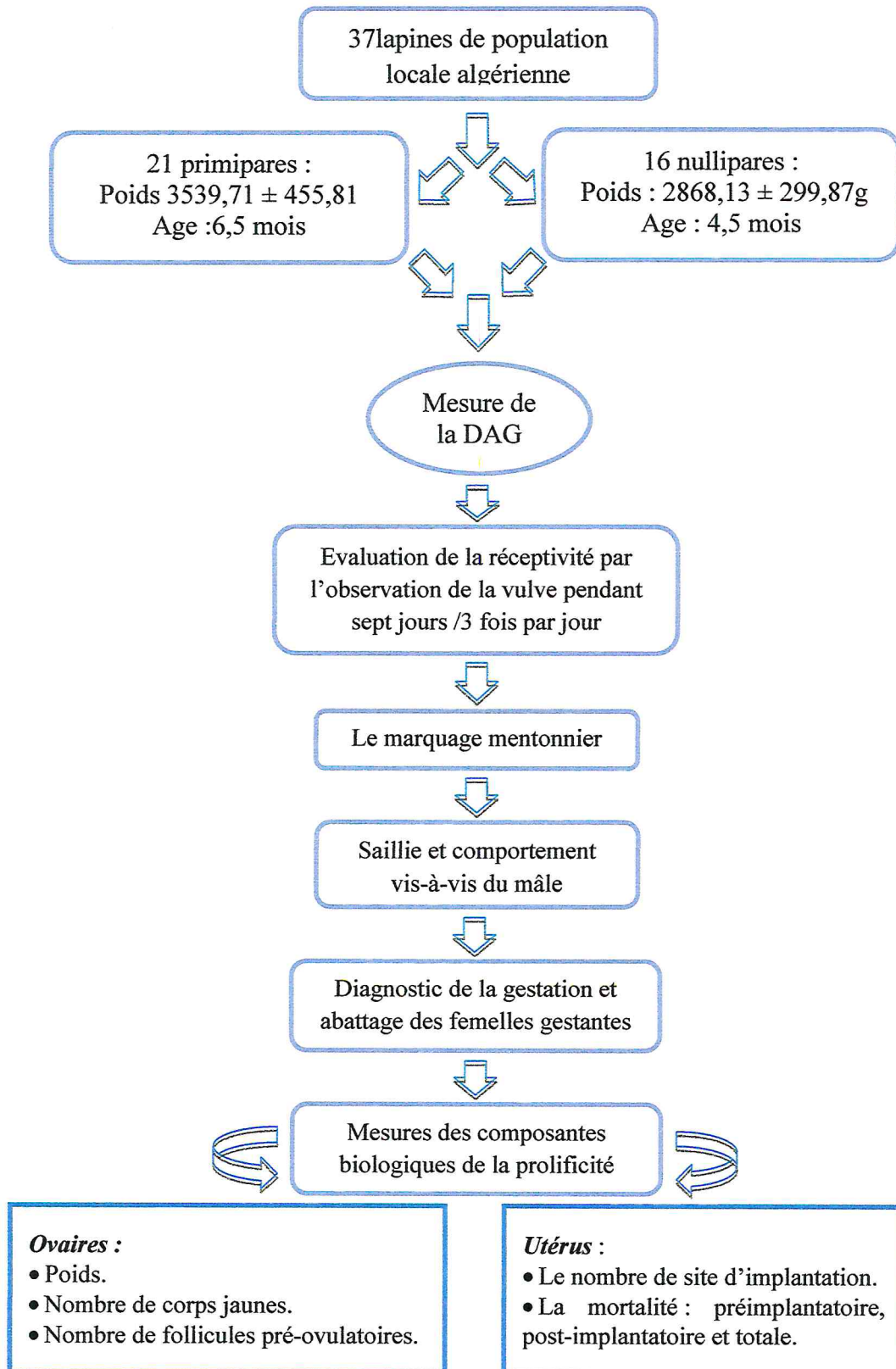


Figure 10 : Différents phénotypes de lapins locaux utilisés (Photo personnelle).

II.4. L'alimentation :

Les animaux étaient nourris *ad libitum*. L'alimentation comprenait un granulé spécial pour lapins provenant de l'unité de fabrication de l'aliment de Bétail de Bouzaéah (Alger). Il est composé de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son, de calcaire, de phosphate bi-calcique et de CMV spécial lapin.

II.5. Le schéma expérimental :



II.5.1. La mesure la DAG :

La DAG a été estimée selon la méthode décrite par Oxana *et al.* (2012). Cette distance a été mesurée entre le centre de l'anus et l'extrémité distale de la vulve (Figure 11). Pour chaque femelle, cette distance a été mesurée trois fois par deux opérateurs différents et la moyenne des trois observations a été calculée.

Les femelles ont été classées selon leur DAG moyenne en deux classes (Drickamer *et al.*, 2001). La première classe concerne les femelles avec une petite DAG (celle dont la DAG est égale ou inférieure à la DAG moyenne). En revanche, la deuxième classe comprend les femelles avec une DAG supérieure à la moyenne.

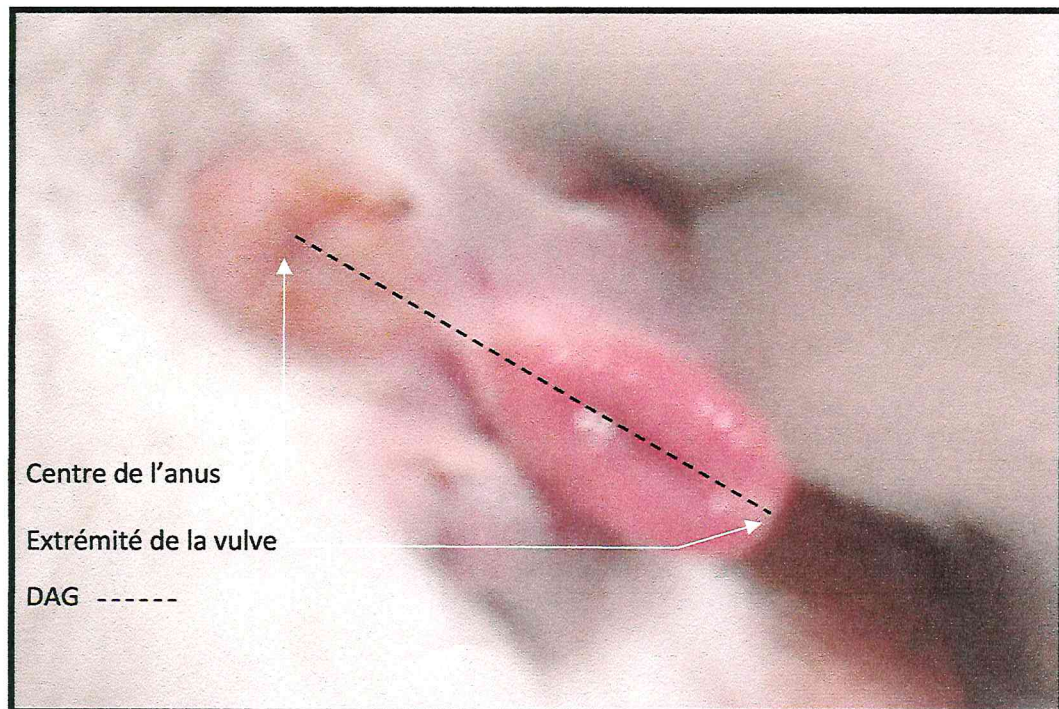


Figure 11 : Technique de mesure de la DAG (du centre de l'anus à l'extrémité de la vulve).

II.5.2. Le nombre de tétines :

Le nombre de tétines pour chaque femelle a été estimé par un comptage visuel sur la région abdominale.

II.5.3. Evaluation de la réceptivité :

La réceptivité de la femelle a été évaluée par l'observation de la coloration et l'état de turgescence de sa vulve (toutes les lapines avec une vulve rouge ou violette et turgescente, ont été considérées comme réceptives, par contre, celles présentant une vulve rose pâle ou blanche et non turgescente sont considérées alors non réceptives) (Figure 12). Pour chaque femelle, la coloration et l'état de turgescence de sa vulve ont été évalués 3 fois par jour (8h, 12h et 16h) et ce pendant 7 jours consécutifs.



Figure 12 : Evaluation de la réceptivité par examen de la vulve
(Femelle avec vulve rouge et turgescente).

