

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger

Thèse de Doctorat en Sciences Vétérinaires

Spécialité : Physiologie Animale

Induction de l'œstrus par les méthodes de biostimulation chez la lapine de population locale : effets comportementaux, hormonaux, métaboliques et impacts sur les performances de reproduction.

Dr. ILÈS Imène

Membres du Jury

Mme AINBAZIZ H.	Professeure	Présidente	ENSV- Alger
Mme BENAZZOUG Y.	Professeure	Promotrice	USTHB- Alger
Mr KAIDI R.	Professeur	Examineur	USD-Blida
Mme ZERROUKI N.	Professeure	Examinatrice	UMM-Tizi Ouzou
Mr LAMARA A.	Maître de Conférences A	Examineur	ENSV- Alger
Mme BOUMAHDZ Z.	Maître de Conférences A	Examinatrice	USD-Blida

Soutenue le 18 mars 2015

Remerciements

A ma Directrice de Thèse, **Madame Benazzoug Yasmina**, Professeure à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'USTHB, je vous renouvelle ma profonde reconnaissance d'avoir accepté d'encadrer cette thèse. Votre disponibilité, votre écoute et votre aide m'ont été précieuses. Je vous remercie infiniment.

A la Présidente du Jury, **Madame Ainbaziz Hacina**, Professeure à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, j'adresse mes sincères remerciements de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je présente mes vifs remerciements à **Monsieur Boiti Cristiano**, Professeur au Département de Physiologie animale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de Pérouse (Italie), pour avoir accepté la co-direction de cette thèse et pour votre aide dans la révision des articles scientifiques.

A **Monsieur Kaidi Rachid**, Professeur à la Faculté des Sciences Vétérinaires de l'Université Saad Dahleb de Blida, je suis particulièrement honorée de vous compter parmi les membres du jury. Je vous remercie sincèrement d'avoir accepté d'examiner ce travail.

J'adresse mes profonds remerciements à **Madame Zerrouki Nacéra**, Professeure à la Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour avoir accepté d'évaluer cette thèse et pour avoir honoré ce jury de votre présence.

Mes sincères remerciements vont également à **Monsieur Lamara Ali**, Maître de Conférences classe A à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, pour avoir accepté de participer à ce jury.

A **Madame Boumahdi Zoubéïda**, Maître de Conférences classe A à la Faculté des Sciences Vétérinaires de l'Université Saad Dahleb de Blida, j'exprime mes sincères remerciements d'avoir accepté de discuter ce travail.

A Monsieur **Brecchia Gabriel**, chercheur à la Faculté de Médecine Vétérinaire de Pérouse (Italie), pour son soutien et sa contribution à la formation des étudiants en postgraduation à l'ENSV (cuniculture). Merci infiniment. J'exprime ma profonde gratitude au Docteur **Belazzoug** du service d'Endocrinologie du Centre Hospitalo-Universitaire de Bab El-Oued et au Professeur **Griane** du service d'Endocrinologie du Centre Pierre et Marie Curie d'Alger pour la réalisation des dosages hormonaux. Merci infiniment.

J'adresse un grand merci à mes amies et collègues de l'ENSV pour leur contribution à ce travail, et tout particulièrement à Madame **Saidj Dihya** et Madame **Benali Nadia** pour avoir réalisé les analyses biochimiques, à Mesdames **Zenia Safia** et **Mecili Anissa** (USTHB) pour leur aide dans les analyses statistiques, à Mesdames **Hamdi Fouzia** et **Ilès Véronique** pour leur aide dans la traduction des articles. Je remercie chaleureusement Madame **Boulbina Ibtissem** et Monsieur **Belabbas Rafik** pour leur participation à la partie expérimentale et pour leur soutien si précieux. A tous, je vous souhaite le meilleur à venir.

A Monsieur **Rachid Kaddour**, ingénieur du laboratoire d'histopathologie de l'ENSV, je vous adresse mes vifs remerciements pour la réalisation des coupes histologiques. A Madame **Boukhari Salima**, sans qui rien n'aurait été pareil. Je vous suis particulièrement reconnaissante pour ces années passées à veiller sur les lapines, et pour votre participation à la collecte des données. Puissiez-vous réaliser vos rêves les plus chers. Toute ma gratitude à Mesdames **Rebouh Meriem** et **Bouabdellah Rihan**, pour les soins apportés à la lapine blessée.

A mes chers **collègues et amis de l'ENSV**. Un grand Merci à Madame **Gouas Yamina** qui n'a cessé durant toutes ces années de m'encourager, puisses tu être toujours heureuse, entourée de tes proches. Mes sincères remerciements vont particulièrement à Mesdames **Remas Khedidja, Mokrani Naciba, Zouambi Amina, Khatraoui Mouna, Sahraoui Linda, Smai Amina, Hadadj Fairouz, Saadi Habiba, Djellout Baya, Benmahdi Meriem, Aissi Meriem, Hafsi Fella, Derdour Salima, Benmohand Chabha, Milla Amel, Temim Soraya, Dahmani Amina, Bernaoui Radia, Chouya Farida, Aïtoudhia Khatima, Amira Hani, Zohra Souames** ainsi qu'à Messieurs **Harhoura Khaled, Lamari Abdelouaheb, Hamdi Mossadek, Souames Samir, Lamara Ali**.

A toutes et à tous, merci de votre soutien à un moment ou à un autre durant la période de la réalisation de ce travail....

A Monsieur **Saoudi** de la COPAPIST de Tizi-Ouzou, pour sa gentillesse et son aide dans la réalisation du projet expérimental. Merci infiniment. A Monsieur **Sadaoui Nouredine**, pour l'attention portée aux animaux du clapier durant les trois années d'expérimentation. Merci infiniment. A Messieurs **Mounir, Hafid, Kamel, Karim, Mourad** et **Adlan** de l'ENSV pour leur aide tout au long de ces années de recherche, Merci infiniment. Aux **bibliothécaires de l'ENSV**, pour leur chaleureux accueil, leur disponibilité et leur efficacité. Merci à tous.

A mon Père

Tu es parti pour un monde meilleur alors que j'écrivais les dernières lignes de cette thèse.

Tu as été mon premier maître et, sans aucun doute, le meilleur de tous.

Pour ta bonté, ta sagesse, ta générosité, ton affection,

Pour ton sens de ce qui est juste et équitable,

Pour nous avoir toujours tenu la main,

Je t'aime à jamais,

Ta fille Imène

A ma famille

Pour le bonheur que j'ai eu à grandir et à vivre parmi vous.....

A ma chère mère, pour avoir guidé nos premiers pas, pour avoir toujours veillé sur nous, pour nous avoir toujours soutenus dans nos études, je t'adresse toute mon affection.

A mes frères **Faouzi, Fayçal, Nasry**, à mes sœurs **Nadia et Nacéra**, et à tous les merveilleux souvenirs que nous avons partagés depuis notre plus tendre enfance...

A mes belles sœurs **Véronique et Djamila**, en témoignage de mon affection.

A mes adorables neveux **Midou, Kamilou, Mahilou** et à ma jolie nièce **Azyadé**.

A **Bella, Fito, Cannelle, Zozo, Mazolie, Bibiche** et à tous les compagnons à quatre pattes qui ont tant égayé ma vie.

Résumé

Deux techniques d'induction de l'œstrus, basées sur une séparation temporaire mère-portée, ont été expérimentées chez des lapines de population locale algérienne. A J1 postpartum (pp), et après égalisation des portées (primipares : 6-7 lapereaux ; multipares : 7-8 lapereaux), 153 lapines de parité ≤ 4 , ont été réparties en 3 groupes identiques : Témoin (n=51), AC48 (n=51) et S48 (n=51). Dans le groupe Témoin, les lapines allaitent librement leur portée jusqu'au sevrage, fixé au 35^{ème} jour pp. Dans le groupe AC48 (Allaitement Contrôlé de 48 heures), l'accès à la boîte à nid est fermé entre J9 et J11 pp. A J10, les boîtes à nid sont ouvertes pour une durée de 30 minutes, afin de permettre aux femelles d'allaiter leur portée. Dans le groupe S48 (Séparation continue de 48 heures), les boîtes à nid sont fermées entre J9-J11 pp, et les lapines ne peuvent nourrir leur portée. En dehors de l'intervalle J9-J11 pp, les lapines AC48 et S48, allaitent librement leur portée jusqu'au sevrage. Les lapines sont soumises à un rythme de reproduction semi-intensif (J11-J14 PP), en saillie naturelle. Les paramètres analysés sont les taux de réceptivité sexuelle, de fertilité et la prolificité. Les portées sont dénombrées et pesées chaque semaine, de J1 à J35 pp. Des échantillons sanguins ont été collectés à J9 et J11 pp sur trente primipares (dix/groupe) afin de définir l'impact d'une modification de la fréquence de l'allaitement sur les taux d'œstradiol, de testostérone, de progestérone, de cortisol, ainsi que sur les paramètres métaboliques (glucose, triglycérides, cholestérol et protéines totales). La technique S48 a amélioré la réceptivité à J11 pp (+35,2%, $p < 0,01$) et la fertilité (+28,3%, $p < 0,05$). Le traitement AC48 a stimulé la réceptivité (+36,3%) et la fertilité (+40,5%) des multipares ($p < 0,05$), tandis qu'il n'a pas eu d'impact sur les performances reproductives des primipares. Chez les multipares, le poids individuel des lapereaux a été similaire dans les 3 groupes. Chez les primipares, le poids individuel des lapereaux sevrés a été plus élevé dans le groupe AC48 en comparaison des groupes Témoin et S48 (respectivement, 541,4g vs. 510,0g et 493,9 g, $p < 0,001$). Le traitement S48 a augmenté la mortalité des lapereaux entre J9-J35 chez les primipares et les multipares (primipares : 7,1%, 5,4% et 15,1% ; multipares : 3,3%, 1,2% et 12,7%, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48, $p < 0,01$). Les concentrations d'œstradiol et de testostérone ont augmenté entre J9 et J11 pp dans le groupe S48, en comparaison du groupe Témoin (respectivement +44,4% et +59,4%). Les concentrations sanguines de cortisol n'ont pas varié dans les 3 groupes expérimentaux (Témoin : -12,3% ; S48 : -14,4% ; AC48 : -24,8%). Les deux techniques de biostimulation n'ont pas modifié les taux sanguins de glucose, des protéines totales et de cholestérol. En revanche, le taux des triglycérides a marqué un pic dans le groupe S48 (116,1 vs. 10,9 et 12,4mg/dL, respectivement pour le groupe S48, Témoin et AC48, $p < 0,0001$). En conclusion, la séparation continue de 48 heures (S48) est une méthode efficace d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez les primipares et les multipares; elle a cependant pour principal inconvénient d'augmenter le taux de mortalité des lapereaux. L'allaitement contrôlé de 48h (AC48) a optimisé les performances de reproduction des lapines multipares, sans affecter la croissance des lapereaux. Cette technique est à recommander chez les multipares. Chez les primipares, l'allaitement contrôlé n'a pas permis d'augmenter la fertilité des primipares, mais a favorisé la croissance des lapereaux.

Mots clés : biostimulation, lapine, œstrus, population locale, reproduction.

Abstract

Two techniques of estrus induction, based on a temporary mother-litter separation, were experimented on an Algerian rabbit local population. A total of 153 does from different parity (≤ 4) and 34 adult bucks were used. On 1 day postpartum (ddp) and after litter equalization, (primiparous: 6-7 kits; multiparous: 7-8 kits) the does were divided into three identical groups: Control (n=51), AC48 (n=51) and S48 (n=51). In Control group the females always nurse freely their litter until the weaning, fixed on 35 ddp. In AC48 group, the nest-box was closed for 2x24h, from 9 to 11 ddp, but opened during 30 minutes on 10 ddp to allow the does to nurse their litter. In S48 group, the nest-box was closed for 48h, from 9 to 11 ddp, and the does were not able to nurse their kits. Except during the interval 9-11 ddp, AC48 and S48 does had free access to the nest-box. The does were naturally mated on 11-14 ddp. Sexual receptivity, fertility, and prolificacy were analyzed. Size and weight of current litter were recorded weekly from 1st to 35th ddp. Blood samples were collected on 9 and 11 ddp, from thirty primiparous does (ten/group) to define the impact of treatments on mean plasma estradiol, testosterone, progesterone and cortisol concentrations and on the metabolic parameters (glucose, triglycerides, cholesterol, total proteins). The S48 technique improves sexual receptivity on 11 ddp (87.2 vs. 52.0% in S48 and Control respectively, $p < 0.01$) and fertility (72.7% vs. 44.4%, in S48 and Control respectively, $p < 0.05$). The AC48 treatment improves receptivity (+36.3%) and fertility (+40.5%) in multiparous does ($p < 0.05$), but has no effect on reproductive performance on primiparous. In multiparous does, the biostimulation did not modify the weaning weight of rabbits. In primiparous, individual weaning weight was significantly heavier in AC48 group (541.4g vs. 510.0g and 493.9 g, in AC48, Control and S48 respectively, $p < 0.001$). Kit mortality was more important between 9-35 ddp in S48 group (primiparous : 7.1%, 5.4% and 15.1%; multiparous : 3.3%, 1.2% and 12.7% respectively for Control, AC48 and S48 respectively, $p < 0.01$). Between 9-11 ddp, S48 does had more estradiol (+44.4%) and testosterone plasma levels (+59.4%), in comparison to Control. Cortisol plasma levels did not vary in the three groups (Control: -12.3%; S48:-14.4%; AC48: -24.8%). Glucose, cholesterol and total protein plasma concentrations were not affected by AC48 and S48 treatments. On 11 ddp, triglycerides plasma level was significantly higher in S48 group (116.1 vs. 10.9 and 12.4mg/dL, for S48, Control and AC48 respectively, $p < 0.0001$). In summary, the S48 technique represents an efficient estrus induction and synchronization method in primiparous and multiparous does: however, this treatment affected negatively kits vitality. The AC48 technique improves reproductive performance in multiparous lactating does from local rabbit population, without negative effect on growing rabbits.

Key words: Biostimulation, Estrus induction, Rabbit local population, Reproduction.

ملخص

اثنين من التقنيات للشبق تحريض، استنادا إلى الفصل الأم القمامة مؤقت، وجربت على السكان المحليين أرنب الجزائري. ما مجموعه 153 لا من التكافؤ مختلفة (≥ 4) و 34 باكر الكبار استخدمت. في 1 يوم بعد الولادة (يدو) وبعد القمامة تكافؤ، (الخروسات: 6-7 مجموعات، متكررة الولادات: 7-8 مجموعات) قسمت إلى ثلاث مجموعات هل متطابقة: التحكم (ن = 51)، AC48 (ن = 51) و S48 (ن = 51). في مجموعة السيطرة على الإناث دائما ممرضة بحرية القمامة الخاصة بهم حتى الفطام، ثابتة على 35 يدو. في مجموعة AC48، تم إغلاق مربع عش ل242x ساعات، من 9 إلى 11 يدو، ولكن فتح خلال 30 دقيقة في 10 دي دي بي للسماح لللا لصغارها. في مجموعة S48، تم إغلاق مربع عش ل48 ساعات، من 9 إلى 11 النياية العامة، وكانت لا تتمكن من إرضاع مجموعات الخاصة بهم. ما عدا خلال الفترة 9-11 النياية العامة، AC48 و S48 لا كان الوصول المجاني إلى مربع العش. وهل تم تزواج طبيعي على 11-14 يدو. وقد تم تحليل التقبل الجنسي، والخصوبة. سجلت حجم ووزن القمامة الحالية أسبوعيا من 1 إلى يدو ال35.

تم جمع عينات الدم في 9 و 11 النياية العامة، من ثلاثين الخروسات لا (عشرة / مجموعة) لتحديد تأثير العلاج على تركيزات استراديول البلازما، التستوستيرون، هرمون البروجسترون والكورتيزول متوسط وعلى المعلمات الأيض (الجلوكوز، الدهون الثلاثية، الكوليسترول، البروتين الكلي). تقنية S48 يحسن التقبل الجنسي في 11 يدو (87.2 مقابل 52.0% في S48 والسيطرة على التوالي، $P < 0.01$) والخصوبة (72.7% مقابل 44.4%، في S48 والسيطرة على التوالي، $P < 0.05$).

علاج AC48 يحسن التقبل (+36.3%) والخصوبة (+40.5%) في متكررة الولادات يفعل ($P < 0.05$)، ولكن ليس له تأثير على الأداء التناسلي على الخروسات. في متكررة الولادات يفعل، فإن إزالة الوشم و الخضاب لا تعديل الوزن الفطام من الأرناب. في الخروسات، كان الأفراد الوزن الفطام أثقل بشكل ملحوظ في مجموعة AC48 (541.4 غ مقابل 493.9 غ 510.0 غ وز، في AC48، مراقبة و S48 على التوالي، $P < 0.001$). وكانت وفيات عدة أكثر أهمية بين 9-35 يدو في مجموعة S48 (الخروسات: 7.1%، 5.4% و 15.1%، متكررة الولادات: 3.3%، 1.2% و 12.7% على التوالي للسيطرة، AC48 و S48 على التوالي، $P < 0.01$). بين 9-11 النياية العامة، لا كان S48 المزيد من استراديول (+44.4%)، ومستويات هرمون تستوستيرون البلازما (+59.4%)، بالمقارنة مع التحكم. لم مستويات الكورتيزول البلازما لا تختلف في المجموعات الثلاث (التحكم: -12.3%، S48: -14.4%، AC48: -24.8%).

لم تتأثر الجلوكوز والكوليسترول والبروتين الكلي في البلازما تركيزات من العلاجات C48A و S48. في 11 النياية العامة، ومستوى الدهون الثلاثية في البلازما أعلى بكثير في مجموعة S48 (116.1 مقابل 10.9 و 12.4 مغ / ديسيلتر، لS48، مراقبة و AC48 على التوالي، $P < 0.0001$). وباختصار، فإن تقنية S48 تمثل لمحة تعريفية شبق وطريقة تزامن كفاءة في الخروسات ومتكررة الولادات يفعل: ولكن هذا العلاج أثر سلبي على مجموعات حيوية. تقنية AC48 يحسن الأداء التناسلي في المرضعات متكررة الولادات يفعل من السكان المحليين أرنب، دون تأثير سلبي على الأرناب المتنامية.

الكلمات الرئيسية: إزالة الوشم و الخضاب، شبق الاستقراء، الأرناب السكان المحليين، الاستنساخ

Sommaire

Sommaire.....	I
Liste des Figures.....	VI
Liste des Tableaux.....	IX
Liste des Abréviations et Symboles.....	XII
Introduction Générale.....	XV

1^{ère} Partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I. La réceptivité sexuelle chez la lapine.....1

1. Caractéristiques du comportement sexuel de la lapine	1
1.1. Composantes du comportement sexuel.....	1
1.1.1. Attractivité	1
1.1.2. Proceptivité.....	2
1.1.3. Réceptivité	2
1.2. Phases d'œstrus et de dioestrus.....	4
2. Contrôle du comportement sexuel de la lapine.....	5
2.1. Contrôle ovarien	5
2.1.1. La folliculogénèse.....	6
2.1.2. Relations entre réceptivité et folliculogénèse	9
2.2. Rôles des stéroïdes sexuels	9
2.2.1. Rôles des œstrogènes	9
2.2.2. Rôle de la progestérone.....	10
2.2.3. Rôle des androgènes.....	10
2.2.4. Persistance de l'œstrus après l'ablation des ovaires	12
2.2.5. Sites d'action des stéroïdes sexuels.....	12
2.3. Rôle de l'odorat dans le comportement sexuel.....	12
3. Physiologie de la phase post-coïtale	13
3.1. Réflexe neuroendocrinien de l'ovulation	13
3.2. Inhibition post-coïtale de la réceptivité sexuelle.....	16
4. Facteurs de variation de la réceptivité sexuelle.....	16
4.1. Impacts du stade reproductif	16
4.1.1. Comportement sexuel à la puberté	17
4.1.2. Réceptivité sexuelle durant la gestation.....	17
4.1.3. Réceptivité sexuelle durant la pseudo-gestation.....	18
4.1.4. Réceptivité sexuelle en période post-partum.....	19
4.2. Influence de la présence du mâle.....	23
4.3. Impact de l'état nutritionnel	24
4.4. Influence des saisons	25
5. Modifications morphologiques liées au cycle sexuel	27
5.1. Modifications des caractéristiques externes de la vulve	27
5.2. Modifications de l'épithélium vaginal	28

Chapitre II. Induction de l'œstrus chez la lapine domestique.....30

1. Les méthodes hormonales	30
----------------------------------	----

Sommaire

1.1 La gonadotropine chorionique équine (eCG)	30
1.2. La prostaglandine F2 alpha	33
2. Les méthodes non hormonales	35
2.1. La manipulation des animaux	35
2.1.1. Le regroupement des femelles	35
2.1.2. Le changement de cage	35
2.1.3. La proximité des mâles	36
2.2. La séparation transitoire mère-portée	37
2.2.1. Séparation transitoire sans allaitement contrôlé	37
2.2.2. Séparation transitoire avec allaitement contrôlé	42
2.2.3. Mécanismes physiologiques impliqués dans la séparation mère- portée	43
2.3. Les programmes lumineux	47
2.4. Les programmes alimentaires	51
Chapitre III. Performances de reproduction de la lapine locale.....	53
1. L'élevage cunicole en Algérie	53
1.1. Historique	53
1.2. Caractéristiques de l'élevage cunicole en Algérie	54
2. Morphologie générale des lapins de population locale.....	55
2.1. Couleur de la robe	55
2.2. Taille et poids	57
3. Caractéristiques zootechniques et reproductives	57
3.1. Puberté et maturité sexuelle	57
3.2. Réceptivité sexuelle	58
3.3. Fertilité et prolificité	58
3.4. Taux de mortinatalité et de mortalité naissance-sevrage	60
3.5. Productivité numérique	61
2^{ème} Partie : Étude expérimentale	
I. Lieu d'expérimentation	63
1. Bâtiment d'élevage et logement des animaux	63
1.1. Le bâtiment d'élevage	63
1.2. Logement des animaux.....	63
2. Aliments et boisson	65
2.1. Aliments.....	65
2.2. Eau de boisson.....	67
3. Traitement prophylactique et hygiène des lieux	67
II. Performances de reproduction en 1^{ère} portée.....	69
1. Matériel et méthodes	69
1.1. Animaux	69
1.2. Conduite de la reproduction.....	71
1.3. Paramètres enregistrés et modalités de calcul	72

Sommaire

1.4. Analyse statistique.....	74
2. Résultats	75
2.1. Performances de reproduction des nullipares	75
2.1.1. Réceptivité sexuelle	75
2.1.2. Fertilité	77
2.1.3. Prolificité	78
2.2. Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et les performance reproductives	80
2.2.1. Caractéristiques vulvaires et comportement sexuel	80
2.2.2. Caractéristiques vulvaires et fertilité	81
2.3. Durée de la gestation.....	82
2.4. Comportement maternel en période péripartum	84
2.5. Taux de réforme et pathologie	88
3. Discussion	88
3.1. Performances reproductives en 1 ^{ère} portée	88
3.2. Aspects de la vulve : des indicateurs fiables de réceptivité et de fertilité.....	93
3.3. Durée de gestation des nullipares	93
II. Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et le comportement sexuel chez la lapine allaitante	95
1. Matériel et méthodes	96
1.1. Animaux et protocole expérimental.....	96
1.2. Analyse statistique.....	96
2. Résultats	97
2.1. Répartition des différents types de vulve.....	97
2.2. Taux de réceptivité et caractéristiques vulvaires	98
3. Discussion	100
III. Evolution de la réceptivité sexuelle, de l'oestradiol et de la progestérone plasmatique en période postpartum	103
1. Matériel et méthodes	104
1.1. Animaux et conduite expérimentale	104
1.2. Modalités de mesure	104
1.3. Collecte de sang et dosage des hormones	105
1.4. Analyse statistique.....	105
2. Résultats.....	106
2.1. Evolution de la réceptivité sexuelle de J0 à J44 postpartum	106
2.2. Impact de la taille de portée allaitée	111
2.3. Cinétique des hormones sexuelles en période postpartum	112
3. Discussion	115
3.1. Evolution de la réceptivité en postpartum	115
3.2. Impact de la taille de portée allaitée	117
3.3. Evolution de l'oestradiolémie en période postpartum	118
3.4. Evolution de la progestéronémie en période postpartum.	119
3.5. Relations entre la morphologie externe de la vulve et les concentrations plasmatiques des hormones sexuelles.	119

IV. Effets de la séparation mère-portée sur les performances de reproduction des lapines locales 121

1. Matériel et méthodes	121
1.1. Animaux et conduite expérimentale	122
1.2. Analyse statistique.....	125
2. Résultats	128
2.1. Effets de la séparation mère-portée sur la réceptivité sexuelle.....	128
2.2. Effets de la séparation mère-portée sur la fertilité et la prolificité.....	134
2.3. Impacts de la parité sur les performances de reproduction	136
2.4. Effet essai.....	138
2.5. Evolution du pods corporel des lapines en période postpartum	138
3. Discussion	140
3.1. Réceptivité sexuelle.....	140
3.2. Caractéristiques externes de la vulve à J11 postpartum	142
3.3. Fertilité	143
3.4. Poids des lapines allaitantes.....	144
3.5. Prolificité, mortinatalité et productivité.....	145

V. Effets de la séparation mère-portée sur la croissance des lapereaux..... 148

1. Matériel et méthodes	148
1.1. Animaux et conduite expérimentale	148
1.2. Analyse statistique.....	149
2. Résultats	150
2.1. Résultats chez les primipares	150
2.2. Résultats chez les multipares	158
3. Discussion	162
3.1. Taille de portée allaitée	162
3.2. Poids des lapereaux allaités.....	165
3.3. Gain moyen quotidien des lapereaux.....	166
3.4. Quantité de lait ingéré et comportement maternel à J11 postpartum.....	166
3.5. Production laitière.....	167

VI. Impacts des techniques de séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes et les paramètres métaboliques..... 169

1. Matériel et méthodes	169
1.1. Contention des lapines et prélèvements sanguins.....	170
1.2. Analyses hormonales.....	171
1.2. Analyse des paramètres métaboliques sanguins.....	171
1.2. Analyse statistique.....	171
2. Résultats	172
2.1. Effets sur le taux plasmatique des hormones stéroïdes.....	172
2.2. Effets sur les paramètres métaboliques sanguins	177
3. Discussion	180
3.1. Effets des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique d'oestradiol	180
3.2. Effets des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique de testostérone	181
3.3. Effets des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique de progestérone.	182
3.4. Effets des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique de cortisol	183

Sommaire

3.5. Effets des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique de glucose.....	183
3.6. Effets des techniques de biostimulation sur le taux des triglycérides et du cholestérol	184
3.7. Effets des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique des protéines totales	185
VII. Discussion Générale	186
1. Aspects méthodologiques	186
1.1. Les animaux	186
1.2. La gestion de la reproduction	189
1.2. L'égalisation des portées	189
1.2. Les techniques de biostimulation testées	189
2. Effets des techniques de biostimulation	190
2.1. La technique S48.....	191
2.2. La technique AC48.....	192
Conclusion Générale	200
Liste des références bibliographiques	203
Annexes.....	222

Liste des Figures

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : La réceptivité sexuelle chez la lapine domestique

Figure 1.1.	A : Accouplement de lapins ; B : Position de lordose chez la lapine.....	3
Figure 1.2.	Organisation neurale de la lordose.....	3
Figure 1.3.	Réceptivité et acceptation du mâle chez les lapines pubères nullipares.....	5
Figure 1.4.	Principales étapes de développement d'un follicule ovarien.....	7
Figure 1.5.	Différents types de follicules dans l'ovaire de lapine.....	8
Figure 1.6.	Biosynthèse des stéroïdes sexuels.....	11
Figure 1.7.	Le réflexe neuroendocrinien d'ovulation.....	15
Figure 1.8.	Taux d'acceptation du mâle chez la lapine gestante.....	18
Figure 1.9.	Cinétique de la réceptivité chez la lapine après la 1 ^{ère} mise-bas.....	20
Figure 1.10.	Comportement maternel et taille de portée allaitée.....	23
Figure 1.11.	Impacts de la nutrition sur la fonction de reproduction.....	25
Figure 1.12.	Impact de la température ambiante sur l'ingestion alimentaire des lapines.....	26
Figure 1.13.	Aspect externe de la vulve chez la lapine de population locale.....	27

Chapitre II : Induction de l'œstrus chez la lapine

Figure 2.1.	Ovaires de lapine après injection de 10 mg de FSH (A) ou de 20 UI/Kg d'eCG (B)...	32
Figure 2.2.	Mécanismes d'action lutéolytique de la PGF2 α chez la lapine au 9 ^{ème} jour de la pseudogestation.....	34
Figure 2.3.	Protocole d'une biostimulation par séparation mère-portée de 48 heures en rythme de reproduction semi-intensif (IA à J11PP).....	37
Figure 2.4.	Effet d'une séparation mère-portée de 48 heures sur la sécrétion d'œstradiol chez la lapine.....	45
Figure 2.5.	Evolution de la prolactine plasmatique après une séparation mère-portée de 48 heures chez la lapine multipare.....	45
Figure 2.6.	Influence d'une séparation mère-portée de 48 heures sur la réponse au stress à l'âge adulte.....	46
Figure 2.7.	Evolution du taux plasmatique d'insuline (A) et de leptine (B) chez les lapereaux en période postpartum.....	47
Figure 2.8.	Evolution du comportement sexuel en fonction du programme lumineux.....	48
Figure 2.9.	Représentation schématique de l'influence du photopériodisme sur la reproduction.....	49
Figure 2.10.	Schéma représentant les relations entre le photopériodisme et la fonction de reproduction.....	50

Chapitre III : Performances de reproduction de la lapine de population locale

Figure 3.1.	Différents phénotypes du lapin de population locale algérienne.....	56
--------------------	---	-----------

Deuxième Partie : Etude Expérimentale

Lieu d'expérimentation

Figure 4.1.	Le bâtiment d'élevage.....	64
Figure 4.2.	Logement des lapines reproductrices et boîte à nid.....	65
Figure 4.3.	Aliment commercial à base de granulés.....	66

Expérimentation n°1 : Evaluation de la réceptivité sexuelle et des performances de reproduction des lapines nullipares de population locale

Figure 5.1.	Répartition selon le lieu de naissance de l'effectif femelle.....	71
Figure 5.2.	Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et la réceptivité et fertilité chez les lapines nullipares locales.....	82
Figure 5.3.	Durée moyenne de la gestation chez la lapine nullipare locale.....	83
Figure 5.4.	Impact du nombre des nés totaux sur la durée moyenne de la gestation chez la lapine nullipare locale.....	83
Figure 5.5.	Zones de dépilation chez la lapine gestante.....	85
Figure 5.6.	Confection du nid chez la lapine locale.....	86
Figure 5.7.	Impact de la qualité du nid sur la mortalité chez la lapine en première portée....	87

Expérimentation n° 2 : Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et le comportement sexuel chez la lapine allaitante

Figure 6.1.	Aspect de la vulve chez les lapines réceptives et non réceptives.....	97
Figure 6.2.	Impact de la turgescence vulvaire sur le comportement sexuel.....	99
Figure 6.3.	Aspects de la vulve chez la lapine de population locale Algérienne ; A : rouge turgescence ; B : blanche turgescence ; C : blanche non turgescence ; D : rose turgescence.....	100

Expérimentation n°3 : Evolution de la réceptivité sexuelle, de l'œstradiol et de la progestérone plasmatique en période postpartum

Figure 7.1.	Types de vulve observés chez la primipare allaitante durant la phase postpartum..	106
Figure 7.2.	Evolution de la réceptivité sexuelle moyenne dans la phase postpartum chez la lapine primipare et allaitante.....	107
Figure 7.3.	Variation individuelle de la réceptivité sexuelle en période postpartum chez la primipare allaitante non-gestante.....	109
Figure 7.4.	Evolution du taux de lapines à faible réceptivité sexuelle en période postpartum..	110
Figure 7.5.	Impact de la taille de portée allaitée sur le taux de réceptivité chez la lapine primipare non gestante.....	111
Figure 7.6.	Impact de la taille de la portée sur la réceptivité sexuelle durant la lactation et après le sevrage.....	112

Liste des Figures

Figure 7.7.	Effet de la taille de portée allaitée sur l'évolution de la concentration plasmatique d'oestradiol en début de la lactation chez la lapine primipare.....	113
Figure 7.8.	Evolution de la concentration plasmatique de progestérone en début de lactation chez la lapine primipare.....	114
Figure 7.9.	Pourcentage de lapines ayant une concentration plasmatique de P4 > 1ng/mL.....	115

Expérimentation n° 4 : Effets de la séparation mère-portée sur la réceptivité sexuelle et la fertilité des lapines de population locale

Figure 8.1.	Lapine et ses lapereaux à J9 postpartum, immédiatement après la fermeture de l'entrée de la boîte à nid.....	124
Figure 8.2.	Insertion d'une plaque en contre-plaqué entre la cage maternelle et la boîte à nid, lors de la séparation mère-portée.....	124
Figure 8.3.	Schéma du protocole expérimental.....	126
Figure 8.4.	Paramètres collectés dans chaque groupe expérimental.....	127
Figure 8.5.	Caractéristiques externes de la vulve chez les lapines allaitantes à J11 postpartum.....	131
Figure 8.6.	Répartition des vulves rouge ou rose turgescents et des vulves blanches chez les primipares allaitantes à J11 postpartum.....	132
Figure 8.7.	Répartition des vulves rougeâtres turgescents et des vulves blanches chez les multipares allaitantes à J11 postpartum.....	133
Figure 8.8.	Evolution du poids corporel des lapines primipares au cours de la lactation.....	139

Expérimentation n° 5 : Effets de la biostimulation sur la croissance des lapereaux

Figure 9.1.	Evolution du poids de la portée allaitée chez les primipares.....	152
Figure 9.2.	Evolution du poids individuel des lapereaux avant le sevrage.....	152
Figure 9.3.	Taux de mortalité des lapereaux chez les primipares.....	156

Expérimentation n°6 : Impacts des techniques de séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes et les paramètres métaboliques

Figure 10.1.	Prélèvements de sang veineux chez la lapine.....	170
Figure 10.2.	Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques d'oestradiol chez la lapine primipare allaitante.....	173
Figure 10.3.	Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques de testostérone chez la lapine primipare allaitante.....	174
Figure 10.4.	Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques de progestérone chez la lapine primipare allaitante.....	175
Figure 10.5.	Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques de cortisol chez la lapine primipare allaitante.....	175
Figure 10.6.	Taux de variation des hormones stéroïdes entre J9 et J11 PP.....	176
Figure 10.7.	Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique de glucose.....	178
Figure 10.8.	Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique des triglycérides.....	179
Figure 10.9.	Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique du cholestérol.....	179
Figure 10.10.	Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique des protéines totales.....	180

Partie Bibliographique

Tableau 1.1.	Effet de l'âge à la première saillie sur le taux de fertilité chez la lapine.....	17
Tableau 2.1.	Effet d'une séparation mère-portée de 24 h avant l'insémination artificielle chez la lapine.....	39
Tableau 3.1.	Taux de réceptivité sexuelle chez la lapine domestique allaitante.....	58
Tableau 3.2.	Impact de la parité et du stade physiologique sur la prolificité chez la lapine de population locale algérienne.....	59

Partie Expérimentale

Lieu d'expérimentation

Tableau 4.1.	Composition moyenne de l'aliment distribué aux lapins.....	66
Tableau 4.2.	Composition au Kg du CMV.....	67

Expérimentation n°1 : Evaluation de la réceptivité sexuelle et des performances de reproduction des lapines nullipares de population locale

Tableau 5.1.	Phénotype de l'effectif femelle.....	70
Tableau 5.2.	Taux de réceptivité sexuelle des lapines nullipares.....	76
Tableau 5.3.	Comportement sexuel des nullipares réceptives vis à vis des mâles.....	77
Tableau 5.4.	Fertilité des lapines locales en 1 ^{ère} portée.....	78
Tableau 5.5.	Performances de reproduction des lapines locales en 1 ^{ère} portée.....	79
Tableau 5.6.	Impact du poids corporel des nullipares à la saillie sur la prolificité.....	80
Tableau 5.7.	Effet de la saison sur la prolificité des nullipares.....	80
Tableau 5.8.	Relations entre les caractéristiques de la vulve lors de la saillie fécondante et la prolificité chez les nullipares	82
Tableau 5.9.	Comportement maternel des lapines locales en première portée.....	87

Expérimentation n° 2 : Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et le comportement sexuel chez la lapine allaitante

Tableau 6.1.	Répartition des différents types de vulves entre J11 et J14 postpartum chez la lapine allaitante.....	98
Tableau 6.2.	Taux d'acceptation de la saillie selon les caractéristiques externes de la vulve chez la lapine de population locale.....	99

Liste des Tableaux

Expérimentation n°3 : Evolution de la réceptivité sexuelle, de l'œstradiol et de la progestérone plasmatique en période postpartum

Tableau 7.1.	Taux de réceptivité sexuelle dans la phase postpartum chez la lapine primipare allaitante.....	108
Tableau 7.2.	Concentrations plasmatiques moyennes d'œstradiol et de progestérone en fonction des caractéristiques vulvaires chez la lapine primipare allaitante (J0-J12 postpartum).....	114

Expérimentation n° 4 : Effets de la séparation mère-portée sur la réceptivité sexuelle et la fertilité des lapines de population locale

Tableau 8.1.	Effet des méthodes de biostimulation sur la réceptivité sexuelle chez les lapines allaitantes de parité ≤ 4	128
Tableau 8.2.	Effet des méthodes de biostimulation sur la réceptivité sexuelle chez la lapine primipare allaitante.....	129
Tableau 8.3.	Effet des techniques de biostimulation sur la réceptivité sexuelle des lapines multipares allaitantes.....	129
Tableau 8.4.	Caractéristiques externes des vulves des primipares allaitantes à J11PP.....	132
Tableau 8.5.	Caractéristiques externes des vulves des multipares allaitantes à J11PP.....	133
Tableau 8.6.	Effet des méthodes de biostimulation sur la fertilité des lapines allaitantes de parité ≤ 4	134
Tableau 8.7.	Effets des techniques de biostimulation sur les performances de reproduction chez la lapine primipare.....	135
Tableau 8.8.	Effet des techniques de biostimulation sur les performances de reproduction chez la lapine multipare.....	135
Tableau 8.9.	Impact de la parité sur la reproduction des lapines allaitantes locales.....	137
Tableau 8.10.	Effet essai sur la réceptivité sexuelle et les performances de reproduction des lapines allaitantes.....	138
Tableau 8.11.	Poids corporel des lapines multipares au cours de la lactation.....	140

Expérimentation n° 5 : Effets de la biostimulation sur la croissance des lapereaux

Tableau 9.1.	Impacts des méthodes de biostimulation sur les portées des primipares.....	151
Tableau 9.2.	Poids au sevrage des lapereaux mâles et femelles (g).....	153
Tableau 9.3.	Effet de la biostimulation sur la mortalité des lapereaux avant sevrage chez les primipares.....	155
Tableau 9.4.	Effet de la biostimulation sur la production laitière des primipares.....	157
Tableau 9.5.	Effet de l'essai sur le poids des lapereaux au sevrage (primipares).....	158
Tableau 9.6.	Effet de la biostimulation sur les caractéristiques de la portée avant sevrage	

Liste des Tableaux

	chez les lapines multipares.....	159
Tableau 9.7.	Effet de la biostimulation sur le gain moyen quotidien des lapereaux chez les multipares.....	160
Tableau 9.8.	Production laitière et durée de la tétée à J11 postpartum chez les multipares...	161
Tableau 9.9.	Effet de la biostimulation sur la production laitière des multipares.....	162

Expérimentation n°6 : Impacts des techniques de séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes et les paramètres métaboliques

Tableau 10.1.	Estradiol, Testostérone, Progestérone et Cortisol plasmatique chez la lapine primipare allaitante.....	172
Tableau 10.2.	Effets de la biostimulation sur les paramètres métaboliques des lapines primipares.....	177

Discussion générale

Tableau 11.1.	Performances zootechniques de la lapine de population locale algérienne : caractéristiques de la portée à la naissance.....	187
Tableau 11.2.	Performances zootechniques de la lapine de population locale algérienne : caractéristiques de la portée au sevrage	187
Tableau 11.3.	Effets d'une séparation mère-portée de 36-48 h avant insémination chez la lapine primipare	194
Tableau 11.4.	Effets d'une séparation mère-portée de 36-48 h avant insémination chez la lapine multipare	195
Tableau 11.5.	Effets d'une séparation mère-portée de 36-48 h avant insémination chez les lapines primipares et multipares.....	196
Tableau 11.6.	Effets de l'allaitement contrôlé chez la lapine inséminée à J11 postpartum.....	197
Tableau 11.7.	Effet de la séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes sexuelles chez la lapine de population locale.....	198
Tableau 11.8.	Effet de la séparation mère-portée sur les paramètres métaboliques chez la lapine de population locale.....	199

Symboles

°c : degré celsius

< : Inférieur

% : Pourcentage

> : Supérieur

A

a.m. : avant midi

AC48 : Allaitement contrôlé de 48 heures

AGNE : Acides gras non estérifiés

C

cm : Centimètre

CORT : Cortisol

E

E2 : 17- β œstradiol

eCG : Gonadotropine Chorionique équine

ENSV : École Nationale Supérieure Vétérinaire

ESM : Erreur standard de la moyenne

F

F.A.O. : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FSH: Follicle Stimulating Hormone

G

GH : Hormone de croissance (Growth Hormone)

GMQ : Gain moyen quotidien

GnRH : Gonadotrope Releasing Hormone

Liste des Abréviations et Symboles

H

h : Heure

I

IA: Insémination artificielle

IGF1 : Insuline-like-Growth Factor 1

IP : Indice de productivité

IRRG : International Rabbit Reproduction Group

ITELV : Institut Technique des Elevages

ITMAS : Institut Technologique Moyen Agricole Spécialisé

I¹²⁵ : Iode radioactif

J

J ou j : Jour

K

Kg : Kilogramme

L

LH : Luteinizing Hormone

M

μL : Microlitre

μm : Micromètre

mL : Millilitre

mn : Minute

N

Nb (ou n) : Nombre

ng : Nanogramme

NO : Monoxyde d'azote

NS ou Ns: Non significatif

NZB : Néo-Zélandaise Blanche

Liste des Abréviations et Symboles

P

P : Probabilité

P4 : Progestérone

pg : Picogramme

PMSG : Pregnant Mare Serum Gonadotropin

PP : Postpartum

R

RIA : Radio Immunology Assay (Analyse par radio-immunologie)

S

S48 : Séparation mère-portée de 48 heures avant la saillie

T

T : Testostérone

V

V.I.P. : Vaso-Intestinal Peptide

vs. : Versus

Introduction Générale

La maîtrise de la reproduction des animaux domestiques a contribué à améliorer la productivité et la gestion des élevages. Elle a permis d'offrir de nombreux avantages dont ceux de choisir les périodes de reproduction, de réduire les périodes improductives, d'optimiser la taille de portée, et d'accélérer le progrès génétique (Chemineau et *al.*, 2001). En France, la production cunicole a ainsi connu un essor indéniable depuis l'introduction de l'insémination artificielle associée à une synchronisation des chaleurs (Azard, 2006). Ces biotechnologies ont favorisé la mise en place d'un système de gestion dit en bande unique, permettant de regrouper les différentes étapes d'un élevage (saillies des lapines, mise-bas, sevrage, engraissement, vente...). En Algérie, le contrôle des cycles sexuels et l'utilisation des biotechnologies restent relativement peu exploités et sont principalement confinés aux élevages bovins et ovins, tandis que la cuniculture n'a pas encore intégré l'insémination artificielle et les techniques de maîtrise des chaleurs.