II.5.4. Le marquage mentonnier :

Le marquage mentonnier spontané a été évalué selon la méthode décrite par Hudson *et al.* (1990). Les femelles sont placées dans une tour arène (1 mètre de diamètre) entre 9h et midi pour 10 minutes (Figure 13). Au centre de cette arène, trois briques sont placées et le marquage mentonnier sur ces dernières a été compté (Figure 14). Cette opération a été effectuée deux fois pour chaque femelle.



Figure 13 : Arène de 1m de diamètre avec au centre 3 briques pour le marquage mentonnier.



Figure 14 : Marquage mentonnier spontané sur une brique.

II.5.5. Saillie est comportement des femelles :

Avant la présentation au mâle, on a évalué la réceptivité de chaque femelle. Les saillies se sont déroulées dans la cage du mâle. La lapine a été présentée au mâle pendant une

quinzaine de minutes, si au bout de cette durée elle n'était pas fécondée, elle était présentée à un 2^{ème} mâle après un temps de repos. L'opération est répétée au maximum 5 fois avec à chaque fois un mâle différent. Lorsqu'il y a fécondation, le mâle pousse un cri et tombe sur le côté (Figure 15).

Lors de l'accouplement, on a relevé le temps de saillie, la réceptivité par rapport au mâle, l'agressivité et le chevauchement.

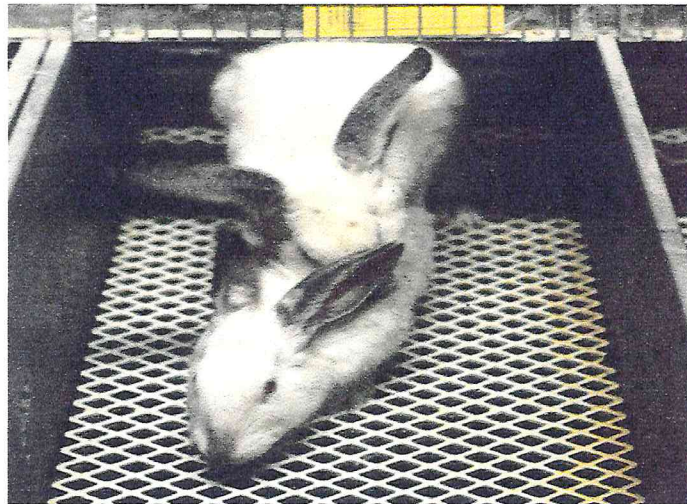


Figure 15 : La saillie des lapines.

II.5.6. Diagnostic de gestation :

A 12 jours *post coïtum*, le diagnostic de gestation a été réalisé par palpation abdominale.

II.5.7. Abattage des femelles :

Au 12^{ème} jour *postcoïtum*, les lapines gestantes ont été pesées puis sacrifiées. 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 urogénital. La masse intestinale est poussée dans la cavité abdominale afin de faciliter l'extériorisation de l'appareil

génital ainsi, les ovaires, les cornes utérines et les oviductes et le canal vaginal sont prélevés (Figure 16).

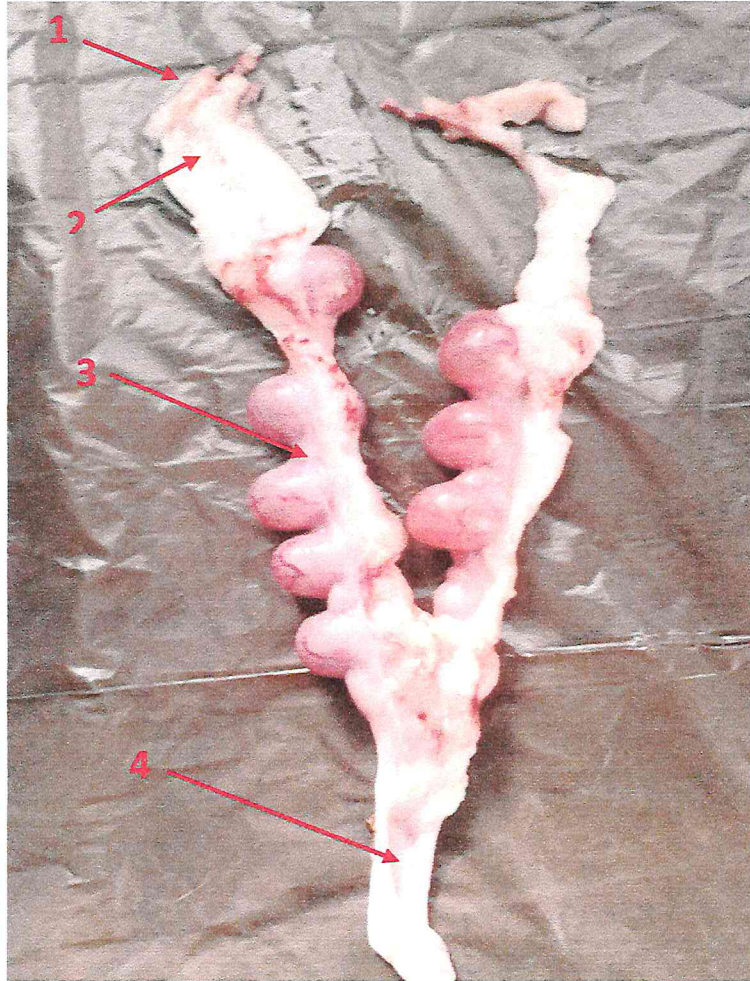


Figure 16 :Appareil génital de la lapine

(1 : ovaire ; 2 : oviducte ; 3 : corne utérine ; 4 : canal vaginal.)

II.5.8. Composantes biologiques de la prolicifité :

Une fois débarrassés de leurs graisses, les ovaires sont pesés. Le nombre de follicules pré-ovulatoires dont le diamètre est supérieur à 1 mm sont mesurés sur chaque ovaire selon la technique citée par Lorenzo *et al.* (1996), le taux d'ovulation est également estimé par le comptage des corps jaunes non hémorragiques (Figure 17).



Les deux cornes (n=42) utérines sont séparées dans la zone vaginale au niveau des cervix, débarrassées de leurs graisses et longitudinalement fondues afin de mesurer les différents paramètres (Figure 18).

Le nombre de sites d'implantation a été noté dans les deux cornes utérines (Figure 19). Nous considérons comme site d'implantation toute trace d'implantation de l'embryon qu'il soit mort ou vivant lors de l'abattage (Figure 20).

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

Le nombre d'embryons vivants ou en régression a été mesuré dans chaque corne. Ont été qualifiés d'embryons en régression ceux qui, au moment de l'observation, avaient de *visu* un diamètre et une vascularisation nettement inférieurs aux autres.

Pour chaque femelle nous avons calculé :

La mortalité précoce : Elle concerne tous les corps jaunes qui n'étaient pas représentés par un fœtus. Elle est estimée par la formule suivante :

$$\text{La mortalité précoce} = \frac{\text{Taux d'ovulation} - \text{le nombre de sites d'implantation}}{\text{taux d'ovulation}} \times 100$$

La mortalité tardive : Elle est estimée comme suit :

$$\text{La mortalité tardive} = \frac{\text{Le nombre de fœtus morts}}{\text{le nombre de sites d'implantation}} \times 100$$