L'élevage rationnel cunicole est d'apparition récente en Algérie (Berchiche et *al.*, 2012). Sa stratégie de développement, mise en place dans les années 90, s'est basée sur l'exploitation de la population locale de lapins domestiques. Ce choix a été motivé, en partie, par la rusticité du lapin local et sa bonne adaptation aux conditions climatiques du pays (Zerrouki et *al.*, 2005c). En parallèle, divers programmes de recherche scientifique, ayant pour objectifs de caractériser et de valoriser le lapin local ont été initiés. Nous recensons ainsi, depuis deux décennies, une multitude de travaux consacrés aux performances zootechniques du lapin local. Ces travaux ont principalement ciblé la physiologie des femelles (Berchiche et Kadi, 2002 ; Remas et Hadj-Bekkouche, 2005 ; Zerrouki et *al.*, 2005a ; Saidj, 2005, Othmani-Mecif et Benazzoug, 2005 ; Belabbas 2010, Fellous et *al.*, 2012) et celle des lapereaux en croissance (Zerrouki et *al.*, 2005b ; Benali et *al.*, 2011 ; Abdelli-Larbi et *al.*, 2014), tandis que les recherches spécifiques au mâle demeurent encore minoritaires (Boulbina, 2011 ; Nabi, 2012 ; Cherfaoui et *al.*, 2013).

La lapine locale se caractérise par une fertilité satisfaisante, de l'ordre de 87% (Saidj, 2005), mais une prolificité modeste ; la taille des nés totaux est ainsi

comprise entre 7,1 et 7,5 (Berchiche et Kadi, 2002; Zerrouki et *al.*, 2005c ; Saidj 2005 ; Moulla et *al.*, 2005). Le nombre moyen de lapereaux sevrés par portée est également faible, de l'ordre de 5,5- 5,6 (Berchiche et Kadi, 2002; Moulla et *al.*, 2005). En comparaison, la lapine Néozélandaise Blanche a une prolificité moyenne à la naissance et au sevrage équivalente respectivement à 9,4 et 6,7 lapereaux par mise-bas (Ouyed et Maignel, 2010).

Si la majorité des études menées sur la lapine locale ont permis de définir les principaux paramètres reproductifs, (fertilité, prolificité, productivité), en revanche, très peu de travaux ont traité sur la réceptivité sexuelle de la lapine locale (Zerrouki et *al.*, 2005a ; Boumahdi, 2012). A notre connaissance, aucune recherche n'a encore analysé l'évolution de la réceptivité en période postpartum.

La réceptivité sexuelle est un paramètre clé en reproduction cunicole. En insémination artificielle, les femelles réceptives ont de meilleures performances reproductives en comparaison des non réceptives (Theau-Clément et Roustan, 1992). La réceptivité sexuelle est influencée par divers facteurs liés à la lapine (statut énergétique), au stade physiologique (allaitante ou non) et à l'environnement (saison). Ainsi, les lapines allaitantes ont une réceptivité plus faible que les non-allaitantes (Rodriguez et *al.*, 1989). L'antagonisme partiel entre les fonctions de reproduction et de lactation a conduit à la mise en place de programmes d'induction de l'œstrus. Ces programmes sont essentiellement basés sur des méthodes hormonales : l'emploi de la Gonadotropine Chorionique équine (eCG ou PMSG) constitue, à ce jour, la méthode la plus répandue dans les élevages intensifs cunicoles européens.

L'utilisation d'hormones présente néanmoins l'inconvénient d'être onéreuse et astreignante. Elle peut également susciter une certaine appréhension chez le consommateur qui est en attente d'une viande totalement saine. Afin de répondre aux exigences des consommateurs, à celles de la protection de l'environnement et du bien-être animal, le recours aux hormones exogènes sera probablement limité dans l'avenir (Chemineau et *al.*, 2001). Le groupe international de la reproduction cunicole (IRRG) a ainsi souhaité développer des méthodes alternatives à l'emploi d'hormones exogènes ; ces méthodes sont regroupées sous le terme de « biostimulation » (Boiti, 1998), car elles se basent sur les réactions physiologiques de la lapine en réponses à divers stimuli.

Elles sont généralement appliquées quelques heures avant l'insémination (24 à 48 heures) (Theau-Clément, 2005a).

Les méthodes de biostimulation ont donné, pour certains auteurs, des résultats satisfaisants. Elles ont l'avantage d'avoir un coût réduit, d'être facile à appliquer, et compatibles avec la conduite en bande des lapines. Les techniques expérimentées dans les élevages européens englobent les traitements lumineux, la manipulation des animaux, les programmes alimentaires ou encore la séparation transitoire mère-portée (Theau-Clément, 2005a). Cette dernière a donné les résultats des plus prometteurs (Castellini et *al.*, 2010). La majorité des travaux décrivent une augmentation sensible de la réceptivité (+20% à +35%), et de la fertilité (+15% à +42%) des lapines séparées transitoirement de leur portée.

En conséquence, et dans l'objectif de contribuer à l'amélioration des performances reproductives de la lapine allaitante de population locale, nous avons choisi de tester différentes modalités de séparation mère-portée.

Objectifs de la recherche

Le premier objectif fixé est l'étude de la physiologie reproductive de la lapine de population locale ; la réceptivité sexuelle sera le principal paramètre ciblé. Nous caractériserons ainsi le comportement sexuel de la nullipare, ainsi que l'évolution de la réceptivité en période postpartum afin de définir le moment optimal pour la saillie. Nous étudierons la morphologie externe de la vulve et sa relation avec l'état de réceptivité de la femelle dans le but d'identifier un élément prédicteur de l'état d'œstrus chez la lapine locale.

Le second objectif fixé consistera à évaluer l'influence de la biostimulation, et plus précisément des techniques de séparation mère-portée, sur la réceptivité, la fertilité et la prolificité de la lapine. L'impact de ces techniques sur la croissance avant sevrage des lapereaux sera également traité. Enfin, nous analyserons les effets de la biostimulation sur les hormones stéroïdes et les paramètres métaboliques de la femelle.

Notre mémoire de thèse s'organise en deux parties distinctes.

La première partie expose une synthèse des données bibliographiques sur la réceptivité sexuelle de la lapine ainsi que sur les méthodes d'induction et de synchronisation de l'œstrus. Un chapitre est également consacré à la lapine de population locale algérienne, à sa physiologie reproductive et à ses performances zootechniques.

La seconde partie est dédiée à nos travaux de recherche. Elle s'articule en six chapitres, qui exposeront chacun le protocole, les résultats et la discussion d'une expérimentation :

- **Expérimentation n°1**: Performances de reproduction en 1^{ère} portée chez la lapine de population locale.
- **Expérimentation n°2**: Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et le comportement sexuel chez la lapine allaitante.
- **Expérimentation n°3**: Evolution de la réceptivité sexuelle, de l'œstradiol et de la progestérone plasmatique en période postpartum.
- **Expérimentation n°4**: Effets de la séparation mère-portée sur les performances de reproduction des lapines locales.
- **Expérimentation n°5**: Effets de la séparation mère-portée sur la croissance des lapereaux.
- **Expérimentation n°6**: Impacts des techniques de séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes (17- β œstradiol, testostérone, progestérone et cortisol) et les paramètres métaboliques des lapines (glucose, triglycérides, cholestérol et protéines totales).

Cette seconde partie se conclura par une discussion générale sur la méthodologie adoptée et les résultats obtenus, ainsi que par l'énoncé de diverses recommandations liées à l'élevage cunicole.

1^{ère} Partie

Synthèse bibliographique

La réceptivité sexuelle chez la lapine

Introduction

Le succès de la reproduction dépend de la synchronisation parfaite entre un comportement favorisant l'accouplement et la production de gamètes fécondables. Ce comportement, appelé comportement sexuel, regroupe l'ensemble des actes moteurs, décrits chez le mâle et la femelle, et qui sont associés à l'accouplement (Balthazart et Fabre-Nys, 2001). Chez la femelle, il est, en général, limité dans le temps à la période précédant ou entourant l'ovulation et résulte, chez de nombreuses espèces dont la lapine, de l'augmentation des œstrogènes d'origine ovarienne.

1. Caractéristiques du comportement sexuel de la lapine

Chez la majorité des femelles mammifères, l'expression de l'œstrus survient à un moment particulier du cycle reproductif, celui où les probabilités d'une fécondation sont les plus élevées.

1.1. Composantes du comportement sexuel

Beach (1976) identifie, chez les femelles des mammifères, trois composantes du comportement sexuel : l'attractivité, la proceptivité et la réceptivité.

1.1.1. Attractivité

L'attractivité est l'ensemble des signaux qui orientent le mâle vers la femelle ou, plus simplement, se définit comme étant l'attirance du mâle pour la femelle. Elle englobe toutes les caractéristiques de la femelle qui permettent au mâle de l'identifier comme étant réceptive telles que l'aspect de la vulve ou l'émission de phéromones. Chez la lapine, l'attractivité mettrait essentiellement en jeu les phéromones (Mc Nitt, 1992). Les modifications de la morphologie et de la couleur vulvaire décrites chez la lapine ne semblent pas constituer un élément d'attractivité (Beyer et *al.*, 2007).

1.1.2. Proceptivité

La proceptivité qualifie la recherche active du mâle par la femelle. Elle inclut l'ensemble des comportements destinés au mâle et qui ont pour effet d'établir ou de maintenir une interaction sexuelle. La lapine marque différents objets avec les sécrétions des glandes mentonnières (Hoffman et Gonzalez-Mariscal, 2006) ; ce comportement tend à disparaître dès qu'un mâle est disponible. Le marquage mentonnier est fortement corrélé à l'état d'œstrus (Hudson et Vodermyer, 1992), et est en revanche, inhibé durant la gestation (Hoffman et Gonzalez-Mariscal, 2006). La proceptivité est également marquée par une augmentation de l'activité motrice de la femelle. La lapine tourne autour du mâle, soulève et agite la queue latéralement (Hoffman et Gonzalez-Mariscal, 2006 ; Beyer et *al.*, 2007).

1.1.3. Réceptivité

La réceptivité est l'état de la femelle qui accepte l'accouplement. C'est le principal indicateur de l'œstrus chez la lapine. En présence du mâle, la lapine réceptive s'immobilise (Figure 1.1). Au moment du chevauchement, le mâle effectue des mouvements pelviens à une fréquence de 13 mouvements par seconde et d'une durée de 1 à 2 secondes. Ce comportement sexuel typique du mâle stimule la femelle, qui adopte alors une position particulière, appelée lordose et caractérisée par la courbure convexe de son arrière train (Beyer et Mc Donald, 1973). La femelle, repose sur le ventre, relève légèrement l'arrière train et soulève la queue. La lordose facilite l'intromission du pénis. La lordose est un réflexe moteur inné inhibé par l'hypothalamus. En période d'œstrus, les œstrogènes lèvent cette inhibition. Lorsque le mâle monte la femelle, les stimuli tactiles sur les flancs et la croupe déclenchent la contraction réflexe des muscles, ce qui provoque la courbure de la colonne vertébrale (Figure 1.2 ; Shober et Pfaff, 2007). Une femelle réceptive accepte généralement le chevauchement dans les 3 à 5 minutes suivant son introduction dans la cage du mâle. Lorsque l'accouplement a réussi, le mâle tombe sur le côté, en émettant parfois un cri. La lapine non-réceptive s'enfuit à l'approche du mâle, reste blottie dans un angle de la cage ou manifeste de l'agressivité à son encontre (Pacs et Szabó, 1990; Lebas et *al.*, 1996).

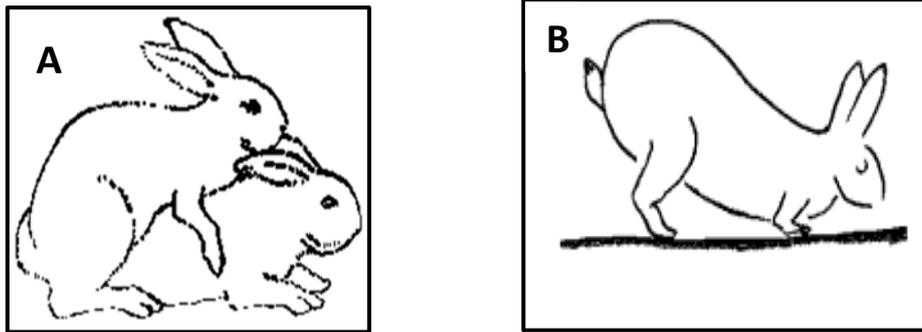


Figure 1.1. A : Accouplement de lapins (F.A.O., 1988) ;
 B : Position de lordose chez la lapine (Lebas, 2014)

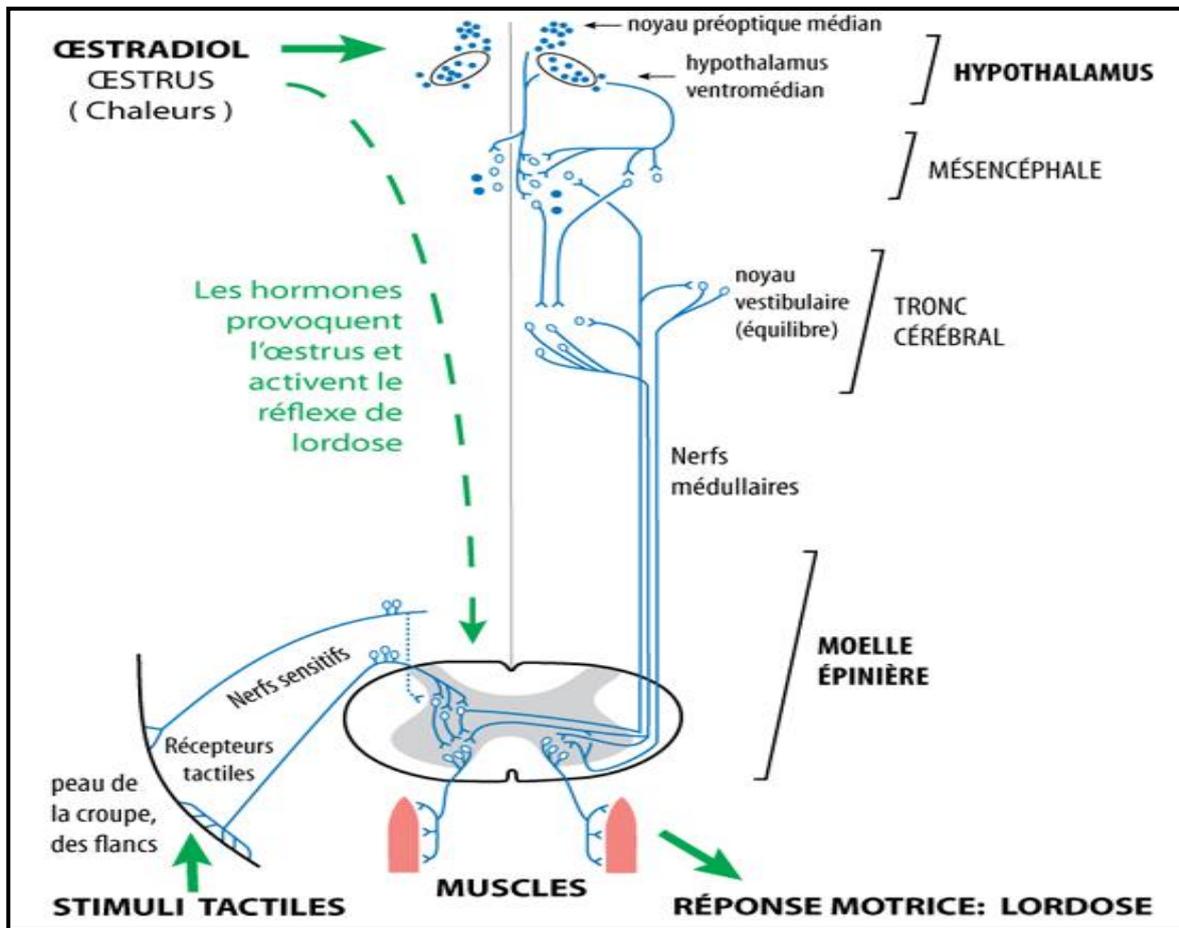


Figure 1.2. Organisation neurale de la lordose (d'après Shober et Pfaff, 2007)

Certaines lapines expriment leur état de réceptivité en chevauchant les mâles ou d'autres femelles. Le pourcentage de femelles dont le comportement sexuel s'accompagne de cette attitude pseudo-mâle est estimé à 29 % chez les lapines Néozélandaises Blanches (NZB). Le chevauchement ne constitue pas un indice de réceptivité, car seul 64% des femelles qui montrent ce comportement se sont révélées réceptives en présence des mâles (Yashine et *al.*, 1967). Chez des lapines placées par couple dans une même cage, seule la femelle dominante exprime ce type de comportement (Staples, 1967). Dans ces conditions, les lapines dominées en œstrus peuvent ovuler et enclencher une pseudo-gestation. Le comportement de monte est, en partie, lié à la race ; les lapines de la race Californienne manifestent plus fréquemment l'activité de monte que celles de la race NZB (respectivement 75% vs. 25 %) (Yashine et *al.*, 1966). Le rôle du chevauchement chez la lapine n'est pas connu. Lorsque ce comportement est pratiqué par une femelle vis-à-vis d'une autre femelle, il aurait pour objectif d'attirer les mâles (Katz, 2007). Chez la chèvre, ce type de comportement stimule les performances sexuelles des mâles et constitue un facteur de proceptivité (Shearer et Katz, 2006). La réceptivité sexuelle de la lapine peut être évaluée en observant le comportement de la femelle en présence d'un mâle vasectomisé (IRRG, 2005). Les femelles réceptives s'immobilisent, se mettent en lordose et acceptent l'accouplement. L'utilisation de mâles munis d'un dispositif l'empêchant de saillir (morceau de tissu) permet également de détecter les femelles réceptives (Rodriguez de Lara et *al.*, 2003), sans encourir le risque d'une gestation ou d'une pseudogestation. En pratique, la réceptivité sexuelle des lapines est généralement testée par présentation successive à 2 mâles ; les lapines sont considérées comme réceptives si, dans la minute qui suit la présentation, elles se mettent en position de lordose avec au moins l'un des 2 mâles (Theau-Clément et Fortun-Lamothe, 2005b). L'acceptation de l'accouplement ne peut cependant à lui seul être considérée comme un critère fiable d'un état d'œstrus, car les lapines gestantes peuvent accepter la saillie (Gonzalez-Mariscal et *al.*, 1994).

1.2. Phases d'œstrus et de dioestrus

La lapine fut considérée autrefois comme une espèce à œstrus permanent (Smelser et *al.*, 1934). Cependant, plusieurs auteurs ont décrit des alternances de périodes d'acceptation du mâle (œstrus), et de périodes de refus de l'accouplement (dioestrus). La durée de ces périodes est imprévisible et diffère d'une femelle à une autre (Morret, 1980). Certaines lapines peuvent être en œstrus effectif durant 28 jours consécutifs, tandis que d'autres ne le seront que quatre jours en un mois (Figure 1.3).

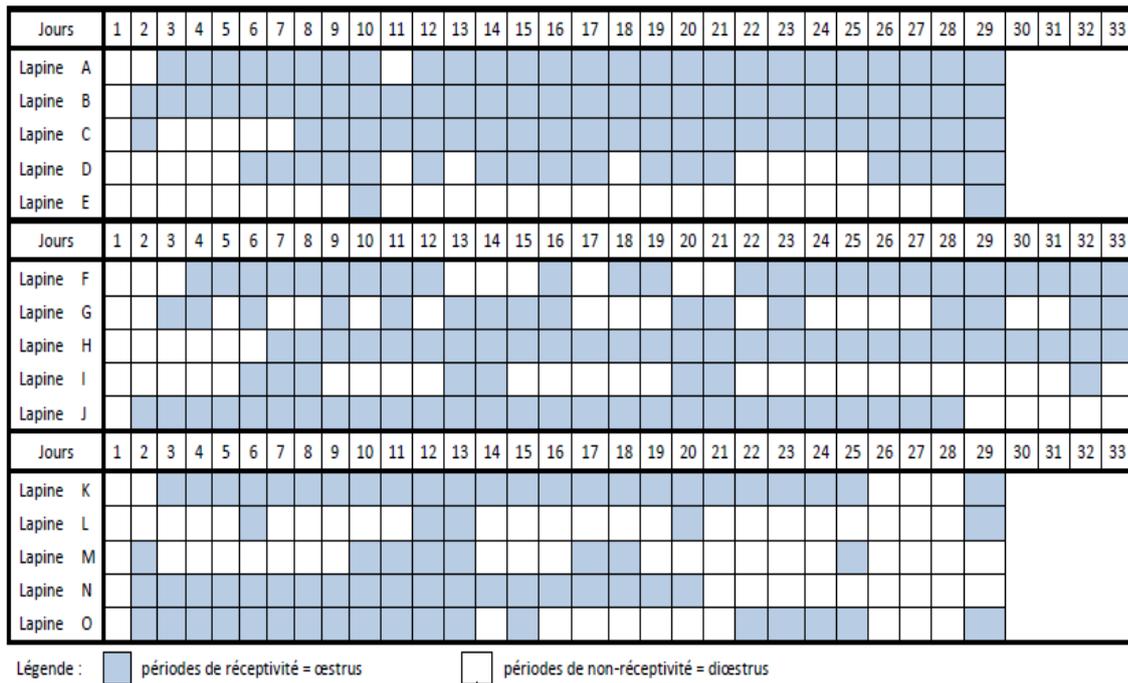


Figure 1.3. Réceptivité et acceptation du mâle chez les lapines pubères nullipares (d’après Moret, 1980 modifié par Salissard, 2013)

Les facteurs qui déterminent les phases de réceptivité et de non réceptivité chez la lapine sont actuellement méconnus. L’existence même d’une évolution cyclique des pics de réceptivité a fait l’objet de nombreuses controverses. Pour certains auteurs, ces phases surviennent à intervalles irréguliers (Beyer et Mc Donald, 1973). Pour d’autres, les pics de réceptivité sexuelle suivent un rythme régulier. Ainsi, selon Pacs et Szabò (1990), les chaleurs apparaissent chez la lapine tous les 6 à 10 jours. Des cycles de réceptivité sexuelle ont également été décrits chez la lapine sauvage. Ils sont de courte durée et apparaissent tous les sept jours en moyenne (Myers et Poole, 1958)

2. Contrôle du comportement sexuel de la lapine

2.1. Contrôle ovarien

L’ovariectomie bilatérale abolit le comportement sexuel de la lapine. Le comportement d’œstrus de la lapine est corrélé au stade évolutif de la folliculogénèse.