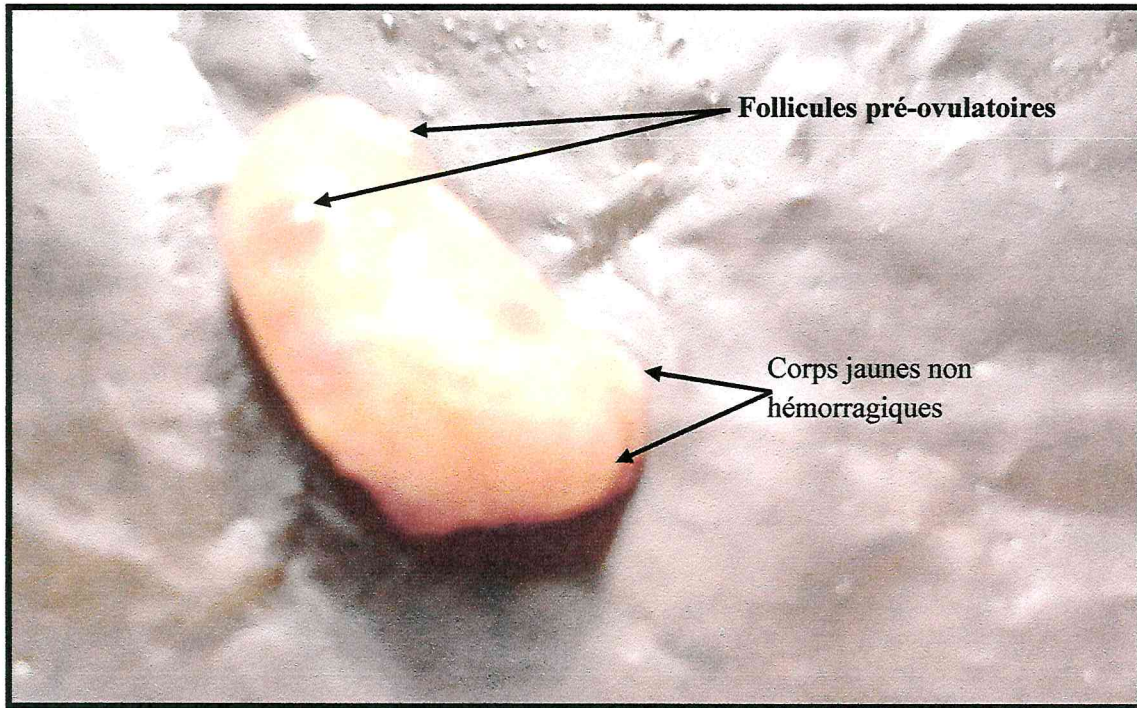


Figure 17 : Ovaire d'une lapine avec à la surface des follicules pré-ovulatoire et des corps jaunes hémorragiques.



Figure 18 : A: Corne utérine avant fonte longitudinale; B: Corne utérine après fonte longitudinale.

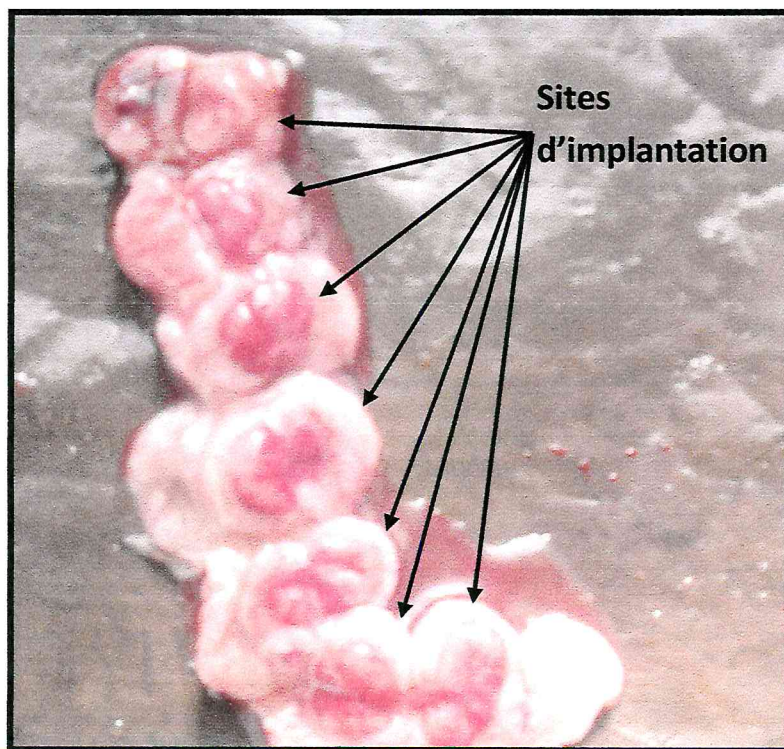


Figure 19 : Sites d'implantation au niveau de la corne utérine (7 sites d'implantation dans cette photo).



Figure 20 : Deux sites d'implantation (les embryons sont vivants lors de l'abattage).

II.5.9. L'analyse statistique :

Les résultats obtenus sont décrits par la moyenne et l'écart type. Ils sont soumis à une analyse de la variance à deux facteurs afin de déterminer l'effet de la DAG et de la parité, ainsi que les interactions éventuelles. Les analyses ont été effectuées à l'aide du programme Statview (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA). Pour apprécier la relation entre les différentes variables, nous avons calculé le coefficient de régression linéaire (R) à l'aide du logiciel Microsoft Excel 2010.

Résultats & Discussion

III. Résultats:

III.1. Classification des femelles en fonction de leur DAG :

La classification des femelles en fonction de leur DAG moyenne est reportée dans le tableau 2. La DAG moyenne chez les femelles utilisées dans le cas de notre expérimentation était de $2,09 \pm 0,20$ cm. 49% des femelles ont présenté une DAG supérieure à la DAG moyenne ($2,27 \pm 0,13$ cm : 11 nullipares et 6 primipares) contre 51% avec une DAG inférieure à la DAG moyenne ($1,93 \pm 0,11$ cm : 4 nullipares et 15 primipares).

Tableau 2 : Classification des femelles en fonction de leur DAG (en cm) (moyenne $\pm$ écart-type).

		DAG1 (cm)	DAG2 (cm)	DAG3 (cm)	DAGM (cm)
DAGP (n=19)		1,90	2,07	1,83	1,93
N=4	P=15	±	±	±	±
		0,26	0,28	0,18	0,11
DAGG (n=18)		2,29	2,33	2,17	2,27
N=12	P=6	±	±	±	±
		0,23	0,24	0,26	0,13

DAGP : DAG petite ; DAGG : DAG grande ; DAGM : DAG moyenne. N : nullipares ; P : Primipares.

III.2. La DAG en fonction de la parité:

La variation de la DAG en fonction de la parité de la femelle est présentée dans le tableau 3. Nos résultats indiquent que le poids des femelles augmente en fonction de leur parité. En effet, les poids des femelles primipares est significativement supérieure à celui enregistré chez les femelles nullipares (+19% ; $p < 0,05$).

Par ailleurs, l'effet de la parité a été significatif sur la DAG, et les femelles nullipares ont présenté une DAG supérieure à celle mesurée chez les femelles primipares (+ 7% ; $p < 0,05$).

Tableau 3 : Variation de la DAG et du poids des lapines en fonction de la parité (moyenne $\pm$ écart-type).

Parité	Poids avant saillie (g)	DAG1 (cm)	DAG2 (cm)	DAG3 (cm)	DAGM (cm)
Nullipares (n=16)	2868,12 $\pm$ 299,86 ^a	2,18 $\pm$ 0,20	2,31 $\pm$ 0,19	2,05 $\pm$ 0,24	2,18 ^a $\pm$ 0,14
Primipares (n=21)	3539,71 $\pm$ 455,80 ^b	2,02 $\pm$ 0,36	2,12 $\pm$ 0,32	1,95 $\pm$ 0,29	2,03 ^b $\pm$ 0,22

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

III.3. La DAG en fonction du poids des femelles :

La relation entre le poids de la femelle et sa DAG est mentionnée dans le tableau 4 et illustrée dans la figure. Le coefficient de corrélation (r) entre le poids de la femelle avant sa saillie et sa DAG était très faible ($r = 0,0131$).

Tableau 4 : La relation entre les poids des lapines et leurs distances ano-génitales
(R^2 : coefficient de détermination ; r : coefficient de corrélation).

X	Y	R^2/r	P
DAG	Poids	0,0131/0,114	NS

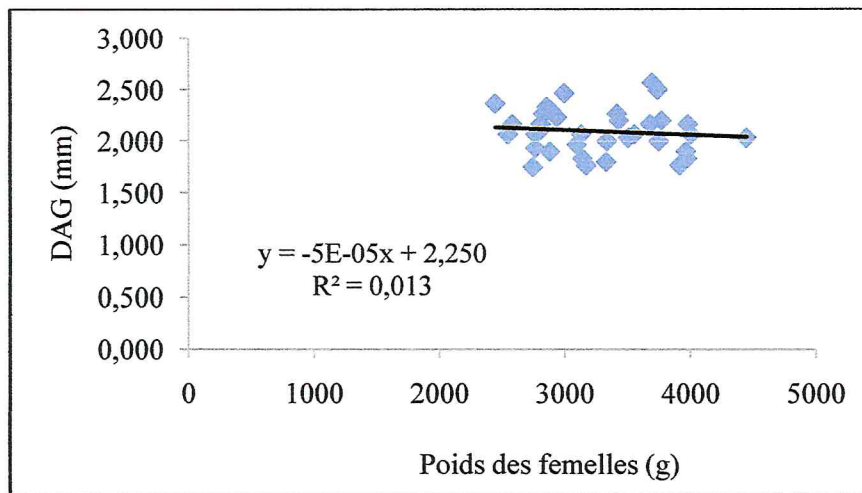


Figure 21 : La relation entre le poids des lapines avant la saillie et leurs DAG moyennes

III.4. Effet de la DAG sur la réceptivité :

Les résultats de la réceptivité positive observée pour chaque femelle trois fois par jour durant 7 jours, ont été regroupés en nombre total d'observation de réceptivité positive pour chaque lapine. Ces résultats sont représentés dans la figure 22.

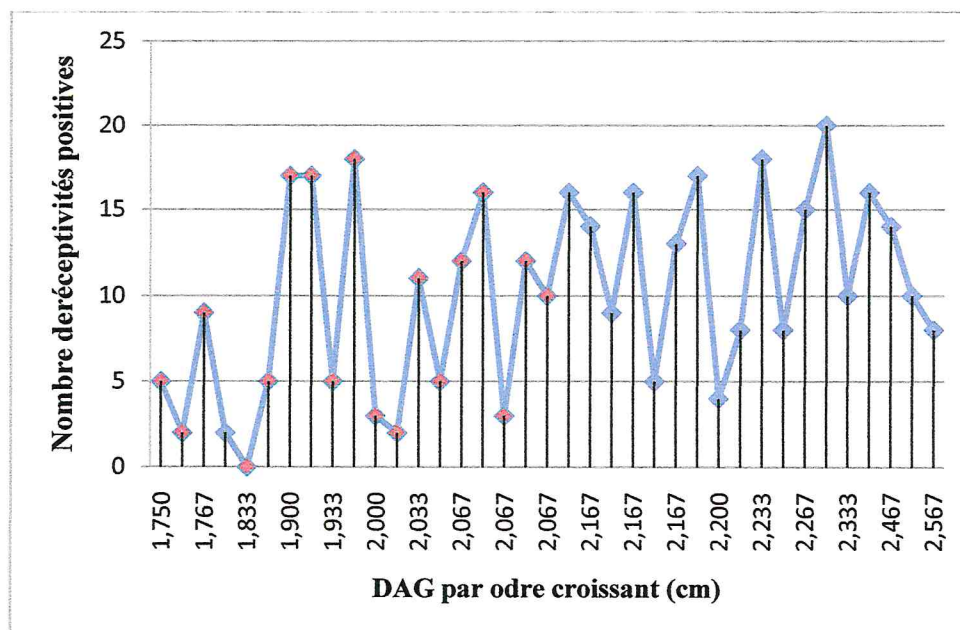


Figure 22 : Variation des nombres de réceptivité (positive) en fonction de la DAG (points rouges DAGP/ points bleus DAGG).

Cette figure fait ressortir une différence entre les nombres de réceptivité positive des deux groupes de DAG. En effet, le nombre de réceptivité des DAGP a tendance à être bas par rapport à celui de la DAGG. Afin de mieux mettre en évidence cette différence, ces résultats ont été transformés pour calculer un taux de réceptivité pour chaque lapine ; étant entendu qu'à chaque femelle correspond une DAG. Le taux de réceptivité pour chaque femelle (et donc chaque DAG) a été calculé en prenant le pourcentage d'observations de réceptivité positive totales (sur les 7 jours), par rapport au nombre possible maximal d'observations de réceptivité positive ($3\text{obs} \times 7\text{j} = 21\text{ obs}$). Les moyennes des taux de réceptivité positive des deux groupes de DAG (DAGG et DAGP), ont été calculées, et sont représentées dans la figure 22. Cette représentation par contre, montre que la moyenne des taux de réceptivité positive du groupe de DAGG est plus élevée que celle du groupe de DAGP (58,47% vs 28,17%).

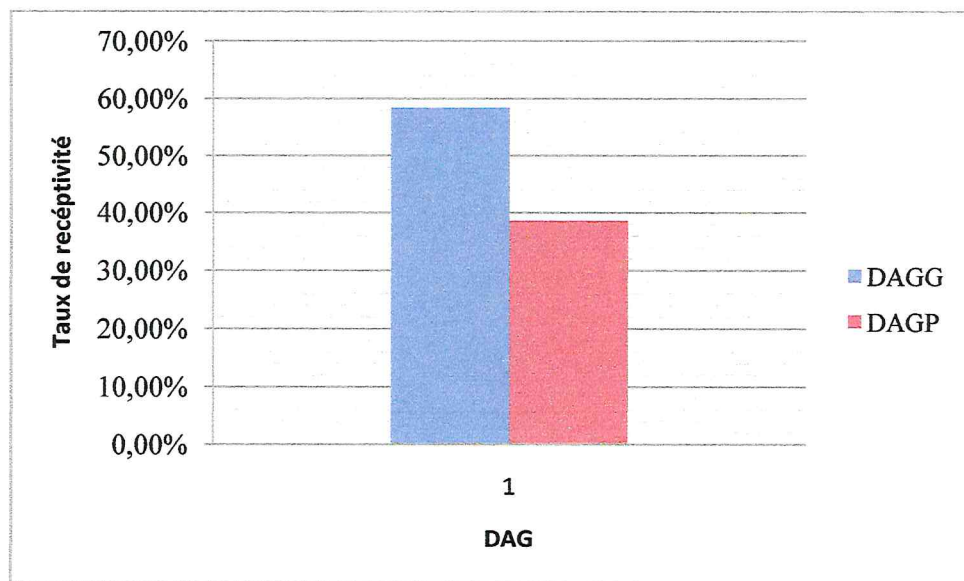


Figure 23 : Taux de réceptivité positive moyen par groupe de DAG (%).

III.5. Effet de la DAG sur le marquage mentonnier :

L'effet de la parité et de la DAG sur le marquage mentonnier spontané est représenté dans le tableau 5. Nos résultats montrent que les femelles avec une DAG grande marquent plus leur territoire comparées aux femelles avec une DAG petite (+21% ; $p < 0,05$).

L'effet de la parité a été significatif sur le nombre de marquage mentonnier et les femelles nullipares marquent plus leur territoire comparées aux femelles primipares (+ 11,74%, $p < 0,05$).

Il est à signaler que l'interaction entre la parité et la DAG est non significative ($p > 0,05$).

Tableau 5 : Effet de la DAG sur le marquage mentonnier spontané chez les lapines
(Moyenne $\pm$ écart-type).

	DAGP (n=19)	DAGG (n=18)	Nullipares (n=16)	Primipares (n=21)	Effet parité	Effet DAG	Parité*DAG
Marquage mentonnier	19,36 ^a	24,61 ^b	23,5 ^a	20,74 ^b	*	*	NS

DAGP : Distance ano-génitale petite ; DAGG : Distance ano-génitale grande ; a, b, c ... : Sur la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$) ; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$; NS : non significatif ($p > 0,05$).

III.6. Effet de la DAG sur le comportement des femelles :

Les résultats concernant le comportement des femelles vis-à-vis des mâles lors de la saillie sont présentés dans le tableau 6. Les femelles avec une DAG grande ont une tendance à être plus agressives que les femelles avec une DAG petite (29,41 vs 5,58%). L'activité de chevauchement est faible quelle que soit la longueur de la DAG.

Par ailleurs, la réceptivité des femelles évaluée au moment de la présentation au mâle (acceptation ou refus de l'accouplement) est très comparable entre les deux groupes de femelles (82 vs 83%).

Tableau 6 : Effet de la DAG sur le comportement des femelles.

	Agressivité	Chevauchement	Réceptivité
DAGP (n=18)	5,58%	0%	82,35%
DAGG (n=18)	29,41%	5,88	83,33%

III.7. Effet de la DAG sur le nombre de télines par femelle :

Le nombre de télines par femelle en fonction de la DAG est présenté dans le tableau 7. Le nombre de télines par femelle était identique entre les deux groupes de femelles (n=8).

Tableau 7 : Le nombre de télines par femelles en fonction de la DAG.

Groupes de femelles	Nombre de télines
DAGP (n=18)	8
DAGG (n=18)	8

III.8. Effet de la DAG sur la fertilité des femelles :

L'influence de la DAG et de la parité sur la fertilité des femelles est présentée dans le tableau 8. Les résultats de cette étude montrent que la fertilité est influencée seulement par la parité de la femelle. En effet, les femelles nullipares ont une fertilité significativement plus importante par rapport aux femelles primipares (81,25 vs 50% ; +38%, $p<0,05$).

Tableau 8 : Effet de la DAG sur la fertilité des femelles.