2.1.1. La folliculogénèse

La folliculogénèse regroupe l'ensemble des processus de croissance et de maturation du follicule entre le stade de follicule primordial et l'ovulation (Figure 1.4 ; Monniaux *et al.*, 1999).

A. Aspects histologiques

En absence d'accouplement, l'ovaire de la lapine adulte révèle 5 types de follicules classés selon leur structure histologique (Figure 1.5 ; Bodenstein *et al.*, 2004) :

- le follicule primordial possède une seule assise de cellules folliculeuses aplaties, avec moins de dix cellules entourant l'ovocyte primaire.
- le follicule primaire se caractérise par une seule couche de cellules folliculeuses de nature cubique.
- le petit follicule pré-antral montre deux à quatre couches de cellules cubiques autour de l'ovocyte.
- le grand follicule pré-antral est formé de quatre à cinq assises de cellules folliculeuses.
- le petit follicule antral contient plus de cinq couches de cellules de la granulosa et renferme une importante cavité ou antrum.

La croissance terminale des follicules à antrum jusqu'au stade ovulatoire, est déclenchée par le coït. Le diamètre du follicule au moment de l'ovulation est estimé à 1,8 mm chez la lapine (Vaissaire, 1977). Nicosia *et al.* (1975) classe les follicules ovariens de la lapine en 6 catégories, selon leur structure histologique et leur diamètre :

- petit follicule primaire (< 200 μm), caractérisé par une à deux couches de cellules folliculaires et l'absence de cellules thécales.
- grand follicule primaire (200-450 μm) et absence d'antrum.
- petit follicule secondaire (450-700 μm), possédant un antrum bien défini et des cellules du cumulus oophorus.
- grand follicule secondaire (700-1000 μm), ayant une large cavité antrale.
- petit follicule atrétique (< 150 μm) et possédant une tache sombre centrale.
- grand follicule atrétique (450 μm), avec également une tache sombre centrale.

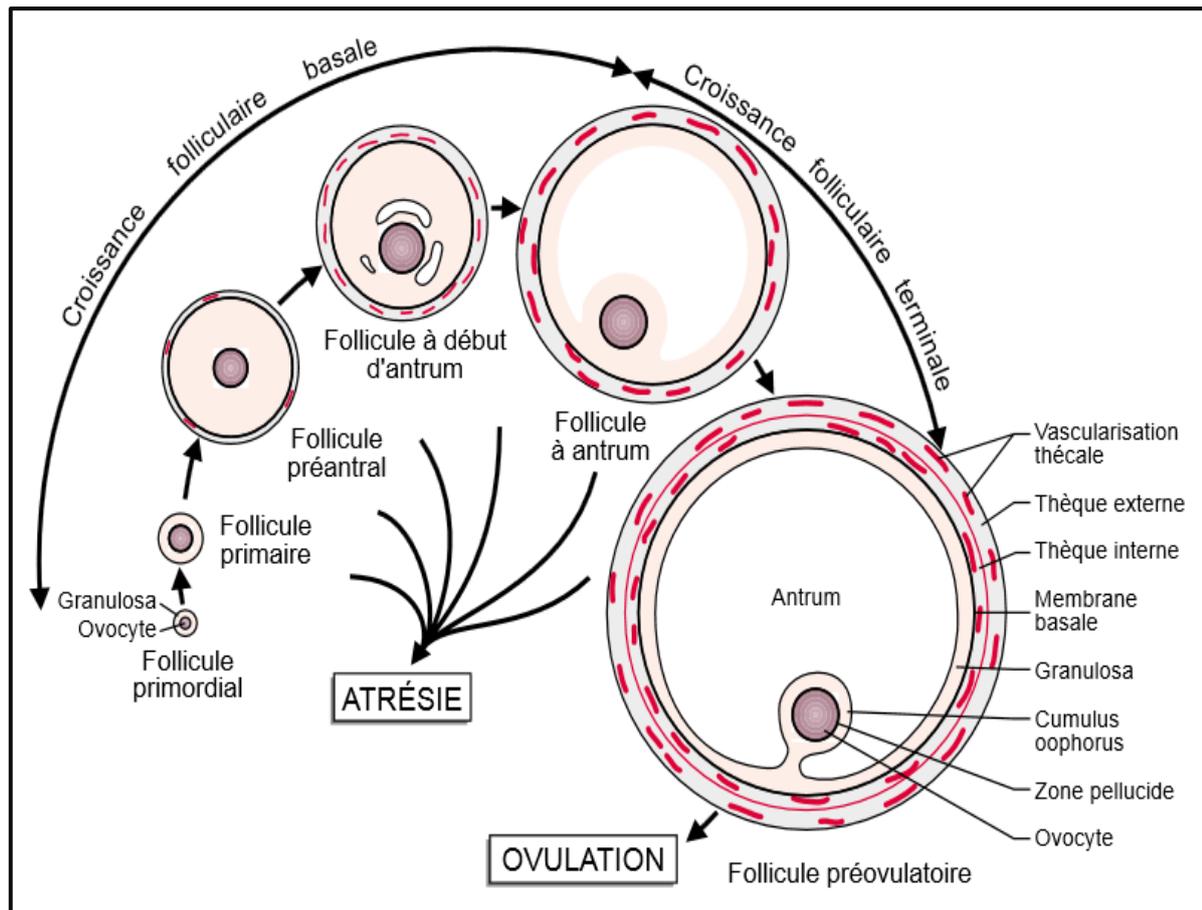


Figure 1.4. Principales étapes de développement d'un follicule ovarien (Monniaux et *al.*, 1999)

B. Dynamique et contrôle de la folliculogénèse chez la lapine

La formation des follicules primordiaux débute dès la période périnatale et s'achève dans les sept à quinze jours après la naissance (Bodenstein et *al.*, 2004). Dès que les follicules primordiaux sont formés, ils entament leur croissance. Les premières croissances folliculaires s'observent ainsi chez la lapine durant la deuxième semaine après la naissance (Hut et *al.*, 2006).

Les premiers follicules à antrum se forment quant à eux aux 65-70^{èmes} jour suivant la naissance. L'activité ovarienne de la lapine adulte montre l'existence de vagues folliculaires qui se développent et régressent à des intervalles de 7 à 10 jours (Fleming et *al.*, 1984 cité par Boiti 2004). Les follicules primordiaux entament leur développement sous l'action de la sécrétion basale de la Follicle Stimulating Hormone

(FSH) (Boiti et *al.*, 2006). Lorsqu'ils atteignent le stade de follicules à antrum, ou follicules pré-ovulatoires, ils inhibent le développement des follicules plus jeunes qui dégénèrent. L'ovulation aboutit à la levée d'inhibition exercée par les follicules pré-ovulatoires à l'égard des follicules plus petits. Ainsi, dans les 35 à 50 heures suivant la rupture des follicules pré-ovulatoires, une nouvelle vague folliculaire démarre son développement (Kranzfelder et *al.*, 1984).

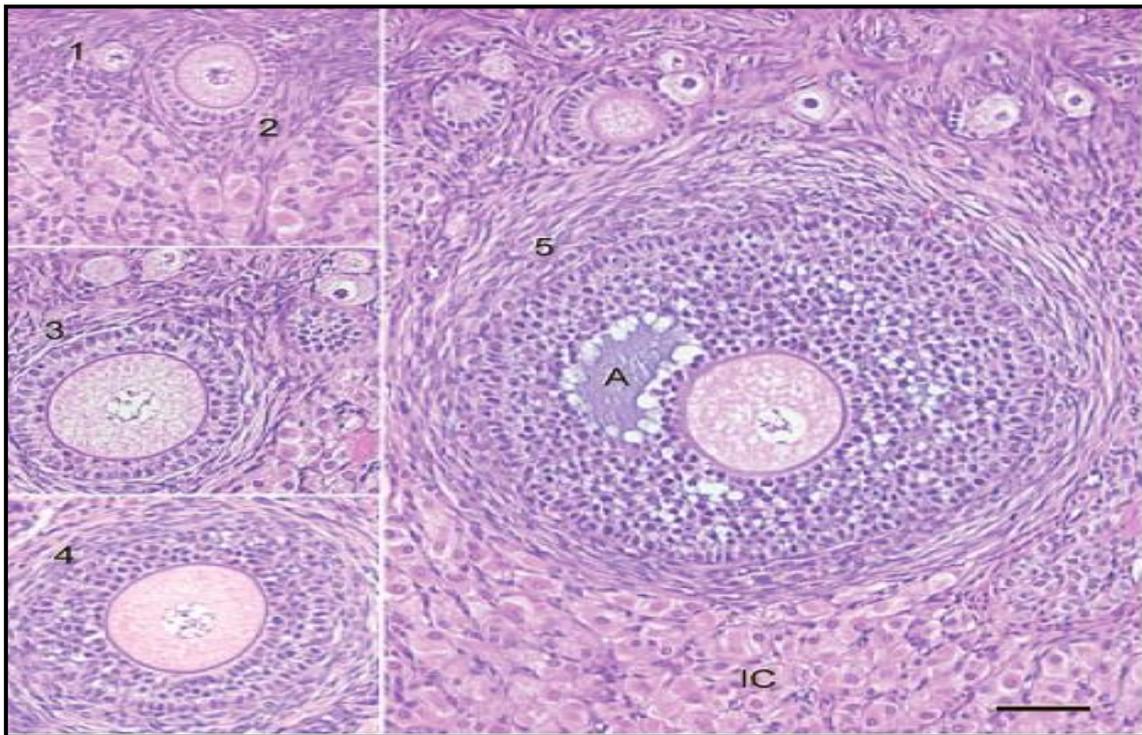


Figure 1.5. Différents types de follicules dans l'ovaire de lapine (Bodenstein et *al.*, 2004) (1 : follicule primordial ; 2 : follicule primaire ; 3 : petit follicule pré-antral ; 4 : grand follicule pré-antral ; 5 : petit follicule antral ; A : antrum ; IC : cellules interstitielles ; – : 50 μ m)

La décharge post-coïtale de la Luteinizing Hormone (LH) est responsable de la croissance terminale des follicules pré-ovulatoires. Cette croissance se caractérise par une hyperhémie du follicule, une prolifération des capillaires de la thèque et une expansion du cumulus oophorus (Machiarelli et *al.*, 1995 cité par Boiti et *al.*, 2006). En absence d'ovulation, les follicules pré-ovulatoires ne restent pas indéfiniment sur l'ovaire (Smelser et *al.*, 1934) mais subissent un processus d'atrésie après une période de 7 à 10 jours (Diaz et *al.*, 1988).

2.1.2. Relations entre réceptivité et folliculogénèse

Les pics de réceptivité sexuelle sont liés à la présence de follicules pré-ovulatoires à la surface de l'ovaire (Kerbanon et *al.*, 1994 cité par Boiti et *al.*, 2006). Dans la majorité des cas, le comportement de monte est également associé à la présence de follicules pré-ovulatoires (Yashine et *al.*, 1967). Lefèvre et Caillol (1978) montrent que chez les nullipares pubères, l'état de réceptivité est lié à un plus grand nombre de gros follicules (diamètre > 1,5 mm). Les phases de diœstrus résulteraient de l'existence de périodes transitionnelles durant lesquelles les gros follicules sont en régression, tandis qu'une nouvelle vague folliculaire entame sa croissance (Bekyürek, 1998). Le comportement sexuel de la lapine est contrôlé par les stéroïdes sexuels d'origine ovariennne. L'ablation des ovaires provoque une rapide disparition de la réceptivité (Beyer et Mc Donald 1973) et du marquage mentonnier (Hudson et *al.*, 1990).

2.2. Rôles des stéroïdes sexuels

2.2.1. Rôles des œstrogènes

Les œstrogènes sont nécessaires à la réceptivité sexuelle de la lapine. Une immunisation active contre le 17- β œstradiol empêche l'apparition de l'œstrus (Elsaesser, 1980). Les œstrogènes sont sécrétés par les follicules en croissance. Après ovariectomie, l'administration de benzoate d'œstradiol restaure la lordose, le comportement de monte (Mc Donald, 1970) ainsi que le marquage par les glandes mentonnières (Hudson et *al.*, 1990). La dose minimale de benzoate d'œstradiol nécessaire à l'induction de l'œstrus chez la lapine varie de 250 ng/jour (40% de réponse) à 1 μ g/jour (100% de réponse) (Mc Donald, 1970). Le temps de latence pour l'apparition de la réceptivité après le traitement œstrogénique varie entre 24 et 48 heures. Le marquage mentonnier et le comportement de monte apparaissent respectivement après 48 et 108 heures (Hudson et *al.*, 1990). La lordose et le marquage par les glandes mentonnières résultent de l'action des œstrogènes sur la zone ventrolatérale de l'hypothalamus (Melo, 1993 cité par Beyer et *al.*, 2007). Chez les lapines adultes non gestantes, les taux plasmatiques d'œstradiol montrent une évolution cyclique, selon un rythme de 8 jours (Batra et Källstrand, 1979). Un traitement continu aux œstrogènes chez la lapine ovariectomisée permet de maintenir

l'état d'œstrus sur une longue période, avec cependant des fluctuations de la réceptivité sexuelle (Mc Donald, 1970).

2.2.2. Rôle de la progestérone

Le taux sanguin de progestérone est relativement bas durant l'œstrus chez la lapine (Beyer et Mc Donald, 1973). La progestérone n'exerce pas chez cette espèce un effet stimulateur sur le comportement sexuel, contrairement à ce qui a été décrit chez la ratte (Frye et *al.*, 1998) ou la femelle souris (Frye et Vongher, 2001). Chez la lapine ovariectomisée et traitée aux oestrogènes, la progestérone inhibe la lordose et le marquage par les glandes mentonnières. Par ailleurs, la progestérone provoque chez les lapines sexuellement réceptives un comportement agressif envers les mâles (Hudson et *al.*, 1990). L'activation des récepteurs progestéroniques supprime totalement le comportement de marquage, attitude fortement corrélée à la réceptivité sexuelle chez la lapine (Hofman et Gonzalez-Mariscal, 2006). Chez la lapine, la progestérone inhibe le développement folliculaire et l'activité stéroïdogène de l'ovaire (Mills et Stopper, 1989).

2.2.3. Rôle des androgènes

Les androgènes sont synthétisés chez la lapine par différentes structures : la thèque interne des follicules ovariens (Erickson et *al.*, 1976), les glandes interstitielles de l'ovaire (Hilliard et *al.*, 1974b) et les surrénales (Kolanowski et *al.*, 1985). Les androgènes provoquent l'œstrus chez la femelle ovariectomisée. La dose minimale de propionate de testostérone effective pour entraîner la lordose chez la lapine ovariectomisée est de 2 mg/jour (Beyer et Mc Donald, 1973). Chez la lapine, l'immunisation active contre la testostérone inhibe l'apparition de la réceptivité. Le propionate de testostérone, administré durant un mois à la dose journalière de 5 mg, restaure le comportement de monte chez la lapine ovariectomisée. Les androgènes sont plus efficaces que les œstrogènes pour induire le comportement de monte chez la lapine (Soto et *al.*, 1984). L'effet des androgènes sur la réceptivité sexuelle résulterait de leur aromatisation en œstrogènes (Figure 1.6). En effet, seuls les androgènes aromatisables (testostérone, déhydroépiandrostérone, androstènedione, et 19-hydroxy-androstènedione) sont capables d'induire le comportement sexuel, contrairement aux androgènes non aromatisables (5 alpha-dihydrotestostérone et androstérone) (Beyer et Mac Donald, 1973). L'administration d'un anti-oestrogène à une femelle

ovariectomisée empêche la testostérone de stimuler la réceptivité. Ce traitement ne réduit que faiblement le comportement de marquage. Ces faits supposent que la testostérone stimule la réceptivité après sa conversion en œstrogènes, tandis que son effet sur le marquage mentonnier résulterait d'une action propre de l'hormone mâle.

Bien que la testostérone et l'androstènedione soient sécrétés par l'ovaire de la lapine en œstrus à des taux dix fois plus élevés que ceux des œstrogènes, (respectivement $190 \pm 89 \text{ ng/ovaire/heure}$ vs. $19 \pm 8 \text{ ng/ovaire/heure}$) (Hilliard et al., 1974a), leurs rôles précis dans le contrôle de l'œstrus restent à définir. Chez les primates, les androgènes surrénaliens modulent la proceptivité et la réceptivité et participeraient, en synergie avec les œstrogènes, au comportement sexuel de la femelle (Baum et al., 1977). Chez certaines femelles domestiques, les androgènes semblent exercer un effet direct sur le comportement sexuel, indépendamment de leur aromatisation en œstrogènes. Des études expérimentales ont ainsi montré que la stimulation des récepteurs aux androgènes était nécessaire à la manifestation de l'œstrus chez la chèvre (Imwalle et Katz, 2004).

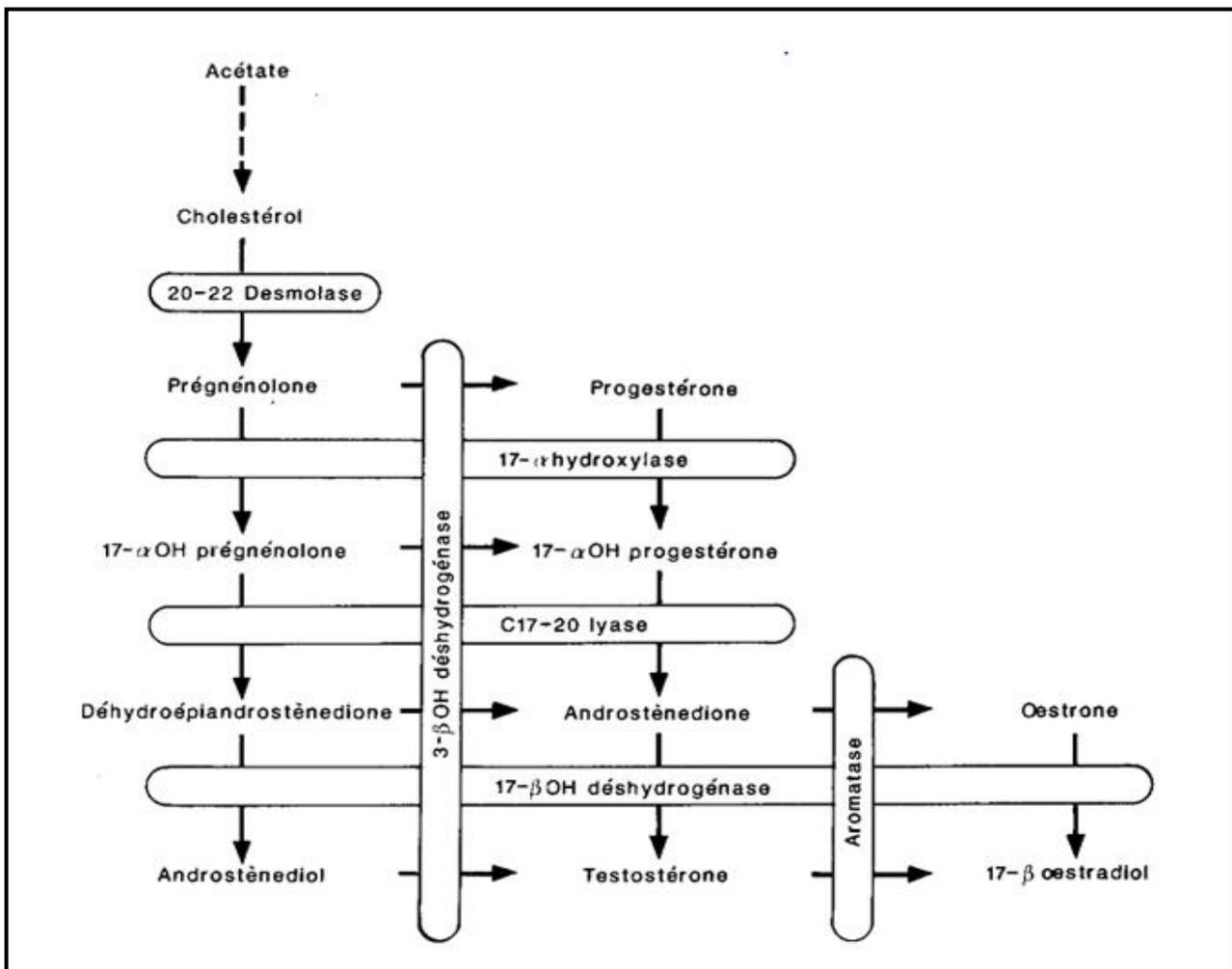


Figure 1.6. Biosynthèse des stéroïdes sexuels (d'après Morin, 2000)

2.2.4. Persistance de l'œstrus après l'ablation des ovaires

La lapine est l'une des rares espèces domestiques chez laquelle l'ovariectomie n'abolit pas complètement le comportement sexuel, du moins pour une proportion significative de femelles (Beyer et Mc Donald, 1973). La persistance de l'œstrus a été attribuée aux stéroïdes du cortex surrénalien. La surrénalectomie bilatérale chez les lapines ovariectomisées réduit en effet le pourcentage de femelles qui continuent à présenter un comportement sexuel. Toutefois, le fait que certaines lapines, ayant subies l'ablation des ovaires et des surrénales, acceptent encore l'accouplement, suggère l'intervention de facteurs autres que les stéroïdes ovariens et surrénaliens. Les neurostéroïdes pourraient être impliqués dans ce mécanisme (Beyer et *al.*, 2007). L'ovariectomie produit par ailleurs chez la lapine une élévation des pulses de GnRH, LH et FSH (Pau et *al.*, 1986).