	DAGP (n=18)	DAGG (n=18)	Nullipares (n=16)	Primipares (n=21)	Effet parité	Effet DAG	Parité * DAG
Fertilité	66,66%	55,55%	81,25 ^a %	50 ^b %	*	NS	NS

DAGP : Distance ano-génitale petite ; DAGG : Distance ano-génitale grande ; a, b, c ...: Sur la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p<0,05$) ; * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$; NS : non significatif ($p>0,05$).

III.9. Effet de la DAG et de la parité sur les composantes biologiques de la prolificité :

Les effets de la DAG et de la parité sur les caractéristiques de l'ovaire ainsi que les principales composantes biologiques de la prolificité sont regroupés dans le tableau 9. Contrairement au nombre des follicules pré-ovulatoires et le taux d'ovulation, le poids moyen des ovaires a été significativement influencé par la parité de la femelle et la DAG. En effet, ce dernier est significativement plus élevé chez les femelles primipares et celles présentant une DAG supérieure à la DAG moyenne.

La mortalité précoce a été significativement plus importante chez les femelles nullipares (26% ; $p<0,05$) et présentant une DAG grande (+43% ; $p<0,05$). De même, la mortalité tardive était significativement plus importante chez les femelles primipares comparées aux femelles nullipares (46% ; $p<0,05$) et chez celles avec une DAG grande comparées aux femelles avec une DAG petite (+53% ; $p<0,05$).

Tableau 9 : Effet de la DAG sur les composantes biologiques de la prolixité
(moyenne $\pm$ écart-type).

	DAGP (n=11)	DAGG (n=10)	Nullipares (n=11)	Primipares (n=10)	Effet parité	Effet DAG	Parité * DAG
Le poids des ovaires	0,54 ^a $\pm$ 0,14	0,36 ^b $\pm$ 0,06	0,36 ^a $\pm$ 0,06	0,54 ^b $\pm$ 0,14	**	**	NS
Nombre de follicules préovulatoires	10,1 $\pm$ 2,23	11,63 $\pm$ 2,83	11,63 $\pm$ 2,83	10,1 $\pm$ 2,23	NS	NS	NS
Taux d'ovulation	8,5 $\pm$ 3,59	8,72 $\pm$ 1,61	8,72 $\pm$ 1,61	8,5 $\pm$ 3,59	NS	NS	NS
Mortalité précoce (%)	9,42 ^a	16,61 ^b	14,64 ^a	10,87 ^b	*	*	NS
Mortalité tardive (%)	3,44 ^a	7,35 ^b	3,78 ^a	6,98 ^b	*	*	NS

DAGP : Distance ano-génitale petite ; DAGG : Distance ano-génitale grande ; a, b, c ... : Sur la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p<0,05$) ; * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$; NS : non significatif ($p>0,05$).



IV. Discussion:

Chez la femelle, plusieurs facteurs peuvent influencer les performances de reproduction, ces derniers, ont été largement étudiés par les chercheurs. Parmi les facteurs affectant les performances de reproduction de la femelle ainsi que sa descendance, la position intra-utérine (PIU). Cette dernière a fait l'objet de plusieurs synthèses bibliographiques (Bryce, 2002 ; Ryan et Vandenberg, 2002) qui ont montré ses effets sur les taux d'hormones circulant et le comportement animal. De plus, la PIU influence le développement des organes génitaux externes et plusieurs travaux ont mis en évidence l'existence d'une relation entre cette dernière et notamment la distance ano-génitale (DAG) de la femelle. Cependant, il est à signaler que la majorité des travaux de recherche sur la DAG ont été réalisés sur les animaux de laboratoire tels que les souris et les rats.

Dans cette optique s'inscrit notre travail et qui a pour objectif d'étudier chez la lapine, la relation entre la DAG et certains paramètres de reproduction (comportement sexuel, performances de reproduction et les principales composantes biologiques de la prolificité (taux d'ovulation et mortalité embryonnaire)).

La distance ano-génitale...

...Effet significatif de la parité

La DAG moyenne des lapines était de $2,09 \pm 0,20$ cm. **La parité** a un effet significatif sur **la DAG** et les femelles nullipares ont présenté une DAG supérieure à celle mesurée chez les femelles primipares (+ 7% ; $p < 0,05$). Ces résultats sont liés d'une part, à l'état physiologique des femelles nullipares comparées aux femelles primipares et aux modifications anatomiques liées à l'œstrus d'autre part. En effet, les lapines nullipares sont caractérisées par un œstrus plus ou moins permanent et un taux d'acceptation proche de 100% comparées aux femelles primipares (Theau-Clément, 2008). Par ailleurs, les femelles réceptives présentent toujours une vulve rouge ou violette et très turgescente en comparaison avec les femelles non réceptives (vulve pâle et non turgescente) ce qui pourrait augmenter son volume et par conséquent la DAG. En effet, chez la souris, Dusek et al. (2012) ont montré que la DAG est influencée par le cycle oestrien de la femelle et les femelles en œstrus présentent la DAG la plus importante.



Le poids de la femelle ...

...Aucun Effet de la DAG

Aucune relation n'a été retrouvée entre ***le poids de la femelle*** avant la saillie et sa ***DAG***. Nos résultats sont tantôt similaires tantôt différents aux données reportées dans la littérature sur les autres espèces. Chez les souris et les rats, certaines des variabilités présentes dans la DAG peuvent s'expliquer par le poids de l'animal qui est mesuré. Les animaux lourds ont tendance à avoir une DAG plus longues que les animaux plus légers. En revanche, un certain nombre d'études, ont trouvé que les variations de poids ne comptent pas pour une proportion significative dans la variabilité des mesures de la DAG (Palanza *et al.*, 2001 ; VomSaal et Dhar, 1992).

Meiselet Ward (1981) et Vandenberg et Huggett (1995) proposent la mesure de l'indice DAG (IDAG) en divisant la DAG sur le poids. Dans certains cas, la IDAG peut servir de marqueur précis pour la PIU.

Entre les animaux, les communications par les substances chimiques sont aidées par la présence de plusieurs glandes (glandes anales, inguinales et mandibulaires ou mentonnières) (Goodrichet *al.*, 1972).

Marquage mentonnier spontané ...

... Effet significatif de la DAG

Les résultats concernant ***le marquage mentonnier spontané*** montrent que les femelles avec une DAG grande marquent plus leur territoire comparées aux femelles avec une DAG petite (+21% ; $p < 0,05$). Nos résultats corroborent ceux rapportés par Hudson et Vodermayr (1992) qui montrent que les femelles avec une DAG grande marquent plus leur territoire par les glandes mentonnières que les femelles avec une petite DAG.



Marquage mentonnier spontané ...

... Effet significatif de la parité

L'effet de *la parité* a été significatif sur *le nombre de marquage mentonnier* et les femelles nullipares marquent plus leur territoire comparées aux femelles primipares (+ 11,74%, $p < 0,05$). De tels résultats sont liés à l'état physiologique des femelles nullipares (femelles en œstrus permanent). Plusieurs auteurs ont montré que le marquage mentonnier spontané augmente chez les femelles en œstrus et diminue d'une manière importante chez les femelles en gestation et en lactation (Soares *et al.*, 1982 ; González-Mariscal *et al.*, 1990; Beyer *et al.*, 2007). Ces derniers auteurs suggèrent que le marquage mentonnier pourrait être utilisé par la femelle comme un moyen pour communiquer son statut reproductif.

Agressivité ...

... Effet de la DAG

Les femelles avec une *DAG* grande ont une tendance à être plus *agressives* que les femelles avec une *DAG* petite (29,41 vs 5,58%). Nos résultats sont en accord avec les données de la littérature sur plusieurs espèces et qui rapportent que les femelles avec une *DAG* grande sont plus agressives et moins attractives aux mâles que les femelles avec une *DAG* petite (VomSaal *et al.*, 1989; Rines *et al.*, 1984; Rohde Parfet *et al.*, 1990).

Fertilité ...

... Effet significatif de la parité

Les résultats de cette étude montrent que la *fertilité* est influencée seulement par la *parité* de la femelle. En effet, les femelles nullipares ont une fertilité significativement plus importante par rapport aux femelles primipares (81,25 vs 50% ; +38%, $p < 0,05$). Les mêmes résultats ont été rapportés par Perrier *et al.* (1998) indiquant que les femelles nullipares ont une réceptivité et une fertilité supérieures (plus de 70%) aux femelles primipares.



Poids des ovaires ...

... Effet significatif de la DAG et de la parité

Poids des ovaires est significativement plus élevé chez les femelles primipares et celles présentant une DAG supérieure à la DAG moyenne. L'évolution du poids des ovaires entre les deux premières parités a été déjà montrée chez les femelles de même origine par Belabbas *et al.* (2011). Cependant, à notre connaissance aucune étude n'a évaluée l'effet de la DAG sur le poids des ovaires et en fonction de la parité de la femelle ce qui rend la discussion des résultats obtenus difficiles.

Mortalité précoce et tardive ...

... Effet significatif de la DAG et de la parité

La mortalité précoce a été significativement plus importante chez ***les femelles nullipares*** (26% ; $p < 0,05$) et présentant une ***DAG grande*** (+43% ; $p < 0,05$). De même, la ***mortalité tardive*** était significativement plus importante chez ***les femelles primipares*** comparées aux femelles nullipares (46% ; $p < 0,05$) et chez celles avec une ***DAG grande*** comparées aux femelles avec une DAG petite (+53% ; $p < 0,05$). L'effet de la parité de la femelle sur la mortalité embryonnaire a été bien étudié par Hulot et Matheron (1981). En effet, ces auteurs ont démontré que les mortalités précoce et tardive ont tendance à augmenter avec le numéro de la parité. La mortalité précoce augmente de 24 % à 31 % entre le stade nullipare et primipare puis à 38% au stade multipare. En revanche, la mortalité tardive présente une légère augmentation au cours des parités.

Par ailleurs, l'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 connu 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. Cependant, le manque de moyens techniques nous a empêchés de réaliser le dosage de la testostérone.

Conclusion



L'étude porte sur les relations entre la mesure de la distance ano-génitale (DAG), et le comportement sexuel, les performances de reproduction et les composantes biologiques de la prolificité. Elle vise donc l'utilisation, dans le cas de l'existence de telles relations, du facteur DAG comme prédicateur des caractéristiques de reproduction ainsi prises en considération, chez la lapine.

Etant donné que les femelles utilisées dans cette expérimentation, comprennent aussi bien des nullipares que des primipares, le facteur « parité » a également été pris en compte. En effet, **la parité** a un effet significatif sur **la DAG** et les femelles nullipares ont présenté une DAG supérieure à celle mesurée chez les femelles primipares.

En ce qui concerne la DAG, ses effets peuvent se résumer comme suit :

- Aucune relation n'a été trouvée entre **le poids de la femelle** avant la saillie et sa DAG.
- Il semblerait que les **taux de réceptivité (positive)**, soient en moyenne plus importants pour le groupe des femelles à grandes DAG, que pour celui des femelles à petites DAG.
- Les résultats concernant **le marquage mentonnier spontané** montrent que les femelles à grandes DAG marquent plus leur territoire que les femelles à petites DAG (+21% ; $p < 0,05$).
- Les femelles à grandes DAG ont tendance à être plus **agressives** que les femelles à petites DAG (29,41 vs 5,58%).
- **Le Poids des ovaires** est significativement plus élevé chez les femelles présentant une DAG supérieure à la DAG moyenne.
- **La mortalité précoce** a été significativement plus importante chez les femelles présentant une DAG grande.
- **La mortalité tardive** était significativement plus importante chez celles avec une DAG grande comparées aux femelles avec une DAG petite (+53% ; $p < 0,05$).



Il semble donc que certaines des caractéristiques de la reproduction observées dans cette étude, soient influencées par la DAG ; il s'agit de l'agressivité, du marquage mentonnier, de la réceptivité, du poids des ovaires et des mortalités embryonnaires (précoce et tardive).

*Les résultats sur les éventuels effets de la **parité** montrent ce qui suit :*

- L'effet de la parité sur **le nombre de marquage mentonnier** a été significatif et les femelles nullipares marquent plus leur territoire que les femelles primipares.
- Les résultats de cette étude montrent que la **fertilité** est influencée seulement par la parité de la femelle. En effet, les femelles nullipares ont une fertilité significativement plus importante que celle des femelles primipares.
- **le Poids des ovaires** est significativement plus élevé chez les femelles primipares.
- **La mortalité précoce** a été significativement plus importante chez les femelles nullipares.
- De même, la **mortalité tardive** était significativement plus importante chez les femelles primipares comparées aux femelles nullipares (46% ; $p < 0,05$).

La parité quant à elle, influencerait entre autres les paramètres suivants ; le marquage mentonnier spontané, la fertilité, le poids des ovaires ainsi que les mortalités embryonnaire (précoce et tardive).

En conclusion, dans cette étude, la parité semble avoir un effet sur un plus grand nombre de caractéristiques de reproduction, que la DAG ; notamment en ce qui concerne la fertilité. Néanmoins, il s'avère que les lapines à grandes DAG sont plus réceptives aux mâles, sont plus agressives, marquent plus leur territoire, ont un poids moyen d'ovaires plus élevé et présentent des mortalités embryonnaires (aussi bien précoces que tardives) plus importantes, que les lapines à petites DAG. En conséquence, bien que l'effet de la DAG ne se soit pas fait ressentir sur l'ensemble des caractéristiques de reproduction prises en considération dans ce travail, les résultats obtenus sont encourageants et orientent vers l'approfondissement et l'extension de l'étude de cet effet à d'autres paramètres que ceux considérés ici.



En plus de cette orientation éventuelle pour des travaux de recherche ultérieurs, sur l'approfondissement et l'extension de la présente étude, une autre recommandation pourrait être formulée à l'adresse aussi bien des éleveurs que des améliorateurs.

En effet, ces derniers pourraient intégrer, sous différentes formes, dans leur travail (renouvellement des femelles reproductrices de l'élevage, programmes d'amélioration génétique,...), au moins, le fait que les lapines à petites DAG semblent présenter des mortalités embryonnaires (précoce et tardive) moins importantes que les lapines à grandes DAG.

*Références
bibliographiques*

A

ASDELL SA, 1946. >Cité par MARTINET L, 1978

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 (2008), 211-219.

B

Belabbas R., H. AinBaziz, I Ilès, S. Zenia, Z. Boumahdi*, I. Boulbina et S. Temim. Etude de la prolificité et de ses principales composantes biologiques chez la lapine de population locale algérienne (*Oryctolagus cuniculus*) Livestock Research for Rural Development 23 (3) 2011.

Beyer C, Hoffman KL, González-Flores O. Neuroendocrine regulation of estrous behavior in the rabbit: similarities and differences with the rat. *HormBehav* 2007;52:2–11.
VomSaal FS. Sexual-differentiation in litter-bearing mammals — influence of sex of adjacent fetuses in utero. *J AnimSci* 1989;67:1824–40.

Bonnes G., Desclaude J., Drogoul C., Gadoud R., Jussiau R., Le Loc'h A., Montmeas L., Gisele R., 2005. Reproduction des animaux d'élevage. 2^{ème} édition, Edition: Educagri, 407p.

BOUSSIT D, 1989. Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. Edition Association Française de cuniculture.

Bushong ME, Mann MA. Gender and intrauterine position influence saccharin preference in mice. *HormBehav* 1994;28:207–18.

C

CAILLOL M et DAUPHIN-VILLEMANT C, 1982. Relation entre le comportement sexuel et les taux de stéroïdes périphériques chez la lapine. 3^{ème} J. de la Recherche Cunicole, communication 17, Décembre, Paris, France.

Clark MM, Bishop AM, vomSaal FS, Galef Jr. BG. Responsiveness to testosterone of male gerbils from known intrauterine positions. *PhysiolBehav* 1993;53:1183–7.

Clark MM, Bone S, Galef Jr. BG. Uterine positions and schedules of urination: correlates of different maternal anogenital stimulation. *DevPsychobiol* 1989;22:389–400.

Clark MM, Crews D, Galef Jr. BG. Concentration of sex steroid hormones in pregnant and fetal Mongolian gerbils. *PhysiolBehav* 1991;49:239–43.

Clark MM, Galef Jr. BG. Effects of uterine position on rate of sexual development in female Mongolian gerbils. *PhysiolBehav* 1988;42:15–18.

Clark MM, Galef Jr. BG. 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). *DevPsychobiol* 1990;23:29–37.

Clark MM, Galef Jr. BG. A gerbil dam's fetal intrauterine position affects the sex ratio of litters she gestates. *PhysiolBehav* 1995;57:297–9.

Clark MM, Galef Jr. BG. Why some male Mongolian gerbils may help at the nest: testosterone, asexuality and alloparenting. *AnimBehav* 2000;59:801–6.