2.2.5. Sites d'action des stéroïdes sexuels

Le comportement d'œstrus résulte de l'action des stéroïdes sexuels sur des zones précises du cerveau. Deux approches expérimentales ont contribué à identifier les sites d'action des stéroïdes sexuels dans le cerveau : la méthode d'implants de stéroïdes sexuels ou de leurs injections dans des zones bien définies du cerveau, et la méthode de détection des récepteurs des stéroïdes sexuels grâce à l'utilisation de radio ligands ou d'anticorps spécifiques (Beyer et *al.*, 2007). Chez la lapine ovariectomisée, des implants d'œstrogènes dans l'hypothalamus ventro-médian restaurent le comportement sexuel. Les temps de latence nécessaires pour qu'apparaisse la réceptivité après l'implant d'œstrogènes suggèrent que ces stéroïdes interviennent par le biais d'une synthèse protéique, suite à leur fixation aux récepteurs nucléaires (Beyer et *al.*, 2007). L'effet des œstrogènes est inhibé par des bloquants spécifiques des récepteurs alpha-œstrogéniques.

2.3. Rôle de l'odorat dans le comportement sexuel

Chez les mammifères, l'odorat joue un rôle essentiel dans la communication entre les individus. Les structures nerveuses impliquées dans leur olfaction sont particulièrement développées. Durant le comportement sexuel, les mâles et femelles émettent des signaux chimiques ou phéromones, provenant de diverses sécrétions ou

excrétions (Signoret et *al.*, 1997). Chez le lapin, Les signaux olfactifs sont utilisés pour établir et maintenir un territoire de sécurité, pour l'identification des groupes, et pour la détection du statut reproductif (Marai et Rashwan, 2003). Le lapin des deux sexes possède des glandes cutanées qui jouent un rôle dans la communication olfactive. Les substances olfactives sont sécrétées par des glandes sébacées et sudoripares situées sous le menton (glandes sous-mandibulaires), autour de l'anus (glandes anales), et sur le côté de la ligne génito-anale (glandes inguinales) (Goodrich et Mykytowycz, 1972, cité par Marai et Rashwan, 2003). Les sécrétions des glandes sous-mandibulaires sont particulièrement utilisées par le mâle et la femelle dans la communication sexuelle. Chez la femelle, la morphologie des glandes mentonnières varie avec l'état physiologique ; le nombre d'acini est notamment plus élevé durant l'œstrus en comparaison des périodes de gestation ou de lactation (Carbon et *al.*, 1996). Les glandes inguinales des femelles n'interviennent pas dans le signalement de l'état de réceptivité de la lapine, et leur activité n'est pas contrôlée par les hormones stéroïdes de l'ovaire (Ordinola et *al.*, 1997). Les sécrétions des glandes sébacées du mâle pourraient stimuler la réceptivité sexuelle des lapines. Les sécrétions des glandes mentonnières sont utilisées pour le marquage des objets par 60 à 65 % des mâles reproducteurs contre seulement 1,5 % pour l'urine (Pacs et Szabò, 1990). Le mâle utilise également les sécrétions des glandes mentonnières pour marquer la femelle après la copulation.

3. Physiologie de la phase post-coïtale

3.1. Réflexe neuroendocrinien de l'ovulation

La lapine fait partie des espèces à ovulation provoquée, telles la chatte, la furette, ou encore la femelle dromadaire. L'ovulation est induite grâce aux diverses stimulations sensorielles associées au coït. Chez la lapine, l'ovulation se produit en moyenne 10 heures après le coït. Les follicules n'ovulent cependant pas tous en même temps (Walton et Hammond, 1928). L'ovaire droit et l'ovaire gauche produisent, au cours d'une même ovulation, un nombre comparable d'ovules (Dahm-Kahler et *al.*, 2006). Près de 20 à 25 % des femelles n'ovulent pas après la copulation (El-Kelawy et *al.*, 1997, cité par Marai, 2003).

Les influx sensoriels, induits par la copulation – stimulations vaginale et cervicale – sont acheminés par voie nerveuse ascendante jusqu'à l'hypothalamus, où ils entraînent une libération de GnRH (Figure 1.7). Le neurotransmetteur impliqué est la noradrénaline. Ainsi, chez la lapine, la décharge ovulatoire de GnRH met en jeu un réflexe neuroendocrinien initié par l'accouplement et ne résulte pas, contrairement aux espèces à ovulation spontanée, d'un rétrocontrôle positif exercé par les œstrogènes sur l'axe hypothalamo-hypophysaire (Dufy-Barbe et *al.*, 1978). Des injections d'œstrogènes s'avèrent, en effet, inefficaces pour déclencher la décharge ovulatoire de LH chez la lapine (Baker et Baum, 2000). Durant l'œstrus, la sécrétion de GnRH, s'effectue selon des pulses réguliers et de faible amplitude. Au moment du coït, la décharge de GnRH est multipliée par 40 (Orsted et Spies, 1988) et se produit 20 à 40 minutes après la copulation. La GnRH est déversée dans le système porte hypothalamo-hypophysaire, puis parvient à l'antéhypophyse, où l'hormone se fixe sur les cellules gonadotropes de l'antéhypophyse.

L'action de la GnRH sur ces cellules conduit à une libération des hormones gonadotropes, LH et FSH. Les taux sanguins de LH décrivent un pic 2 heures après le coït, puis déclinent et atteignent un faible niveau après 12 heures (Mills et Gerardot, 1984). Ils sont responsables de l'ovulation ainsi que de l'élévation des progestagènes sanguins (progestérone, 20-alpha hydroxyprégnénone) (Hilliard, 1971 cité par Hoffman et Gonzalez-Mariscal, 2007). La libération post-coïtale de FSH par l'antéhypophyse s'effectue selon une courbe biphasique. La première décharge de FSH est synchrone de celle de LH. La seconde a lieu 24 à 48 heures après le coït. Ce deuxième pic de FSH ne s'observe qu'après l'ovulation (Mills et *al.*, 1981). Il est responsable du recrutement et du développement des follicules ovariens en croissance et stimule la synthèse d'œstrogènes. Les œstrogènes possèdent une action lutéotrophique chez la lapine et sont nécessaires à l'activité du corps jaune durant la gestation (Holt, 1989). Rodriguez et *al.*, (1989) a étudié l'influence de la réceptivité sexuelle sur les décharges de LH et FSH après une injection de GnRH chez la lapine de race Californienne. La sécrétion de LH est plus importante chez les femelles ayant une réceptivité élevée ou moyenne, en comparaison de celles ayant une faible réceptivité. Par ailleurs les femelles à réceptivité élevée ont montré un deuxième pic de LH, environ 165 minutes après l'injection de GnRH. Ce deuxième pic de LH n'était pas observé chez les lapines à faible réceptivité.

Dans les conditions physiologiques, la copulation provoque chez la lapine, une augmentation des stéroïdes sexuels (progestérone, œstrogènes et testostérone) qui

atteignent un pic 1 à 4 heures postcoïtum, puis leur taux baisse progressivement et devient très faible 1 à 4 jours suivant l'accouplement (Hilliard, 1971 cité par Hoffman et Gonzalez-Mariscal, 2007).

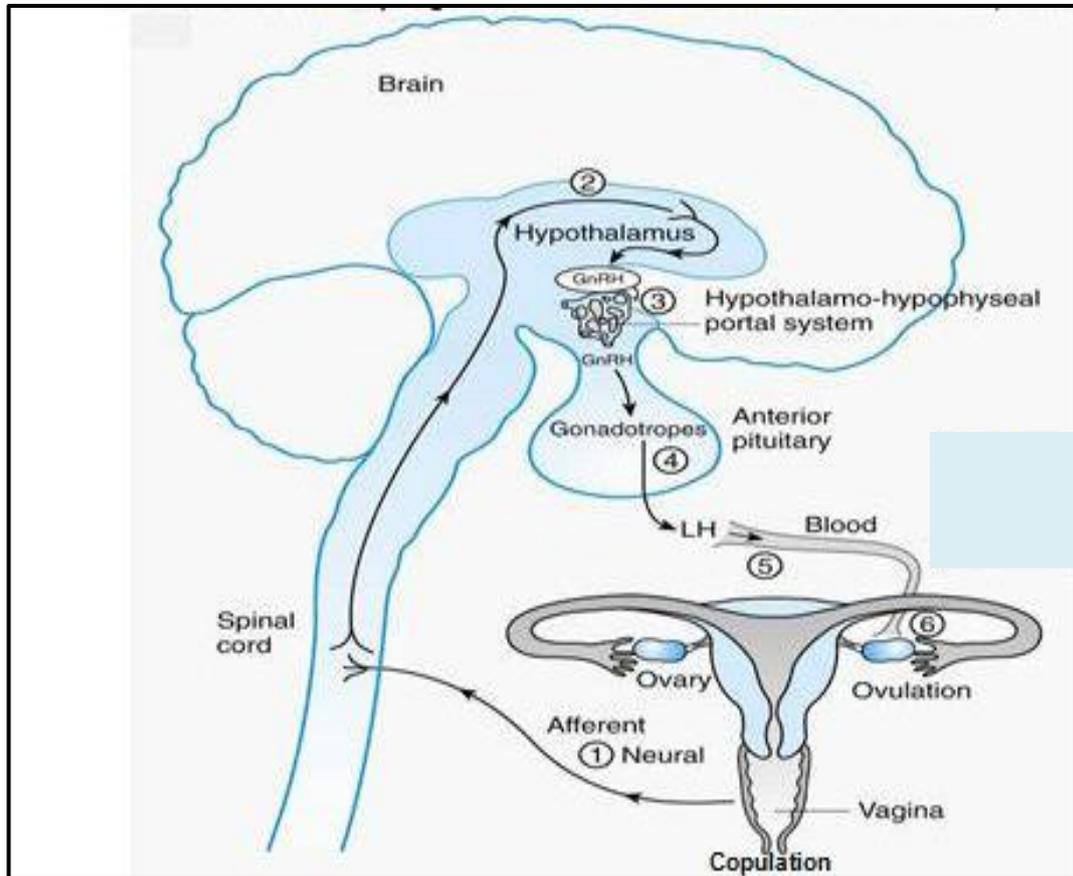


Figure 1.7. Le réflexe neuroendocrinien d'ovulation (Anonyme 1)

L'accouplement est également à l'origine d'une double décharge d'ocytocine par la posthypophyse ; la première a lieu en même temps que celle de LH/FSH, la deuxième se produit 5 heures après le coït. L'ocytocine favorise la migration des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles (Mc Nitt, 1992). Le coït induit une décharge rapide et importante de prolactine, concomitante de celle de LH. La prolactine stimule la stéroïdogénèse par le corps jaune et, contribue ainsi au maintien d'un état progestatif favorable à la nidation (Kaynard et *al.*, 1990)

3.2. Inhibition post-coïtale de la réceptivité sexuelle

Chez la lapine, à l'instar de certaines femelles mammifères telles la ratte (Bennet et *al.*, 2002), la furette ou la femelle cobaye, l'accouplement est suivi d'une rapide diminution du comportement sexuel. Vingt-quatre heures après le coït, la majorité des lapines refusent l'accouplement (Beyer et Mc Donald, 1973). Le comportement de marquage par les glandes mentonnières cesse rapidement après la copulation. Les facteurs à l'origine de l'inhibition post-coïtale de l'œstrus sont inconnus. Chez la lapine ovariectomisée, des injections d'œstrogènes empêchent l'inhibition post-coïtale de la réceptivité sexuelle (Beyer et Mc Donald, 1973), mais n'empêchent pas l'inhibition du comportement de marquage (Hoffman and González-Mariscal, 2006 cité par Beyer et *al.*, 2006). Chez la furette, espèce à ovulation provoquée, la baisse des œstrogènes plasmatiques serait à l'origine de l'inhibition post-coïtale de la réceptivité sexuelle, tandis que l'élévation de la progestéronémie, après la copulation, réduit la proceptivité (Villars et *al.*, 1990).

Plusieurs recherches ont tenté de démontrer le rôle de la progestérone dans l'inhibition post coïtale de la réceptivité chez la lapine. Un pic de la progestéronémie est en effet observé 2 à 4 heures après l'accouplement (Waterston et Mills, 1976 ; Eiler et *al.*, 1977 ; Mills et Gerardot, 1984 ; Remas et Hadj-Bekkouche, 2005). Néanmoins, les concentrations plasmatiques de la progestérone postcoïtum restent relativement faibles et ne pourraient être impliquées dans l'inhibition de l'œstrus après le coït. Ainsi, chez la lapine, l'inhibition postcoïtale de l'œstrus ne semble pas mettre en jeu la progestérone ou la stimulation des récepteurs progestéroniques. Le taux plasmatique de prolactine, qui inhibe également la réceptivité, augmente immédiatement après le coït (Waterston et Mills, 1976 ; Kaynard et *al.*, 1990). L'influence négative de la prolactine sur le comportement sexuel serait cependant plus importante au cours de la lactation.

4. Facteurs de variation de la réceptivité sexuelle

4.1. Impacts du stade reproductif

Le comportement sexuel de la lapine a été étudié au cours de divers stades reproductif, impliquant des climats hormonaux différents: puberté, gestation, pseudogestation, et en période post-partum (lactation).

4.1.1. Comportement sexuel à la puberté

Les lapines sont pubères quand elles atteignent les deux tiers de leur poids adulte (75%), soit entre 14 et 16 semaines. La précocité sexuelle est meilleure chez les races de petit ou moyen format (4 à 6 mois) en comparaison des races de grand format (5 à 8 mois). Cependant, l'acceptation du mâle apparaît chez la lapine bien avant sa capacité à ovuler (Moret, 1980). Le comportement sexuel ne peut ainsi, à lui seul, constituer un indice de puberté, mais représente un signe précurseur. Les femelles nullipares pubères présentent le meilleur taux de réceptivité et de fertilité (Boussit, 1989). L'âge de la lapine à la première saillie exerce néanmoins une influence sur le taux de fertilité (Tableau 1.1 ; Questel, 1984).

Tableau 1.1. Effet de l'âge à la première saillie sur le taux de fertilité chez la lapine (Questel, 1984)

Age à la 1 ^{ère} saillie (jours)	Taux de fertilité (%)
< 140 j	85 %
140-149 j	86 %
150-159 j	72 %
160-169 j	78 %
170-179 j	80 %
>180 j	79 %

4.1.2. Réceptivité sexuelle durant la gestation

Chez la majorité des mammifères, l'état de gestation inhibe le comportement sexuel de la femelle. La progestérone est à l'origine de cette inhibition. Elle agit sur les différentes composantes du comportement sexuel telles l'attractivité (femelle Rhésus), la proceptivité (furette), et la réceptivité (ratte, lapine) (Hoffman et Gonzalez-Mariscal, 2007). Contrairement à la majorité des femelles domestiques, la lapine peut accepter l'accouplement durant la gestation, et ceci malgré des concentrations élevées de progestérone dans le sang (Figure 1.8). La réceptivité est faible en début de gestation (Stoufflet et Caillol, 1988) et devient plus marquée au cours de la dernière

semaine de la gestation, lorsque les taux sanguins de progestérone diminuent et que ceux d'œstrogènes et de testostérone augmentent (Gonzalez-Mariscal et *al.*, 1994). Durant la gestation, les concentrations plasmatiques du 17- β -œstradiol sont fluctuantes et marquent des pics à J6, J15 et à J30 (Challis et *al.*, 1973.). Chez la lapine, le coït effectué au cours de la gestation est anovulatoire. Les taux élevés de progestérone seraient à l'origine d'une dissociation entre le coït et la décharge de GnRH. Des injections de GnRH ou de LH chez la lapine gravide sont capables d'induire une ovulation, indiquant que l'inhibition du réflexe serait d'origine centrale, et que les ovaires restent sensibles aux hormones gonadotropes (Mills et Gerardot, 1984).

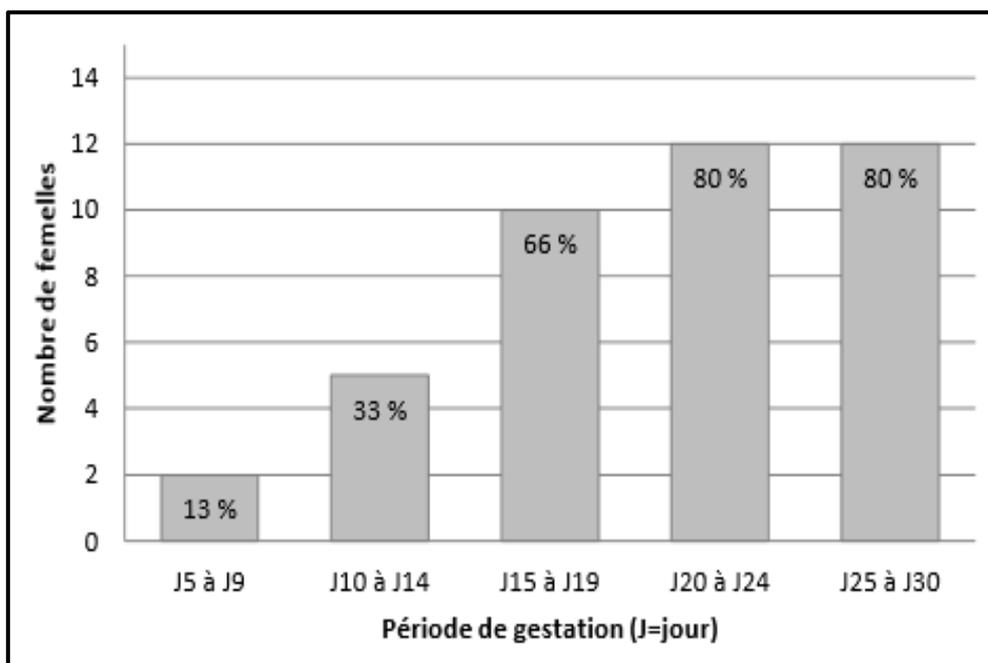


Figure 1.8. Taux d'acceptation du mâle chez la lapine gestante (d'après Moret, 1980, modifié par Salissard 2013)

4.1.3. Réceptivité sexuelle durant la pseudo-gestation

La lapine est une femelle à ovulation provoquée. L'accouplement avec un mâle vasectomisé, ou avec un mâle stérile, conduit à l'installation d'un état qualifié de pseudo-gestation, d'une durée moyenne de 18 jours. Caillol et *al.*, (1984) estime à 10% le pourcentage de femelles réceptives durant la pseudo-gestation. L'intensité du comportement sexuel s'accroît à la fin de la pseudo-gestation.

Les lapines pseudo-gestantes manifestent des périodes d'attractivité vis à vis des mâles, selon un cycle d'une durée de 6 à 7 jours. Par ailleurs, des lapines vivant en liberté avec des mâles vasectomisés ont été périodiquement attractives pour ces mâles. Les périodes d'attractivité évoluaient selon un rythme de six à sept jours (Hughes et Myers, 1966). Stouffet et Caillol (1988) n'ont pas mis en évidence de corrélations entre les concentrations plasmatiques d'œstrogènes et la réceptivité au cours de la pseudo-gestation. Les larges follicules ovariens réapparaissent à la surface de l'ovaire au 6^{ème} jour de la pseudo-gestation (Osteens et Mills, 1980).

4.1.4. Réceptivité sexuelle en période post-partum

La lapine fait partie des rares espèces domestiques capables d'être fécondées immédiatement après le part. Hammond (1925, cité par Beyer et Mc Donald, 1973) a montré qu'au lendemain de la mise-bas, toutes les lapines présentées aux mâles avaient accepté l'accouplement. Cet état de réceptivité sexuelle immédiatement après la mise-bas a été confirmé par plusieurs auteurs (Stouffet et Caillol, 1988 ; Diaz et *al.*, 1988 ; Ubilla et Rebollar, 1995).

A. Évolution postpartum de la réceptivité

En période postpartum, les pics de réceptivité surviennent à des intervalles irréguliers. Ils varient selon différents paramètres liés à la femelle, tels la parité, le stade physiologique et la taille de la portée (Theau-Clément et Roustan, 1992). La réceptivité est maximale le jour de la mise-bas (90%), chute à J4 postpartum (47.2%), pour remonter à J11 (88.7%) et retrouver son niveau initial qu'après le sevrage (Synthèse : Theau-Clément, 2005a). Chez la lapine primipare, la réceptivité chute durant le pic de la lactation (Theau-Clément et *al.*, 2011) (Figure 1.9). L'activité sexuelle des lapines en phase postpartum varie selon la parité : chez les primipares, elle est maximale les deux premiers jours et le cinquième jour suivant la mise-bas, tandis que chez les multipares, elle est maximale le premier et le neuvième jour postpartum (Diaz et *al.*, 1988). Ubilla et Rebollar (1995) considère le 1^{er} et 8^{ème} jour postpartum comme les plus favorables pour l'insémination. L'important taux de réceptivité enregistré au lendemain du part est associé à des taux élevés d'œstradiol dans la circulation sanguine (Ubilla et Rebollar, 1995). L'origine de ces œstrogènes serait liée à la présence de gros follicules ovariens (Osteens et Mills, 1980). Cependant, l'étude de l'activité ovarienne n'a pas révélé la présence de gros follicules

au lendemain de la mise-bas (Diaz *et al.*, 1987). La première vague de croissance folliculaire en post-partum démarre en fin de gestation et coïncide avec la baisse de la progestéronémie. Cette vague atteint sa croissance maximale le 5^{ème} jour post-partum pour les primipares et le 3^{ème} jour postpartum pour les multipares. Chez les multipares et les primipares, la seconde vague folliculaire montre une croissance maximale le 9^{ème} jour postpartum (Diaz *et al.*, 1987). La forte réceptivité décrite au lendemain de la mise-bas résulterait probablement d'une sensibilité accrue de la lapine aux œstrogènes folliculaires, et cela après une longue période d'imprégnation par la progestérone (Diaz *et al.*, 1987). La baisse de la progestéronémie quelques jours avant la mise-bas contribuerait à l'expression d'un état d'œstrus à J2 postpartum. En effet, Klein (1952, cité par Beyer et Mac Donald, 1973) a testé l'effet de la progestérone sur des lapines ovariectomisées à raison de 5 mg /jour. Les tests de réceptivité se sont révélés négatifs durant le traitement à la progestérone, mais la réceptivité réapparaissait 2 à 3 jours après l'arrêt du traitement. La baisse de la progestéronémie pourrait jouer de ce fait un rôle facilitateur dans l'apparition de l'œstrus au lendemain du post-partum.

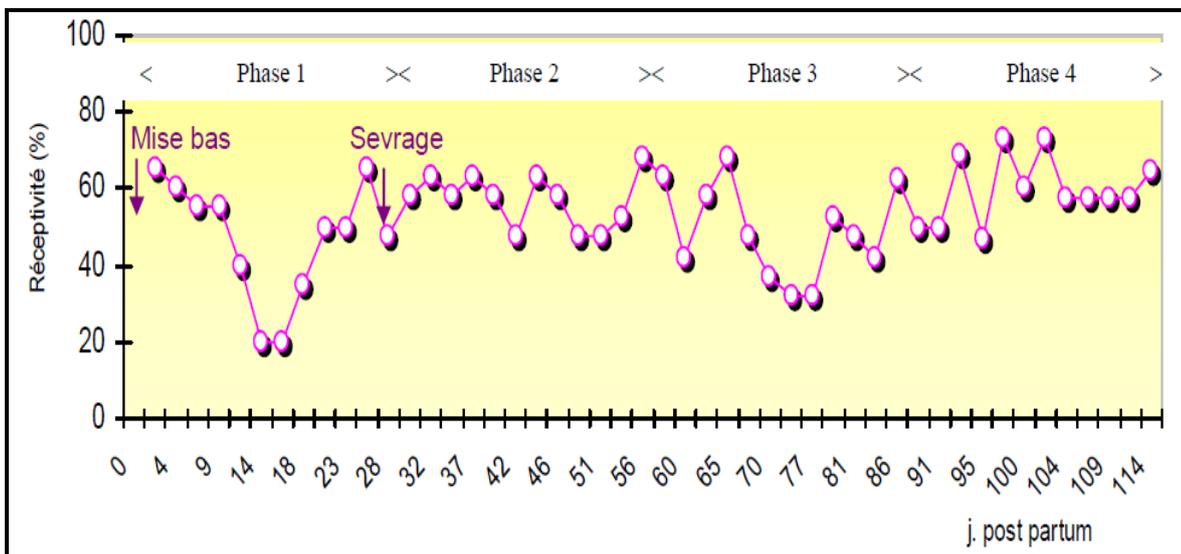


Figure 1.9. Cinétique de la réceptivité chez la lapine après la 1^{ère} mise-bas (Theau-Clément *et al.*, 2011). L'évaluation de la réceptivité sexuelle a été établie à partir de J2 postpartum ; les lapines ne sont pas saillies après la mise-bas et le sevrage est fixé à J28 postpartum. Chaque phase représente 4 semaines d'évaluation de la réceptivité, à raison de 3 tests par semaine et par lapine.

B. Climat hormonal et réceptivité sexuelle en période postpartum

Influence de l'œstradiolémie. Les taux plasmatiques du 17- β œstradiol augmentent à l'approche de la mise-bas, avec une élévation plus marquée les deux jours précédant le part (Negatu et Mc Nitt, 2002). En période post-partum, Ubilla et Rebollar (1995) n'ont pas relevé de corrélation entre les taux plasmatiques du 17- β œstradiol et la réceptivité, chez les lapines allaitantes non-gestantes. Ces auteurs ont identifié trois périodes correspondant à un taux élevé d'œstrogènes (J1, J5-J7 et J23-J30) et deux phases associées à un état de réceptivité sexuelle (J1-J2 et J25-J30). Par ailleurs, lors de cette étude, plusieurs lapines ont manifesté une faible réceptivité sexuelle malgré les taux sanguins élevés d'œstradiol (J5-J7).

Influence de la prolactinémie. Les variations plasmatiques de la prolactinémie pourraient, en partie expliquer l'absence de corrélation entre la réceptivité et les taux des œstrogènes circulants (Ubilla et Rebollar, 1995). En postpartum, les concentrations plasmatiques de prolactine sont très fluctuantes (10 ng/ml à 195 ng/ml) et évoluent de façon similaire chez les femelles allaitantes et chez les non allaitantes. L'allaitement produit néanmoins chez la lapine une décharge immédiate de prolactine (15 à 25 fois supérieure) dans le plasma (Mc Neilly et Friesen, 1978). Plusieurs travaux ont montré que la prolactine inhibait le comportement sexuel chez la lapine. Ubilla et Rebollar (1995) ont ainsi relevé des taux élevés de prolactine dans le plasma de lapines allaitantes, entre le 7^{ème} et le 24^{ème} jour post-partum, et ces taux étaient associés à de faibles concentrations plasmatiques des œstrogènes ainsi qu'à une faible réceptivité sexuelle. La prolactine réduit la sensibilité de l'hypophyse à la GnRH, causant des décharges plus faibles de LH et FSH (Rodriguez et *al.*, 1989) et inhibe les processus de l'ovulation.

Influence de la progestéronémie. En phase postpartum, la réceptivité sexuelle des lapines est hautement corrélée au taux plasmatique de la progestérone (P4<1 ng/ml: 74,1 % ; 1≤P4<6: 79,1 % ; P4>6 ng/ml : 56,3 %) (Theau-Clément et *al.*, 2008). Chez la lapine, la progestéronémie commence à décliner à partir du 25^{ème} jour de gestation, et devient quasi indétectable en période postpartum. Néanmoins, certaines lapines non saillies peuvent présenter un taux sanguin élevé de progestérone (> 1ng/ml de plasma) : 21 % des lapines allaitantes ont à J11 postpartum, des taux élevés de progestérone, associés à une faible réceptivité (Boiti et *al.*, 1996). Les divers travaux rapportent des taux variant de 3,5 à 14 % (Castellini et *al.*, 1998), ou un taux moyen de 25,9 % (Theau-Clément et *al.*, 2008). Chez ce type de lapines, les ovaires possèdent

deux populations de corps jaunes (Theau-Clément et *al.*, 2000) suggérant l'existence d'ovulations spontanées à l'origine des pseudo-gestations. Le syndrome de progestéronémie élevée (*High progesterone syndrome*) s'observe plus fréquemment chez les primipares en comparaison des multipares (respectivement 32,5 vs. 4,0 %) et chez les lapines allaitantes en comparaison des non-allaitantes (respectivement 18,1 vs. 10,4 %) (Theau-Clément et *al.*, 2005d). Les facteurs responsables des ovulations spontanées chez la lapine sont inconnus. Les taux élevés de progestérone en postpartum sont plus fréquents chez les lapines vivant en groupe que chez les femelles élevées dans des cages individuelles (respectivement 23,9 % vs. 0%) (Rommers et *al.*, 2006). Le comportement de monte pratiqué entre les femelles pourrait expliquer les ovulations spontanées. La présence de progestérone semble nécessaire aux ovulations spontanées chez la lapine ; en effet, des injections d'oestradiol suivies de celles de progestérone sont capables de provoquer une ovulation spontanée chez 40% des femelles, tandis qu'un traitement isolé d'oestradiol ou de progestérone est sans effet (Sawyer et *al.*, 1950).

C. Impact de la lactation sur la réceptivité sexuelle

La lactation déprime la réceptivité des lapines : les femelles allaitantes sont en effet moins réceptives que les non-allaitantes. L'antagonisme entre la lactation et la fertilité s'exprime particulièrement après 3 à 5 jours d'allaitement (Theau-Clément et *al.*, 1998). Par ailleurs, les femelles qui allaitent de grandes portées (> 8 lapereaux) sont moins réceptives que celles qui allaitent un nombre plus petit de lapereaux (Diaz et *al.*, 1988). Le maintien de l'allaitement est étroitement corrélé à la taille de portée allaitée, en particulier chez la primipare (Gonzalez-Mariscal, 2012). L'allaitement d'une portée constituée d'un ou de deux lapereaux conduit progressivement à une perte du comportement maternel (Figure 1.10). Ce phénomène expliquerait que les lapines allaitant une petite portée soient plus réceptives. L'influence négative de l'allaitement sur la réceptivité sexuelle des lapines résulterait d'un antagonisme entre la prolactine et la GnRH sur la décharge des hormones gonadotropes (Ubilla et Rebollar, 1995). Des taux sanguins élevés de prolactine, associés à des faibles concentrations d'œstrogènes et à une faible réceptivité sexuelle, ont été décrits entre J7 et J24 de la lactation. Chez la lapine, les opioïdes endogènes, libérés lors de la succion, sont également responsables d'une inhibition de la décharge de LH (Mc Nitt, 1992) et de GnRH (Orstead et Spies, 1987).

Par ailleurs, chez la ratte allaitante, les opioïdes endogènes libérés durant la succion ont également pour effet de stimuler la décharge de prolactine (Soaje et *al.*, 2002).

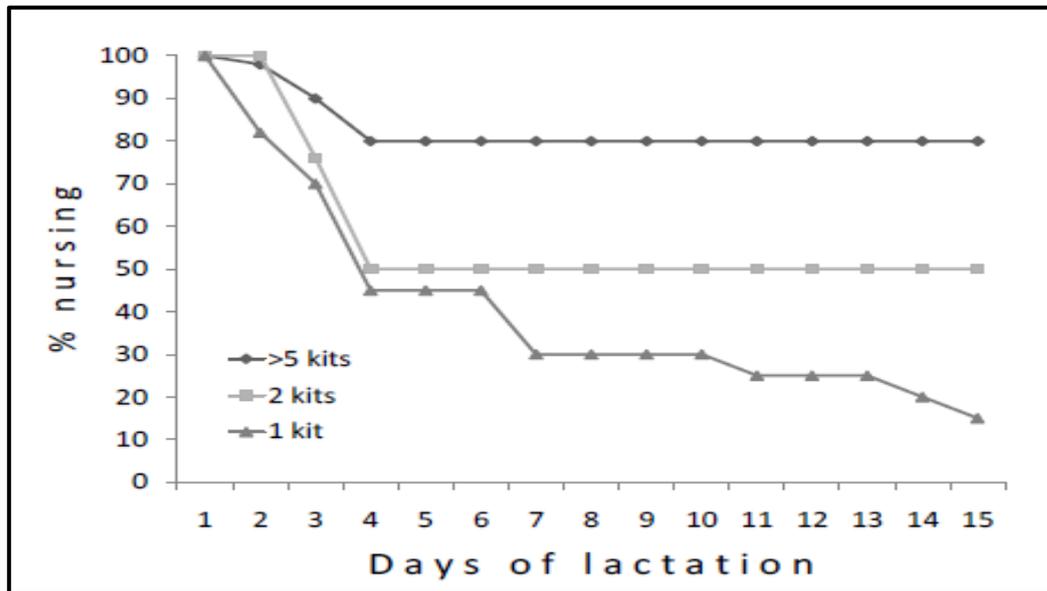


Figure 1.10. Comportement maternel et taille de portée allaitée (Gonzalez-Mariscal, 2012).

Chez la ratte qui allaite, il se produit une réduction des récepteurs antéhypophysaires de la GnRH (Smith, 1984). L'interruption de l'allaitement provoque une augmentation des récepteurs de la GnRH dans l'antéhypophyse, ainsi qu'une élévation de LH et des œstrogènes dans le sang.

4.2. Influence de la présence du mâle

Chez de nombreuses espèces mammifères, l'exposition au mâle stimule la réceptivité sexuelle de la femelle. Ce phénomène, appelé « effet mâle », est mis à contribution dans la gestion de la reproduction chez certains animaux d'élevage, tels les ovins et les caprins. Peu de travaux ont traité de l'influence du mâle sur le comportement sexuel de la lapine dans les élevages. L'effet mâle semble dépendre du statut physiologique de la lapine et de sa parité ; chez les nullipares, les présentations successives des femelles aux mâles facilitent l'apparition de l'œstrus (Lefèbre et Moret, 1978).

Les lapines nullipares et les multipares non allaitantes, placées en contact uniquement auditif ou visuel avec des mâles ont un taux plus élevé de vulves de couleur rougeâtre en comparaison des femelles complètement isolées des mâles (Ola et Oyegbade, 2012). En revanche, chez des lapines allaitantes, le placement de mâles dans des cages voisines à celles des femelles, n'améliore pas la réceptivité sexuelle de la lapine (Rodriguez De Lara et *al.*, 2003). L'absence de contacts physiques entre les femelles et les mâles pourrait expliquer ces résultats. Berardinelli et Tauck (2007) ont étudié l'impact de la présence du mâle sur la reprise de l'activité ovarienne chez la vache en anœstrus post-partum. Les vaches placées dans le même enclos que les mâles présentent une reprise plus précoce de leur activité ovarienne que les femelles séparées des taureaux par une clôture.

4.3. Impact de l'état nutritionnel

Plusieurs études ont mis en évidence l'influence du statut énergétique sur les performances de la reproduction chez la lapine (Synthèse : Fortun-Lamothe, 2006). Lorsque l'apport nutritionnel est restreint à 100g/jour, la réceptivité sexuelle des lapines est fortement réduite (Rodriguez De Lara 1998, cité par Gómez et *al.*, 2005). Par ailleurs, un jeûne de 24 ou de 48 heures avant l'insémination réduit la réceptivité chez les lapines respectivement de 20,5 % et 22,7% (Brecchia et *al.*, 2006). Le jeûne entraîne une baisse de la fréquence et de l'amplitude des pulses de LH et du 17- β œstradiol, en réponse à une injection de GnRH, et diminue le nombre des récepteurs au 17- β œstradiol dans l'axe hypothalamo-hypophysaire (Brecchia et *al.*, 2004). Le niveau alimentaire affecte également les caractéristiques externes de la vulve. Des lapines nullipares ont été soumises à différents régimes alimentaires : chez les femelles en restriction alimentaire, 59% présentaient une vulve de couleur pâle, tandis que lors d'un bon niveau alimentaire, 57% des lapines avaient une vulve de couleur rose, indice d'une bonne réceptivité (Gómez et *al.*, 2005). Le glucose et les AGNE sanguins constituent de bons indicateurs du statut métabolique de la femelle. Le glucose est le principal substrat énergétique utilisé pour la folliculogénèse, néanmoins les AGNE jouent également un rôle important dans ce processus (Figure 1.11 ; Garcia-Garcia, 2012). La concentration sanguine des AGNE est plus élevée (+41,7%) chez les femelles qui refusent l'accouplement en comparaison de celles qui l'acceptent, et plus élevée chez les lapines qui n'ovulent pas (0,227 mmol/l vs. 0,187 mmol/l) (Fortun-Lamothe et Prunier, 1999) L'élévation sanguine des AGNE traduit une augmentation de la lipomobilisation.

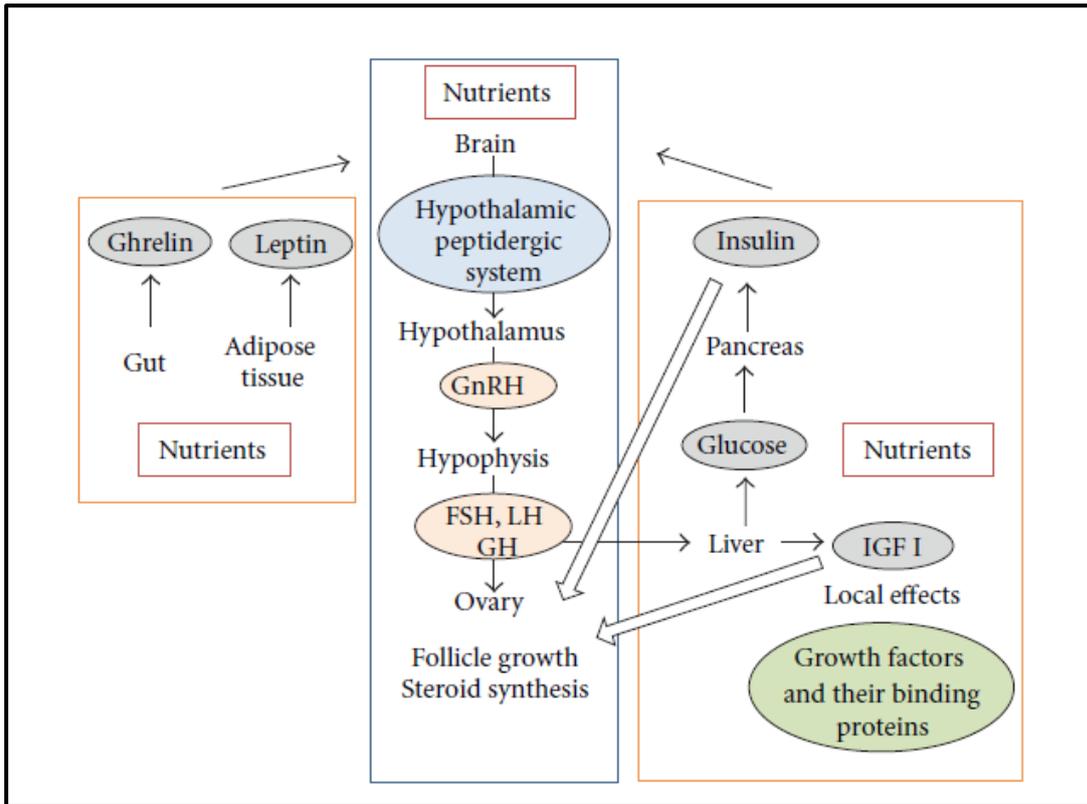


Figure 1.11. Impacts de la nutrition sur la fonction de reproduction (d'après Garcia-Garcia, 2012)

La glycémie est plus faible et les taux sanguins des AGNE plus élevés chez les lapines qui sont à la fois allaitantes et gestantes. Les interactions entre le statut métabolique et la fonction reproductive sont résumées dans la figure 1.11. La leptine, sécrétée par le tissu adipeux, et la ghréline, d'origine gastrique, sont les principales hormones du métabolisme énergétique qui contrôlent le comportement alimentaire, et qui en même temps, sont capable de moduler la sécrétion de GnRH. La leptine, facteur anorexigène, augmente la décharge de GnRH, tandis que la ghréline, facteur orexigène, exerce l'effet inverse. L'insuline et l'Insulin-like-Growth Factor 1 (IGF1) stimulent la folliculogenèse et potentialisent l'effet des hormones gonatotropes (Garcia-Garcia, 2012).

4.4. Influence des saisons

Sous les latitudes européennes, le lapin sauvage (*Oryctolagus cuniculus algirus*) possède un cycle de reproduction saisonnier. Les jours à photopériode croissante

stimulent son activité sexuelle (Hammond et Marshall, 1924, cité par Theau-Clément et Mercier, 2005c). En écosystème méditerranéen (sud du Portugal), la saison de reproduction du lapin sauvage s'étale de novembre à juin, avec un pic entre mars-avril (Gonçalves et *al.*, 2002). Les saisons affectent la fertilité du lapin domestique, tant en saillie naturelle qu'en insémination artificielle. Le taux de conception est plus élevé en avril-mai (92,5%) et plus faible en août-septembre (60,1%). Les jours longs augmentent la fréquence de marquage par les glandes mentonnières chez la lapine, tandis que les jours à photopériode décroissante la réduisent (Hudson et Vodermyer, 1992). Les lapins sont particulièrement sensibles aux températures ambiantes élevées. Ils ne possèdent pas suffisamment de glandes sudoripares qui permettraient d'évacuer l'excédent de chaleur corporelle (Szendrő, 2008). Par ailleurs, la température ambiante influe sur la consommation des aliments (Figure 1.12). Des températures de 26-28°C provoquent une baisse sensible de la prise alimentaire, de l'ordre de -20% à -50 % (Synthèse : Fortun-Lamothe, 2006). Le déficit énergétique qui en découle exerce un impact négatif sur les performances de reproduction, notamment chez les femelles allaitantes.

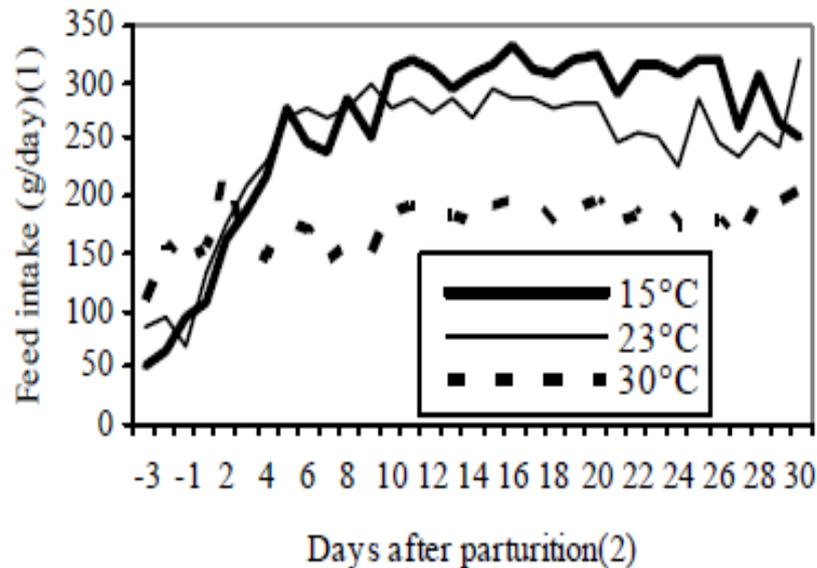


Figure 1.12. Impact de la température ambiante sur l'ingestion alimentaire des lapines (Szendrő et *al.*, 1998 cité par Szendrő, 2008)

5. Modifications morphologiques liées au cycle sexuel

5.1. Modifications des caractéristiques externes de la vulve

Chez certains mammifères, la morphologie externe de la vulve varie au cours du cycle œstral. Chez la truie (Gordon, 1997, cité par Mayor et *al.*, 2007) et la femelle pécarie (Mayor et *al.*, 2007), la morphologie de la vulve constitue un indice fiable de l'état d'œstrus : la femelle en chaleurs présente une vulve rouge et tuméfiée. Chez l'écureuil de Corée, la vulve, pâle et petite avant l'œstrus, devient rose vif à rouge et turgescence au moment de l'œstrus (Smith et Smith, 1974). Chez la lapine, les pics de réceptivité sexuelle sont également associés à des modifications morphologiques de la vulve (Mc Nitt et Moody, 1989). Quatre couleurs de la vulve, liées ou non à un état de turgescence, ont été décrites chez la lapine : rouge, rose, violette, et blanche (Figure 1.13). Plus la couleur de la vulve est marquée, plus grand est le taux d'acceptation de l'accouplement (Plà et *al.*, 1984 ; Bekyürek 1998). La couleur blanche est corrélée à un faible taux de réceptivité (20%) et la couleur rouge à un taux élevé de réceptivité (97,5%). La turgescence de la vulve augmente significativement le taux de réceptivité pour toutes les couleurs de la vulve (Diaz et *al.*, 1988). Csatádi et *al.*, (2004) ont par ailleurs, relevé une corrélation positive entre la couleur de la vulve et le comportement de marquage chez la lapine domestique. Les femelles qui présentent des vulves foncées présentent une fréquence élevée de marquage.