Clark MM, Karpuik P, Galef Jr. BG. Hormonally mediated inheritance of acquired characteristics in Mongolian gerbils. *Nature* 1993;367:712.

Clark MM, Malenfant SA, Winter DA, Galef Jr. BG. Fetal uterine position affects copulation and scent marking by adult male gerbils. *PhysiolBehav* 1990;47:301–5.

Clark MM, Robertson RK, Galef Jr. BG. Intrauterine position effects on sexually dimorphic asymmetries of Mongolian gerbils: testosterone, eye opening, and paw preference. *Dev Psychobiol* 1993;26:185–94.

Clark MM, Tucker L, Galef Jr. BG. Stud males and dud males: intrauterine position effects on the reproductive success of male gerbils. *Anim Behav* 1992.

Clark MM, Vonk JM, Galef Jr. BG. Reproductive profiles of adult Mongolian gerbils gestated as the sole fetus in a uterine horn. *Physiol Behav* 1997;61:77–81.

Clark MM, vom Saal FS, Galef Jr. BG. Intrauterine positions and testosterone levels of adult male gerbils are correlated. *Physiol Behav* 1992;51:957–60.

Clemens LG. Neurohormonal control of male sexual behavior. In: Montagna W, Sadler WA, editors. *Advances in behavioral biology*, vol. 11. New York: Plenum Press; 1974. p. 23–53.

Clemens LG, Coniglio L. Influences of prenatal composition on mounting behavior of female rats. *Am Zool* 1971;11:617–8.

Clemens LG, Gladue BA, Coniglio LP. Prenatal endogenous androgenic influences on masculine sexual behavior and genital morphology in male and female rats. *Horm Behav* 1978;10: 40–53.

D

Drickamer LC. Intra-uterine position and anogenital distance in house mice: consequences under field conditions. *Anim Behav* 1996;51:925–34.

Drickamer LC, Robinson AS, Mossman CA. Differential responses to same and opposite sex odors by adult house mice are associated with anogenital distance. *Ethology* 2001;107:1–11.

Drickamer LC, Robinson AS, Mossman CA. Differential responses to same and opposite sex odors by adult house mice are associated with anogenital distance. *Ethology* 2001;107:509–19.

DUFY-BARBE L et Coll., 1972. Time-courses of LH and FSH release after mating in the female rabbit. *Endocrinology*, 92, 1318-1321.

F

Fayez M., Rashwan A., 2003. Rabbits behaviour under modern commercial production conditions. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 46 (2003) 4, 357-376.

Forger NG, Galef Jr. BG, Clark MM. Intrauterine position affects motoneuron number and muscle size in a sexually dimorphic neuromuscular system. *Brain Res* 1996;735:119–24.

G

GALLAS, 1988 IN Boussit.

Gallouin F., 1981b. Mécanismes physiologiques de la reproduction. Etat endocrinien de la lapine après l'ovulation. *Cuniculture*, 8 (6), 294-297.

GALLOUIN F, 1981a. Particularités de la physiologie de la reproduction chez le lapin Session ADEPRINA, INAPG, Paris, France.

GALLOUIN F et Coll., 1984. Ovulation rate in meat rabbit. 3^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, Italie, 2, 426-429.

Gandelman R, vom Saal FS, Reinisch JM. Contiguity to male foetuses affects morphology and behaviour of female mice. *Nature* 1977;266:722–4.

Gayrard V., 2007. Physiologie de la reproduction des mammifères. Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, septembre, 2007. 198p.

González-Mariscal G, Melo AI, Zavala A, Beyer C. Variations in chin-marking behavior of New-Zealand female rabbits throughout the whole reproductive-cycle. *PhysiolBehav* 1990;48:361–5.

Goodrich BS, Mykytowycz R. Individual and sex differences in the chemical composition of pheromone-like substances from the skin glands of the rabbit, *Oryctolaguscuniculus*. *J Mammal* 1972; 53:540–8.

Gorodeski GI, Sheean LA, Utian WH. Sex hormone modulation of flow velocity in the parametrial artery of the pregnant rat. *Am J Physiol* 1995;268:R614–24.

Graham S, Gandelman R. The expression of ano-genital distance data in the mouse. *PhysiolBehav* 1986;36:103–4.

Gray Jr. LE, Ostby J, Monosson E, Kelce WR. Environmental antiandrogens: low doses of the fungicide vinclozolin alter sexual differentiation of the male rat. *ToxicolInd Health* 1999;15: 48–64.

H

Hauser H, Gandelman R. Contiguity to males in utero affects avoidance responding in adult female mice. *Science* 1983;220:437–8.

Hawk H.W., 1982. Effect of acetylcholine, prostaglandins F2a and estradiol on number of sperm in the reproductive tract of inseminated rabbit. *J. Anim. Sc.*, 55(4), 891-900.

Hernandez-Tristan R, Arevalo C, Canals S. Effects of prenatal uterine position on male and female rats' sexual behavior. *PhysiolBehav* 1999;67:401–8.

Hirlemann S, Brain PF, Parmigiani S. Prior intra-uterine position of lactating mice: effects on attackability by adult resident females. *Boll Zool* 1990;57:67–71.

Houtsmuller EJ, de Jong FH, Rowland DL, Slob AK. Plasma testosterone in fetal rats and their mothers on day 19 of gestation. *Physiol Behav* 1995;57:495–9.

Houtsmuller EJ, Slob AK. Masculinization and defeminization of female rats by males located caudally in the uterus. *Physiol Behav* 1990;48:555–60.

Houtsmuller EJ, Thornton JA, Rowland DL. Using a regression approach to study the influence of male fetuses on the genital morphology of neonatal female rats. *Multivar Behav Res* 1997;32:77–94.

Howdeshell KL, Hotchkiss AK, Thayer KA, Vandenberg JG, vom Saal FS. Exposure to bisphenol A advances puberty. *Nature* 1999;401:763–4.

Howdeshell KL, vom Saal FS. Developmental exposure to bisphenol A: interaction with endogenous estradiol during pregnancy in mice. *Am Zool* 2000; 40:429–37.

Hudson R, González-Mariscal G, Beyer C. Chin marking behavior, sexual receptivity, and pheromone emission in steroid-treated, ovariectomized rabbits. *Horm Behav* 1990;24:1–13.

Hudson R, Voderhayer T. Spontaneous and odour-induced chin marking in domestic female rabbits. *Anim Behav* 1992 ; 43:329–36.

Hulot F., Matheron G., 1981. Effet du génotype, de l'âge et de la saison sur les composantes de la reproduction chez la lapine. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 13, 131-150.

J

Jubilan BM, Nyby JG. The intrauterine position phenomenon and precopulatory behaviors in house mice. *Physiol Behav* 1992 ; 51:857–72.

K

Kinsley CH, Konen CM, Miele JL, Ghiraldi L, Svare B. Intrauterine position modulates maternal behaviors in female mice. *PhysiolBehav* 1986;36:793–9.

Kinsley C, Miele J, Wagner CK, Ghiraldi L, Broida J, Svare B. Prior intrauterine position influences body weight in male and female mice. *HormBehav* 1986;20:201–11.

KNOBIL E et Coll., 1988. In « The physiology of reproduction. 1. Reproduction. 2. Mammals. »

L

Lebas F., 1982. Influence de la position *in utero* sur le développement corporel des lapereaux. *3èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 8-9 Décembre 1982, Paris, 161-166.

Lebas F., 2009. Cuniculture, biologie du lapin. www.cuniculture.info (accès le 16/08/2009).

Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thebault R., 1996. Le lapin, élevage et pathologie. FAO. Edition : Rome, 227p.

Lorenzo P.L., Rebollar P.G., Illera M.J., Illera J.C., Illera M., Alvarino J.M.R., 1996. Characterization of rabbit follicular oocytes and their ability to mature in vitro. *Arch. Zootec.* 45, 25–35.

M

Marongiu M.L., Gulinati A., 2008a. Ultra sound evaluation of ovarian follicular dynamics during early pseudopregnancy as a tool to inquire into the High progesterone (P÷) syndrome of rabbit does. *9th World Rabbit Congress*. Verona, Italy, June 10-13, 393-398.

MARTINET L, 1978. Physiologie de la reproduction du lapin. Journées d'étude CNRS-INRA, Orléans, France.

MAULEON, 1965. Cité par BOUSSIT D, 1989.

Mccorkell R., Woodbury M., Adams G.P., 2006. Ovarian follicular and luteal dynamics in wapiti during estrous cycle. *Theriogenology*, 65, 540-556. MARTINET L, 1978. Physiologie de la reproduction du lapin. Journées d'étude CNRS-INRA, Orléans, France.