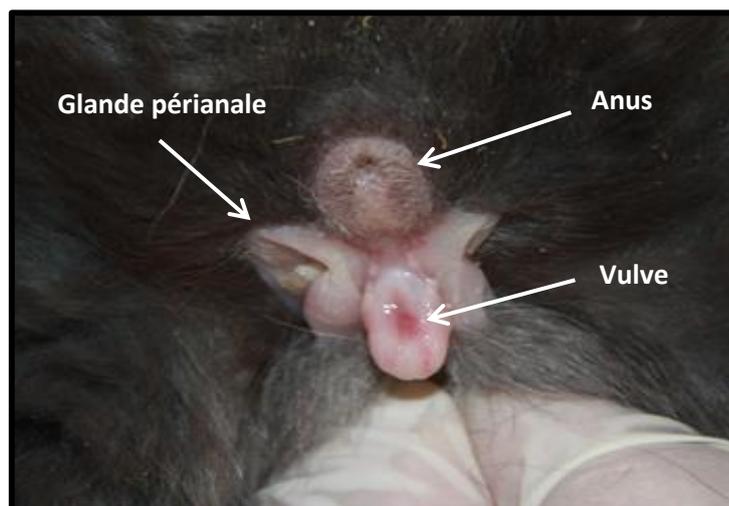


Figure 1.13. Aspect externe de la vulve chez la lapine de population locale : exemple de vulve blanche non turgescence (Photo personnelle).

A l'insémination artificielle, les femelles à vulve rouge turgescente ont également eu les meilleurs résultats de fertilité et de prolificité (Abdel-Ghaffar et Aggag, 1994). L'aspect de la vulve serait contrôlé par un ensemble de facteurs hormonaux (stéroïdes sexuels) et nerveux (système nerveux végétatif).

Contrôle hormonal. Selon Plà et *al.*, (1984), les œstrogènes, sécrétés en grande quantité lors de l'œstrus, provoqueraient une hyperhémie des lèvres vulvaires et intensifieraient ainsi la couleur et la tuméfaction de la vulve. Chez la lapine ovariectomisée, les œstrogènes augmentent de façon significative le débit sanguin dans le tractus génital (Min et *al.*, 2002). En se liant à leurs récepteurs de type membranaire (et non nucléaire), les œstrogènes induisent une vasodilatation, par relâchement des fibres musculaires lisses des vaisseaux sanguins. En effet, sous l'action des œstrogènes, les cellules endothéliales libèrent le monoxyde d'azote ou oxyde nitrique (NO), facteur de relâchement des fibres musculaires lisses. Le rôle des stéroïdes sexuels dans l'hémodynamique de la vulve chez la lapine reste néanmoins à définir (Boiti et *al.*, 2006).

Contrôle nerveux. Le système nerveux végétatif agit sur l'hémodynamique des organes génitaux. La stimulation des nerfs sympathiques produit, via une décharge de noradrénaline, une contraction des fibres musculaires lisses vasculaires des organes génitaux, à l'origine d'une réduction du débit sanguin (Traish et *al.*, 2004). Le système parasympathique augmente la congestion dans les organes génitaux ; les neurotransmetteurs impliqués sont notamment le NO et le VIP. Chez la lapine, l'injection intravaginale d'un antagoniste alpha-adrénergique augmente fortement le débit sanguin vaginal ce qui suggère une importante implication des récepteurs adrénergiques dans l'hémodynamique du tractus génital. Boussit (1989) a noté une relation entre la couleur de la vulve et le comportement de la femelle au moment de l'insémination. Les lapines à vulve pâle sont le plus souvent contractées et nerveuses, rendant l'insémination difficile. Au contraire, les femelles à vulve rouge présentent rarement de la nervosité et leur tractus génital n'est jamais contracté.

5.2. Modifications de l'épithélium vaginal

Chez certaines espèces animales (Ratte, souris, hamster), l'épithélium vaginal subit des modifications histo-physiologiques, en rapport avec le cycle oestral. Chez les

rongeurs, les frottis vaginaux montrent de très nombreuses cellules kératinisées durant l'œstrus (Vaissaire, 1977). L'épithélium de la lapine, contrairement à celui des rongeurs, est peu kératinisé. Les frottis vaginaux de la lapine n'ont pas montré de variations cycliques, et ne peuvent constituer, chez cette espèce, un indice de l'état de réceptivité sexuelle (Beyer et Mc Donald, 1973 ; Ola et Oyegbade, 2012). L'examen cytologique des frottis vaginaux de lapine a néanmoins permis de distinguer deux phases qui se succèdent l'une l'autre ; ces phases, caractérisées par l'augmentation puis la diminution du taux des cellules épithéliales, ont une durée respective de 1-2 et 2-3 jours (Ypsilantis, 1996 cité par Tsiligianni et *al.*, 2004).

Conclusion

La lapine ne possède pas, contrairement à la majorité des mammifères domestiques, de cycle sexuel régulier. Néanmoins, de nombreuses études ont décrit la nature cyclique de certaines composantes de l'activité sexuelle de la lapine, tel le cycle de développement folliculaire, l'évolution plasmatique des œstrogènes, l'attractivité des femelles exercée sur les mâles. La durée moyenne du cycle le plus fréquemment rapporté par les auteurs, toutes composantes sexuelles confondues, est de 6-7 jours. Malgré ces observations, la réceptivité sexuelle de la lapine, paramètre clé de la reproduction, reste une manifestation acyclique, irrégulière et est très variable d'une femelle à une autre. Des recherches plus approfondies, notamment sur la régulation neuroendocrinienne de la réceptivité chez la lapine, et sur ses facteurs de variation, sont nécessaires pour tenter d'expliquer ce paradoxe.

La connaissance précise de la physiologie du comportement sexuel de la lapine permettra par ailleurs de mettre en œuvre des protocoles efficaces de synchronisation de la réceptivité, dans l'objectif d'optimiser les résultats de reproduction.

Induction de l'œstrus chez la lapine domestique

Introduction

La lapine peut être fécondée et mener une gestation dès la mise-bas. Cette particularité physiologique est à l'origine des rythmes de reproduction adoptés dans les élevages cunicoles. Dans les rythmes intensif (insémination à J1-J4 postpartum) et semi-intensif (insémination à J10-J14 post-partum), la lapine mène en simultanée une lactation et une gestation. La réceptivité de la lapine en rythme semi-intensif est relativement médiocre, du fait de l'effet dépressif de l'allaitement sur le comportement sexuel (Theau-Clément et Roustan, 1992). L'antagonisme partiel entre la lactation et la fonction de reproduction a nécessité la mise en place de méthodes d'induction de la réceptivité. Ces méthodes ont pour objectifs d'augmenter la fertilité des lapines allaitantes. Parmi ces méthodes, les traitements à base d'hormones (eCG) sont les plus répandus, notamment dans les pays de la communauté européenne. Celle-ci projette néanmoins d'imposer une restriction à l'utilisation des hormones, dans le but de préserver l'image naturelle et saine de la viande de lapin, sans risque de résidus, et tout en respectant le bien-être animal (Castellini, 1996).

C'est dans cette optique que l'International Rabbit Reproduction Group (IRRG) (Boiti, 1998) a entrepris d'expérimenter des méthodes non hormonales, susceptibles d'induire et de synchroniser la réceptivité sexuelle de la lapine. Ces méthodes sont regroupées sous le terme de biostimulations (Theau-Clément et *al.*, 1998). Après un rappel sur les principales méthodes usuelles d'induction de l'œstrus (traitements hormonaux), nous envisagerons les différentes modalités liées à la biostimulation chez la lapine.

1. Les méthodes hormonales

Elles consistent en l'administration d'hormones capables de stimuler l'activité ovarienne (eCG) et de facteurs lutéolytiques (prostaglandines F2 alpha) (Theau-Clément, 2005a).

1.1 La gonadotropine chorionique équine (eCG)

L'eCG, anciennement dénommée Pregnant Mare Serum Gonadotropin (PMSG), est une hormone glycoprotéique extraite du sérum de jument gravide. Son poids moléculaire avoisine les 45 000 Da - 64 000 Da (Synthèse : Drion et *al.*, 1998). L'hormone possède une double activité de type FSH et LH et est, de ce fait, largement utilisée dans la maîtrise de la reproduction des espèces domestiques ; chez les petits ruminants (brebis, chèvre), l'eCG permet d'induire l'œstrus à contre-saison. L'emploi d'eCG est également répandu chez la lapine à des fins d'induction et de synchronisation de l'œstrus. La majorité des études rapportent un taux de réceptivité de 90%, deux à trois jours après une injection d'eCG (Synthèse: Maertens et *al.*, 1995). L'eCG agit directement sur l'ovaire de la lapine. Son effet majeur de type FSH permet d'accroître le nombre de follicules préovulatoires (Bonnanno et *al.*, 1990). L'administration d'eCG entraîne la maturation d'une nouvelle vague de follicules dans un délai de 48 à 72 heures, accompagnée d'une nette augmentation du taux d'œstrogènes et corrélativement l'apparition du comportement d'œstrus. L'injection d'eCG est réalisée par voie intramusculaire ou sous-cutanée, 48 heures avant l'insémination. Les doses usuelles sont de 20 à 25 UI, mais peuvent varier de 8 à 30 UI. Les doses supérieures à 30 UI sont susceptibles d'accroître la mortinatalité (Quinton, 2001).

En insémination artificielle, l'injection d'eCG est associée à celle de GnRH pour induire l'ovulation. Si l'eCG permet d'améliorer la réceptivité des lapines mises à la reproduction en insémination artificielle, son efficacité dépend toutefois de l'état physiologique des femelles et de leur parité. L'eCG n'améliore pas la fertilité des nullipares (Theau-Clément, 2005a), mais augmente celle des lapines primipares et multipares allaitantes. Pour Maertens (1998), l'emploi d'eCG permet d'augmenter la fertilité des multipares lors des premières lactations. En rythme semi-intensif (IA à J11 PP), des résultats positifs sont obtenus avec des doses de 20-25 UI, en particulier chez la lapine allaitante (Lebas, 2006). La dose de 8 UI d'eCG deux jours avant l'IA est efficace chez les multipares allaitantes soumises à un rythme de 35 jours (IA à J4 PP), mais insuffisante dans le rythme de 42 jours (IA à J11 PP) (Theau-Clément et Mercier, 2002). En revanche, cette dose est inefficace chez les primipares et les femelles non allaitantes, et n'a pas d'impact sur la prolificité à la naissance ou au sevrage (Theau-Clément et *al.*, 2008). En résumé, le protocole utilisant 20-25 UI d'eCG, administré 48 heures

avant l'insémination au 11^{ème} jour postpartum, permet d'induire l'œstrus des lapines, et améliore en conséquence leur fertilité et productivité. Le principal inconvénient lié à l'utilisation d'eCG en tant qu'inducteur d'œstrus réside dans sa propriété immunogène. Chez la lapine, et à l'instar des autres espèces mammifères, l'eCG possède en effet des propriétés antigéniques, liées à sa nature protéique et à son haut poids moléculaire (Canali, 1991 cité par Theau-Clément, 2005a). Son utilisation prolongée conduit à une baisse de la fertilité. Selon Boiti et al. (1995), l'effet négatif n'apparaît qu'au-delà de la septième injection. Pour Theau-Clément et Lebas (1996), l'influence positive de l'eCG sur les performances de reproduction s'observe uniquement lors des quatre premières lactations. Cette particularité limite le champ d'utilisation de l'hormone dans les élevages cunicoles. L'eCG est également utilisée, à des doses plus élevées, afin de provoquer des super-ovulations pour le transfert embryonnaire. Des doses élevées d'eCG peuvent induire chez la lapine des troubles de la folliculogénèse, avec apparition de follicules hémorragiques (Figure 2.1). Ces troubles sont connus sous le nom de Syndrome d'hyperstimulation ovarienne (Boiti et al., 2006).

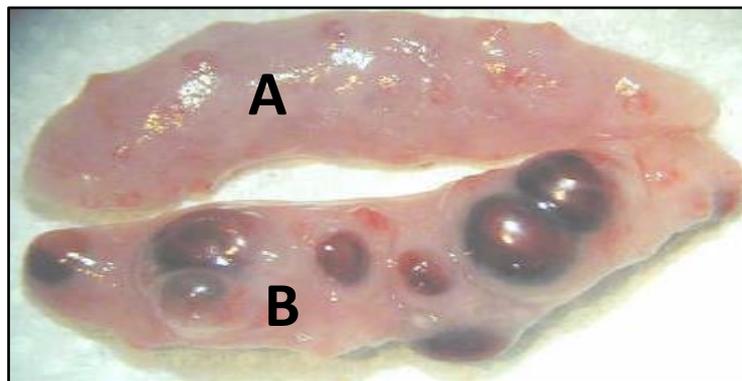


Figure 2.1. Ovaries de lapine après injection de 10 mg de FSH (A) ou de 20 UI/Kg d'eCG (B) (Boiti et al., 2006). *Ovaire A : follicules pré-ovulatoires normaux. Ovaire B : nombreux follicules hémorragiques.*

1.2. La prostaglandine F2 alpha

La prostaglandine F2 alpha (PGF2 α) est utilisée chez la lapine pour son action lutéolytique (lyse des corps jaunes). L'administration de PGF2 α au 29^{ème} jour de la gestation permet de synchroniser les mises-bas, et d'augmenter la réceptivité sexuelle (+16 %) quand les femelles sont inséminées au 7^{ème} jour PP (Ubilla, 1988, cité par Theau-Clément, 2005a). Ceci est cependant peu compatible avec les rythmes actuellement pratiqués dans les élevages cynicoles (IA à J1, à J10-12 ou après le sevrage). En période postpartum, l'injection de 200 μ g d'alfaprostol (un analogue de synthèse de PGF2 α) 72 heures avant l'IA, permet d'obtenir des résultats équivalents à ceux de l'eCG. Dans ces conditions, l'alfaprostol n'améliore pas la fertilité mais augmente la taille de portée (Mollo et al., 2003).

Les mécanismes d'action lutéolytiques de PGF2 chez la lapine mettent en jeu l'oxyde nitrique (Figure 2.2; Boiti et al., 2006). L'efficacité des PGF2 α s'expliquerait par le fait qu'une faible proportion de lapines présente un taux élevé de progestérone en post-partum (Boiti et al., 1996). L'origine de cette progestéronémie élevée (P4 > 1ng/ml de plasma) chez les lapines non saillies est méconnue. Elle résulterait d'ovulations de type spontané. La PGF2 α , de par son action lutéolytique, abaisse la progestéronémie et améliorerait ainsi la réceptivité de la lapine. L'efficacité du traitement par la PGF2 α dépend en conséquence de la proportion des lapines ayant une progestéronémie élevée, et de celles étant en pseudogestation (Theau-Clément, 2005a).

Le corps jaune de pseudogestation devient sensible à la PGF2 α à partir du 6^{ème} jour postcoïtum (Quinton, 2001). La PGF2 α , contrairement à l'eCG, n'est pas immunogène.

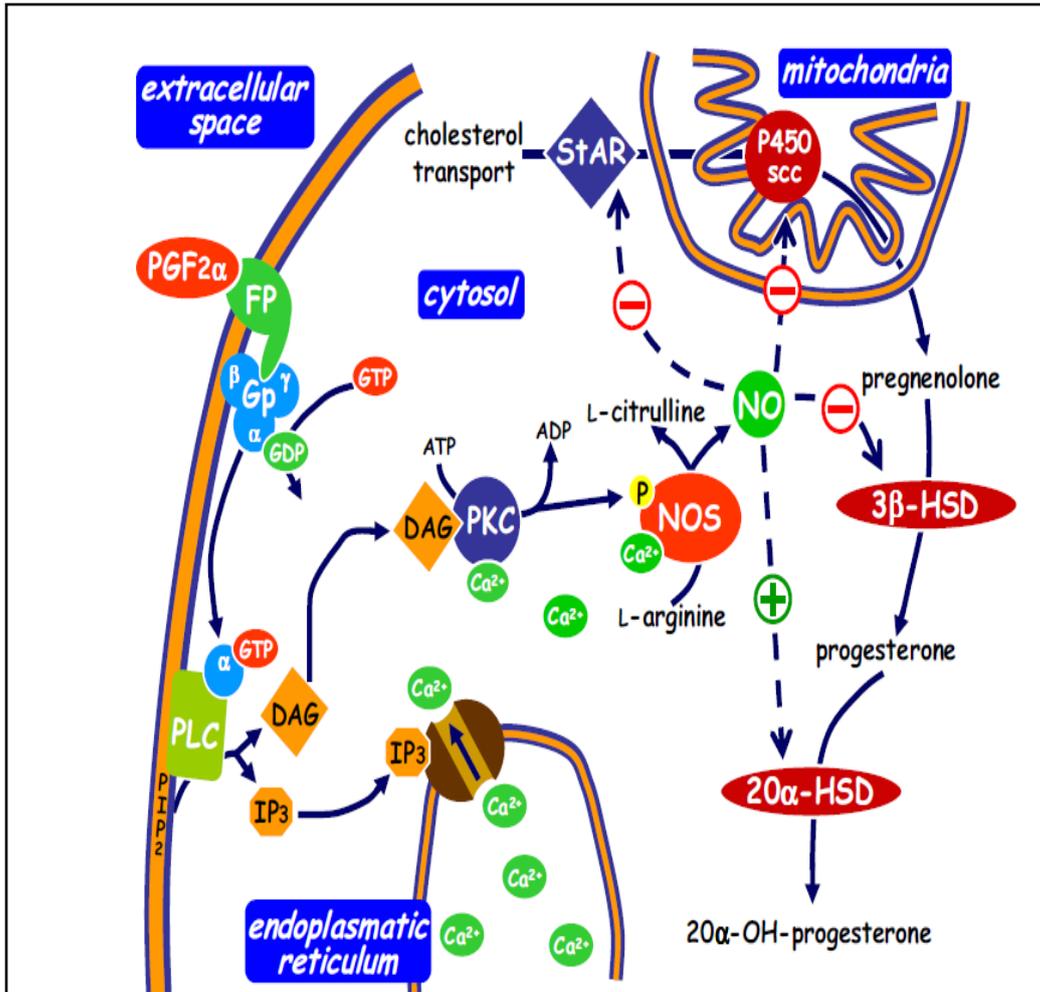


Figure 2.2. Mécanismes d'action lutéolytique de la PGF2α chez la lapine au 9^{ème} jour de la pseudogestation (d'après Boiti et al., 2006).

20α-HSD : 20α-hydroxystéroïde-déhydrogénase ; **3β-HSD** : 3β-hydroxystéroïde-déhydrogénase ; **ADT** : Adénosine diphosphate ; **ATP** : Adénosine triphosphate ; **Ca⁺⁺** : Calcium ionisé ; **DAG** : Diacyglycérol ; **Fp** : Récepteur de PGF2α ; **GDP** : Guanadine diphosphate ; **Gp** : Protéine G ; **GTP** : Guanadine triphosphate ; **IP3** : Inositol diphosphate ; **NO** : Oxyde nitrique ; **NOS** : Oxyde nitrique synthase ; **P** : Phosphate ; **P450 scc** : Cytochrome 450 scc ou Cholestérol desmolase ; **PGF2α** : Prostaglandine F2 alpha ; **PIP2** : Phosphatidyl Inositol diphosphate ; **PK C** : Protéine kinase C ; **PLC** : Phospholipase C ; **StAR** : Protéine régulatrice de la stéroïdogénèse. Les traits hachurés indiquent les voies d'action possible de NO/NOS.

2. Les méthodes non hormonales

Ce sont les travaux de Lefèvre et Moret (1978) qui ont montré pour la première fois l'influence d'une modification brutale de l'environnement sur l'apparition de l'œstrus chez la lapine nullipare. La biostimulation consiste à utiliser cette sensibilité de la lapine à son environnement dans le but d'améliorer sa réceptivité sexuelle (Quinton, 2001). Les méthodes de biostimulation représentent des moyens alternatifs à l'utilisation d'hormones. Elles sont appliquées généralement deux à trois jours avant l'insémination. Les principales techniques expérimentées portent sur la manipulation des femelles tel le regroupement des femelles, le changement de cage, le placement à proximité des mâles et la séparation transitoire mère-portée, ainsi que sur les programmes lumineux et alimentaires (Theau-Clément et *al.*, 1998).

2.1. La manipulation des animaux

2.1.1. Le regroupement des femelles

Le regroupement des femelles (8 lapines/cage) 15 minutes avant la saillie peut améliorer la fertilité des lapines nullipares et multipares. Cette technique n'est pas efficace chez les primipares. Elle représente par ailleurs un surcroît de travail, ainsi qu'un risque sanitaire non négligeable (Duperray et *al.*, 1999). Pour toutes ces raisons, le regroupement des femelles est à proscrire dans les élevages fragiles (Theau-Clément, 2005a).