McDermott NJ, Gandelman R, Reinisch JM. Contiguity to male fetuses influences ano-genital distance and time of vaginal opening in mice. *Physiol Behav* 1978;20:661-3.

Meisel RL, Ward IL. Fetal female rats are masculinized by male littermates located caudally in the uterus. *Science* 1981;213:239-42.

MEUNIER ET Coll., 1982. Relation entre la sécrétion de LH et de FSH au moment de l'ovulation et les taux d'ovulation ou la mortalité embryonnaire précoce. 3^{ème} Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, 1.

Mills, T. M. Copland, J. A. and Osteen, K. G. (1981). Factors affecting the postovulatory surge of FSH.

Mylchreest E, Wallace DG, Cattley RC, Foster PM. Dose-dependent alterations in androgen-regulated male reproductive development in rats exposed to Di(n-butyl) phthalate during late gestation. *Toxicol Sci* 2000;55:143-51.

Nonneman DJ, Ganjam VK, Welshons WV, vomSaal FS. Intrauterine position effects on steroid metabolism and steroid receptors of reproductive organs in male mice. *Biol Reprod* 1992;47:723-9.

N

NORDIO-BLADISSERA, 1980. Recent advances on rabbit physiology. 2^{ème} Congr. Mondial Cuni., Barcelone, Espagne, 1, 1-60.

O

Oxána Bánszegi, Péter Szenczi, Kriszta Dombay, Ágnes Bilkó, Vilmos Altbäcker, 2012. Anogenital distance as a predictor of attractiveness, litter size and sex ratio of rabbit does. *Physiology & Behavior* 105 (2012) 1226–1230.

P

Palanza P, Morley-Fletcher S, Laviola G. Novelty seeking in periadolescent mice: sex differences and influence of intrauterine position. *Physiol Behav* 2001;72:255–62.

Palanza P, Parmigiani S, vom Saal FS. Urine marking and maternal aggression of wild female mice in relation to anogenital distance at birth. *Physiol Behav* 1995;58:827–35.

Palos J., Szendro Z.S., Kustos 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.

PLA M et Coll., 1984 Mating behaviour and induction ovulation in meat rabbit. 3^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture, Rome, Italie, 2, 437-445.

Q

Quadagno DM, McQuitty C, McKee J, Koelliker L, Wolfe G, Johnson DC. The effects of intrauterine position on competition and behavior in the mouse. *Physiol Behav* 1987;41:639–42.

QUESTEL G, 1984. Contribution à l'étude de la fertilité chez le lapin domestique. Mémoire de fin d'études, INA Paris-Grignon, France.

R

Richmond G, Sachs BD. Further evidence for masculinization of female rats by males located caudally in utero. *HormBehav* 1984;18:484–90.

Rines JP, vomSaal FS. Fetal effects on sexual behavior and aggression in young and old female mice treated with estrogen and testosterone. *HormBehav* 1984;18:117–29

Rohde Parfet KA, Ganjam VK, Lamberson WR, Rieke AR, vomSaal FS, Day BN. Intrauterine position effects in female swine: subsequent reproductive performance, and social and sexual behavior. *ApplAnimBehavSci* 1990;26:349–62.

Rohde Parfet KA, Lamberson WR, Rieke AR, Cantley TC, Ganjam VK, vomSaal FS, Day BN. Intrauterine position effects in male and female swine: subsequent survivability, growth rate, morphology and semen characteristics. *J AnimSci* 1990;68:179–85.

Ryan Bryce C., John G. Vandenberg. Intrauterine position effects 2002. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 26 (2002) 665–678.

S

Slob AK, van der Schoot P. Testosterone induced mounting behaviors in adult female rats born in litters of different female to male ratios. *PhysiolBehav* 1982;28:1007–10.

Soares MJ, Diamond M. Pregnancy and chin marking in the rabbit, *Oryctolagus cuniculus*. *AnimBehav* 1982;30:941–3.

T

Theau-Clément M., Bolet G., Fortun-Lamothe L., Brecchia G., Boiti C., 2008. High plasmatic progesterone levels at insemination depress reproductive performance of rabbit does. *9th World RabbitCongress*. Verona, Italy, June 10-13, 459-464.

Thibault C., Levasseur M. C., 2001. La reproduction chez les mammifères et l'homme. INRA Editions, 928p.

Tobet SA, Dunlap JL, Gerall AA. Influence of fetal position on neonatal androgen-induced sterility and sexual behavior in female rats. *HormBehav* 1982;16:251-8.

V

Vandenbergh JG, Huggett CL. Mother's prior intrauterine position affects the sex ratio of her offspring in house mice. *Proc Natl Acad Sci* 1994;91:11055-9.

Vandenbergh JG, Huggett CL. The anogenital distance index, a predictor of the intrauterine position effects on reproduction in female house mice. *Lab Anim Sci* 1995;45:567-73.

Van de Poll NE, van der Zwan SM, van Oyen HG, Pater JH. Sexual behaviors in female rats born in all-female litters. *Behav Brain Res* 1982;4:103-9.

Van der Hoeven T, LeFevre R, Mankes R. Effects of intrauterine position on the hepatic microsomal polysubstrate monooxygenase and cytosolic glutathione S-transferase activity, plasma sex steroids and relative organ weights in adult male and female Long-Evans rats. *J Pharmacol Exp Theor* 1992;263:32-9.

Villena F.E., Ruiz Matas J., 2003. *Technicien en élevage*, Tome 2, édition Cultural S.A. Poligon industrial Arroyomolinos. 256-266.

VomSaal FS. Variation in infanticide and parental behavior in male mice due to prior intrauterine proximity to female fetuses: elimination by prenatal stress. *PhysiolBehav* 1983;30:675–81.

VomSaal FS. The production of and sensitivity to cues that delay puberty and prolong subsequent oestrous cycles in female mice are influenced by prior intrauterine position. *J ReprodFertil* 1989;86:457–71.

VomSaal FS. Perinatal testosterone exposure has opposite effects on adult intermale aggression and infanticide in mice. In: Brain P, Mainardi D, Parmigiani S, editors. *House mouse aggression*. New York: Harwood Academic Publishers; 1989. p. 179–204.

VomSaal FS, Bronson FH. In utero proximity of female mouse fetuses to males: effects on reproductive performance during later life. *BiolReprod* 1978;19:842–53.

VomSaal FS, Bronson FH. Sexual characteristics of adult female mice are correlated with their blood testosterone levels during prenatal development. *Science* 1980;208:597–9.

VomSaal FS, Dhar MG. Blood flow in the uterine loop artery and loop vein is bidirectional in the mouse: implications for transport of steroids between fetuses. *PhysiolBehav* 1992;52:163–71.

VomSaal FS, Even MD, Quadagno DM. Effects of maternal stress on puberty, fertility and aggressive behavior of female mice from different intrauterine positions. *PhysiolBehav* 1991;49:1073–8.

VomSaal FS, Grant WM, McMullen CW, Laves KS. High fetal estrogen concentrations: correlation with increased adult sexual activity and decreased aggression in male mice. *Science* 1983;220:1306–9.

VomSaal FS, Moyer CL. Parental effects on reproductive capacity during aging in female mice. *BiolReprod* 1985;32:1116–26.

VomSaal FS, Quadagno DM, Even MD, Keisler LW, Keisler DH, Khan S. Paradoxical effects of maternal stress on fetal steroids and postnatal reproductive traits in female mice from different intrauterine positions. *BiolReprod* 1990;43:751–61.

W

Wise TH, Christenson RK. 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. *J AnimSci* 1992;70:2787–93.

Wolf CJ, Ostby J, Hotchkiss A, Gray Jr. LE. Effects of prenatal testosterone propionate on the sexual development of male and female rats. *BiolReprod* 2000;62:247.

Z

Zehr JL, Gans SE, McClintock MK. Variation in reproductive traits is associated with short anogenital distance in female rats. *DevPsychobiol* 2001;38:229–38.

Zielinski WJ, Vandenberg JG, Montano MM. Effects of social stress and intrauterine position on sexual phenotype in wild-type house mice (*Mus musculus*). *PhysiolBehav* 1991;49:117–23.

Zielinski WJ, vomSaal FS, Vandenberg JG. The effect of intrauterine position on the survival, reproduction and home range size of female house mice (*Mus musculus*). *BehavEcolSociobiol* 1992;30:185–91.