2.1.2. Le changement de cage

Un changement de cage effectué 48 heures avant l'insémination, constitue un moyen efficace de synchronisation de l'œstrus chez la nullipare (Castellini, 1996). En revanche, un changement de cage de 24 heures, effectué trois jours avant l'insémination, n'améliore pas la réceptivité sexuelle des femelles (Castellini et *al.*, 1998). Ceci peut être attribué au délai trop long entre la biostimulation et l'insémination. Le changement de cage des femelles 8 à 10 heures avant l'insémination artificielle permet également de stimuler la réceptivité des lapines allaitantes (74,8% vs. 55,0 % pour le lot témoin). Ce

traitement a pour effet d'augmenter la taille de la portée à la naissance sans influencer sur la fertilité (Rodriguez De Lara et *al.*, 2003). La sensibilité au changement de cage semble être influencée par la race. La lapine de race Californienne montre un meilleur taux de réceptivité sexuelle après le changement de cage (+32%), tandis que ce traitement n'a pas montré d'influence sur les lapines de race NZB (+5%) (Gomez et *al.*, 2005). Bonnano et *al.* (1999) rapporte que le changement de cage n'améliore pas la réceptivité sexuelle des femelles allaitantes non réceptives et que la séparation ponctuelle mère-portée de 44 heures s'avère être plus efficace (respectivement 50,0 vs. 72,7%). Le changement de cage des femelles avant l'insémination n'a un effet positif sur la fertilité que pour les femelles nullipares. Ce type de biostimulation s'avère être par ailleurs astreignant, à cause du supplément de travail qu'il occasionne (Theau-Clément, 2005a).

2.1.3. La proximité des mâles

Chez de nombreuses espèces domestiques (brebis, vache, truie), la présence du mâle permet d'induire l'oestrus. L'effet «mâle» est notamment mis à contribution dans la reproduction des brebis, lors de l'anoestrus saisonnier. A ce jour, peu de travaux ont étudié l'impact du mâle sur la reproduction des lapines, et la nature des échanges olfactifs entre mâle et femelle reste méconnue. L'influence du mâle a été démontrée chez les nullipares, chez qui la présence du mâle permet d'améliorer la réceptivité sexuelle (Lefèbre et Moret 1978).

La réceptivité des lapines allaitantes n'est pas améliorée lorsque les femelles sont placées à proximité des mâles quelques jours (trois à quatre jours) ou quelques heures (huit à dix heures) avant l'insémination. L'exposition au mâle a pour effet d'augmenter la taille de la portée à la naissance (Rodriguez De Lara et *al.*, 2003), et de stimuler la fertilité des primipares allaitantes (Bonnano et *al.* 2003). Cet effet pourrait résulter d'une amélioration du transport des spermatozoïdes dans les voies génitales femelles (Rodriguez De Lara et *al.*, 2003). En effet, chez la truie, la présence du mâle renforce les contractions de l'utérus (Docke et *al.*, 1963, cité par Rodriguez De Lara et *al.*, 2003). Les stimulations sensorielles mises en jeu lorsque la femelle est placée en présence des mâles (vue, odeur, phéromone) pourrait accroître la sensibilité de l'hypophyse aux doses exogènes de GnRH, qui agit en stimulant le développement des follicules et l'ovulation. La méthode basée sur la proximité

des mâles n'a pas donné, à ce jour, de résultats satisfaisants chez la lapine. De plus, cette pratique est trop laborieuse pour être mise en œuvre dans les exploitations cynicoles (Theau-Clément, 2005a). Une étude récente a permis de définir l'influence du type de contact entre les lapines et les mâles : un contact prolongé (30 jours) permettant des échanges tactiles entre mâles et femelles améliore la réceptivité mais affecte la fertilité (Ola et Olatunbosun, 2013).

2.2. La séparation transitoire mère-portée

2.2.1. Séparation transitoire sans allaitement contrôlé

Les durées de séparation appliquées sont de 24, 36, 40 et 48 heures. Concrètement, pour une séparation de 48 heures (insémination artificielle à J11), les boîtes à nid sont fermées à J9, au matin et réouvertes à J11 au matin. L'insémination des femelles a lieu avant ou immédiatement après la tétée (Figure 2.3).

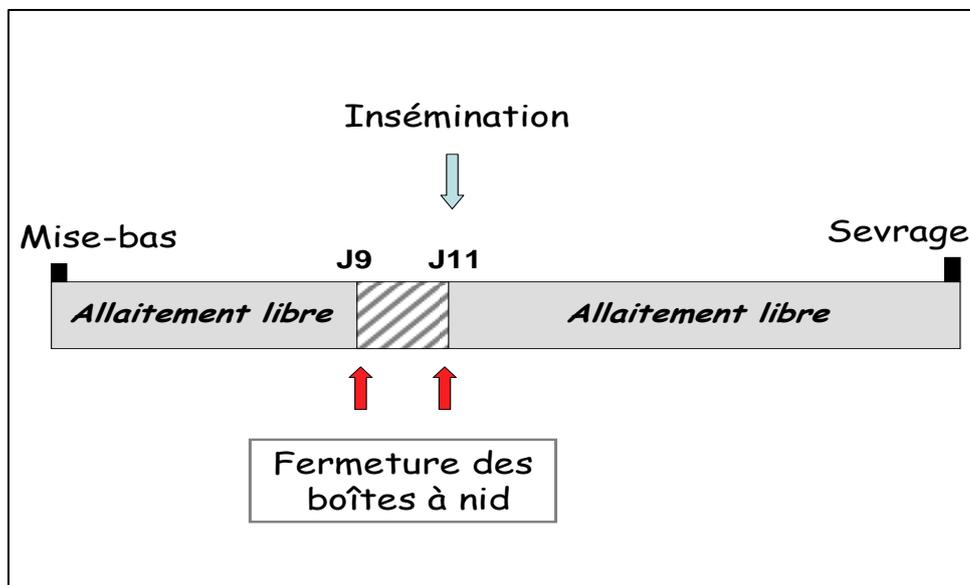


Figure 2.3. Protocole d'une biostimulation par séparation mère-portée de 48 heures en rythme de reproduction semi-intensif (IA à J11PP) (Schéma personnel)

Séparation de 24 heures. Pavois et *al.*, (1994) a été le premier à appliquer les séparations mère-portée en tant que méthodes d'induction de l'œstrus chez la lapine. Il a montré qu'une séparation de 24 heures avant l'IA a augmenté de 25,6% la réceptivité des femelles et de 13 % leur fertilité, sans affecter le poids de la portée allaitée. Lors d'études expérimentales réalisées dans les mêmes conditions, Theau-Clément et Mercier (1999) ont relevé des données comparables concernant la fertilité des lapines (+ 12,6%), la réceptivité n'ayant toutefois pas été augmentée de façon significative (Tableau 2.1). Castellini et *al.* (1998) a obtenu des résultats différents, en appliquant une séparation de 24 heures trois jours avant l'insémination pratiquée à J11 PP. L'auteur n'observe pas d'amélioration significative de la réceptivité (+12,1%) et de la fertilité (+6,6%) et attribue ces résultats à la durée relativement courte de la séparation, et au délai trop long entre la séparation et l'insémination. Pour qu'elle soit effective, la biostimulation doit être effectuée juste avant la saillie. La majorité des études montrent qu'une séparation appliquée 24 heures avant l'insémination, n'augmente pas la réceptivité et la productivité globale des lapines (Alvariño et *al.*, 1998 ; Theau-Clément et Mercier, 2002).

Séparation de 36 heures et 48 heures. Les séparations de 36-48 heures avant l'insémination à J11 du PP ont permis d'améliorer la réceptivité et la fertilité des femelles et d'atteindre des résultats comparables à ceux obtenus avec l'administration de 20 UI de PMSG (Alvariño et *al.*, 1998 ; Maertens, 1998 ; Bonnano et *al.*, 1999). Maertens (1998) a comparé l'efficacité d'une séparation de 40 heures avant l'IA (IA à J 11), et d'une injection de PMSG (20 UI) chez des lapines allaitantes. La réceptivité et la fertilité des lapines du lot « séparation mère-portée » (respectivement 78,8% et 78,0%) étaient significativement plus élevées que celles du lot témoin (40,8% et 66,9%) et comparables avec celles du lot traité avec la PMSG (75,1% et 76,7%). Bonnano et *al.* (1999) rapporte une augmentation de 15,7 % de la réceptivité des femelles après une séparation de 48 heures. En saillie naturelle, la séparation mère-portée de 39 heures a également amélioré la réceptivité et le taux de mise-bas (respectivement + 6,7% et +10,8% ; Moura, 2003).

Tableau 2.1. Effet d'une séparation mère-portée de 24 h avant l'insémination artificielle chez la lapine (synthèse de données bibliographiques)

Jour PP	Durée (h)	Parité	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Prolificité (nés totaux)	Auteurs
J3	24 h	Multipare	–	+16,8% 64,2 vs. 47,4	Ns 7,9 vs. 7,6	Alvarino et al., 1998
J10	24 h	Multipare	–	Ns 78,6 vs. 75,1	Ns 8,8 vs. 9,3	Alvarino et al. 1998
J10	24 h	Multipare	Ns 60,7 vs. 53,2	+12,6% 94,9 vs. 82,3	Ns 10,1 vs. 9,3*	Theau-Clément et Mercier 1999
J10	24 h	–	–	Ns 70,0 vs. 68,6	+0,7 8,2 vs. 7,5	Maertens et al. 2000
J3	24 h	Primipare & Multipare	–	+11,5% 69,6 vs. 58,1	+1,7 8,6 vs. 6,9	Rebollar et al. 2006

(* nés vivants ; – : non communiqué ; lapine biostimulée vs. lapine témoin; PP : Postpartum ; h : heure ; Ns : non significatif pour $p > 0.05$)

L'impact d'une séparation mère-portée de 48 heures sur la fertilité semble dépendre de la parité, mais les résultats apparaissent parfois contradictoires. Pour Bonnano et al. (1999) et Rebollar et al. (2006), l'effet est positif pour les stades de lactation ≤ 4 . En revanche, pour Virag et al. (1999), l'effet bénéfique de la biostimulation décroît pour les lapines effectuant leur 2^{ème} ou 3^{ème} lactation et augmente à nouveau pour les femelles de parité 4 à 6.

La majorité des études indiquent néanmoins que les meilleurs résultats sont obtenus chez les primipares (Virag, 1999 ; Scendrö et al., 1999). Les primipares se caractérisent par les plus faibles performances de reproduction, conséquence de l'important déficit énergétique qui s'installe à la première lactation (Xiccato, 1996).

A. Impact du système d'élevage

Mode d'allaitement. L'effet de la séparation mère-portée varie selon que l'allaitement pratiqué avant la biostimulation soit libre ou contrôlé. Dans les systèmes où la tétée est systématiquement contrôlée par la fermeture de la boîte à nid, une séparation de 48 heures pratiquée entre le 9^{ème} et le 11^{ème} jour postpartum n'a qu'un léger effet, non significatif, sur la réceptivité et la fertilité (Scendrö et *al.*, 1999). L'influence positive de la séparation mère-portée est plus importante lorsque l'allaitement est libre avant et après la biostimulation (Scendrö et *al.*, 1999).

Rythme de reproduction. L'effet positif de la séparation mère-portée est plus prononcé lorsque la stimulation est pratiquée entre le 2^{ème} et le 4^{ème} jour postpartum, en comparaison avec les jours 9 et 11 postpartum (Alvarño et *al.*, 1998). Cette technique permet par ailleurs d'augmenter la taille de la portée (+0.7), ce qui confirme que l'antagonisme entre les fonctions de reproduction et de lactation est particulièrement important entre le 3^{ème} et 5^{ème} jour postpartum (Theau-Clément, 2005a)

Moment de l'insémination. Scendrö et *al.* (1999) a étudié l'influence du moment de l'insémination après une séparation effectuée entre J9-J11 postpartum. Les lapines ont été inséminées soit 2 heures avant l'allaitement, soit immédiatement après l'allaitement, soit 2 heures après l'allaitement. Ces différentes modalités n'ont pas montré d'effet significatif sur la réceptivité et la fertilité.

Influence des moyens de séparation mère-portée. Les moyens de séparations utilisés (grillage, plaque métallique..) exercent, selon la nature des stimuli échangés entre la mère et sa portée, une influence sur les performances des femelles et la croissance des petits. L'emploi d'un grillage empêche le contact entre la femelle et ses petits, mais préserve les stimuli visuels, auditifs et olfactifs. L'utilisation d'une plaque métallique supprime les stimuli visuels mais permet la perception auditive et olfactive. La séparation par déplacement de la mère dans une autre pièce annihile l'ensemble des stimuli. Eiben et *al.* (2007) a comparé 3 types de séparation mère-jeunes : la première est réalisée en interposant un grillage entre la mère et sa portée (I), la seconde en plaçant une plaque métallique (II), et la troisième en déplaçant la portée à 5 mètres de la

cage maternelle (III). Les séparations, avec allaitement contrôlé, sont appliquées les trois jours précédant l'insémination artificielle (à J11), soit à J8, J9 et J10. Les taux de réceptivité, de fertilité et de mise bas du groupe III ont été respectivement plus élevés de 17%, 9% et 11% en comparaison avec les groupes I et II. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que la lapine éloignée de sa portée (III) ne reçoit plus de stimulus visuel, auditif ou olfactif de sa portée. L'absence de stimuli émanant des lapereaux semble influencer positivement l'axe hypothalamo-hypophyso-ovarien. Cependant, selon Bonnano et *al.* (1999), une séparation ponctuelle mère-portée ne montre pas d'effet positif sur la fertilité lorsqu'elle est associée à un changement de cage de la mère.

B. Impact sur la croissance des lapereaux

Dans les conditions physiologiques, la lapine allaite généralement ses petits une fois toutes les 24 heures (Zarrow et *al.*, 1965). Une séparation de 48 heures a ainsi pour conséquence de supprimer, au minimum, une séquence d'allaitement.

Impact sur le poids des lapereaux avant le sevrage. A J21 et à J35 postpartum, Theau-Clément et *al.* (2002) ne décrit pas de variation de poids entre les lapereaux séparés 48 heures de leur mère et ceux du groupe témoin. Néanmoins, la plupart des expérimentations rapportent une baisse significative du poids des lapereaux au sevrage, de l'ordre de 10%. Selon Alvariño et *al.* (1998), une séparation de 36 heures et de 48 heures avant l'IA (J11), a réduit le poids au sevrage des lapereaux respectivement de 9,9% et 9,2%. Des résultats semblables (40 à 47 g de perte de poids par lapereau au sevrage) ont été rapportés par Maertens et *al.* (1998). Ubilla et *al.* (2000) note dans des conditions expérimentales similaires, une baisse du poids de la portée au sevrage de 15,5%. Après 48 heures de séparation, les lapereaux privés de tétées ont un poids de 20 % inférieur à celui des lapereaux témoins (Espinosa et *al.*, 2002). Pour Virag et *al.* (1999), la séparation mère-portée de 48 heures, entre J9 et J11, a eu de sévères conséquences sur le poids de la portée à 21 jours (-19,0%), et les résultats les plus significatifs sont observés chez les primipares.

Impact sur le poids des lapereaux après le sevrage Les recherches ayant analysé l'évolution des lapereaux après le sevrage aboutissent à des résultats contradictoires. Certaines soulignent que la perte de poids est rapidement compensée au cours de la période d'engraissement ; entre l'âge de 35 et 70 jours, le gain moyen quotidien des lapereaux séparés atteint celui du groupe

témoin et lui devient même supérieur (Boiti et *al.*, 2001; Moura et *al.*, 2003). En revanche, d'autres études indiquent que l'influence négative de la séparation persiste après le sevrage. Bonnano (1999) rapporte ainsi que le poids vif enregistré à l'âge de 74 jours était significativement inférieur chez les lapereaux ayant été séparés durant 48 heures de leur mère (- 75 g). De façon similaire, Scendrö et *al.* (1999) révèle une perte de poids de 12,5% (20-30g) chez les lapereaux au sevrage, sans croissance compensatrice, avant ou après le sevrage ; les poids contrôlés à 70 jours sont respectivement de 2102g pour le témoin et 2068g pour le lot expérimental (48 heures de séparation, de J9 à J11 après la mise-bas). Le jeûne de 48 heures imposé aux lapereaux entre le 9^{ème} et le 11^{ème} jour postpartum induit des perturbations transitoires sur le tractus digestif, tel une baisse du poids des intestins et de la hauteur des villosités intestinales (Rebollar et *al.*, 2004).

Impact sur la taille de la portée. La taille de portée au sevrage n'est pas influencée par une séparation mère-portée de 24 heures, appliquée à J10 postpartum. (Theau-Clément et *al.*, 1998 ; Theau-Clément et *al.*, 2002). De façon similaire, le taux de mortalité au sevrage n'a pas montré de variation significative après 24, 36 ou 48 heures de séparation (Alvarino et *al.*, 1998, ; Ubilla et *al.*, 2000; Espinosa et *al.*, 2002). Cependant, chez les primipares, Moura et *al.* (2003) a relevé un taux de mortalité plus élevé chez les portées ayant été temporairement séparées de leur mère, en comparaison des portées témoins (respectivement 20,0 vs. 9,8%). Même si la plupart des études montrent que la séparation ponctuelle de la mère s'accompagne d'une diminution du poids au sevrage des lapereaux, la séparation de 36 à 48 heures améliore généralement la productivité globale (Theau-Clément et Fortun-Lamothe, 2005b).

2.2.2. Séparation transitoire avec allaitement contrôlé

Certains auteurs préconisent d'effectuer une séparation mère-portée avec un allaitement contrôlé, afin d'éviter l'effet négatif sur la croissance des lapereaux. Bonnano et *al.* (2004) a appliqué deux séparations successives de 24 heures, entrecoupées d'une courte période d'allaitement (10 minutes). Il a obtenu une amélioration de 15 % pour la fertilité, sans réduction du poids de la portée au sevrage. Selon l'auteur, une séparation de 48 heures avec un allaitement contrôlé donne les mêmes résultats quant à la réceptivité et la fertilité qu'une séparation

de 48 heures, sans pour autant affecter la croissance des petits. Dans une expérimentation similaire, Rebollar et *al.* (2008) a obtenu, chez les femelles soumises à un allaitement contrôlé, une augmentation significative de la réceptivité sexuelle (+18.1%) et de la fertilité (+14.7%).

L'allaitement contrôlé, appliqué durant les 3 jours précédents l'insémination, permet également d'améliorer les performances de reproduction des lapines, et d'augmenter le nombre de lapereaux nés vivants (9,01 *vs.* 7,81) (Matics et. *al.*, 2004). Ce traitement n'a pas montré d'influence négative sur le taux de mortalité des lapereaux entre la naissance et le 21^{ème} jour (12,5% pour le lot témoin *vs.* 13,3% pour le lot séparé), sur le poids de la portée au 21^{ème} jour (2633g *vs.* 2609g), et sur le poids individuel des lapereaux au 21^{ème} jour (354g *vs.* 356 g). Eiben et *al.* (2004) a montré que le passage d'un mode d'allaitement libre à un allaitement contrôlé, à raison d'une tétée par 24 heures, quelques jours avant l'insémination, permet d'améliorer les performances de reproduction des lapines allaitantes. L'auteur a appliqué ce traitement durant cinq jours consécutifs, soit deux jours avant puis trois jours après l'insémination. Les données sur la réceptivité n'ont toutefois pas été communiquées par l'auteur.

2.2.3. Mécanismes physiologiques impliqués dans la séparation mère-portée

A. Mécanismes chez la mère

La séparation mère-portée est à l'origine de modifications hormonales qui exercent un effet stimulateur sur l'activité ovarienne et, en conséquence sur la réceptivité sexuelle.

Effet sur les œstrogènes. La séparation mère-portée de 48 heures produit une élévation des œstrogènes plasmatiques (Ubilla et *al.*, 2000), conséquence d'une intensification de l'activité stéroïde des follicules ovariens (Figure 2.4). Les œstrogènes sont à l'origine d'une augmentation de la réceptivité sexuelle (Beyer et Mc Donald, 1973).

Effet sur les hormones gonadotropes. Les lapines séparées durant 48 heures de leur portée présentent des taux plasmatiques plus élevés de FSH et LH (Cano et *al.*, 2005). Par ailleurs, des injections de GnRH produisent, chez ce type de femelles, une décharge plus importante de LH (Ubilla et *al.*, 2000b).

Effet sur la prolactinémie. Les données bibliographiques se rapportant aux variations de la prolactine après une séparation mère- portée de 48 heures sont contradictoires. Selon Rebollar et *al.* (2008), la prolactinémie des lapines est abaissée chez les lapines séparées entre J9 et J11 PP. L'interruption de l'allaitement, qui constitue habituellement le principal facteur déclencheur de la décharge de prolactine durant la lactation (Mc Neilly, 1978), serait probablement à l'origine de cette baisse de la prolactinémie. La prolactine inhibe le développement folliculaire (Mc Neilly et *al.*, 1982). En conséquence, chez les lapines séparées de leur portée, la diminution de la prolactine favoriserait la sécrétion des oestrogènes par les follicules et stimulerait ainsi la réceptivité sexuelle de la femelle. A l'opposé, Rebollar et *al.* (2004b) et Cano et *al.* (2005) n'observent pas de modification de la prolactinémie après une séparation de 48 heures ; ces derniers auteurs ont notamment établi le profil plasmatique de la prolactine durant les 24 heures qui suivent la biostimulation et n'ont pas relevé de différence entre les lapines séparées et les femelles témoins (Figure 2.5).

Impact sur la lactation et sur l'incidence de mammite chez la femelle. Au lendemain de la séparation (48 heures : J9-J11 postpartum), la quantité de lait produite par la lapine a augmenté de 22%. Puis à J12, J13 et J14, la production laitière de ces lapines est passée en dessous de celle des lapines du lot témoin (respectivement -33%, -15% et -6% selon Scendrö et *al.* (1999) et -40%, -18%, et -15% selon Rebollar et *al.* 2004a). La biostimulation modifie également la composition du lait ; deux jours après l'interruption d'allaitement, la matière sèche du lait a augmenté de 4,2%, la matière grasse de 1,7%, les protéines de 2,6% et les minéraux de 0,53% (Scendrö et *al.*, 1999). Les teneurs redeviennent ensuite proches de celles de départ. La séparation a produit des effets proches de ceux observés lors du tarissement. En revanche, selon Ubilla et *al.* (2000), la séparation mère-portée de 48 heures n'a exercé aucun effet sensible sur la production laitière des lapines. Les séparations de 44 heures n'ont pas révélé d'augmentation sur l'incidence des mammites (Bonnano et *al.*, 1999).

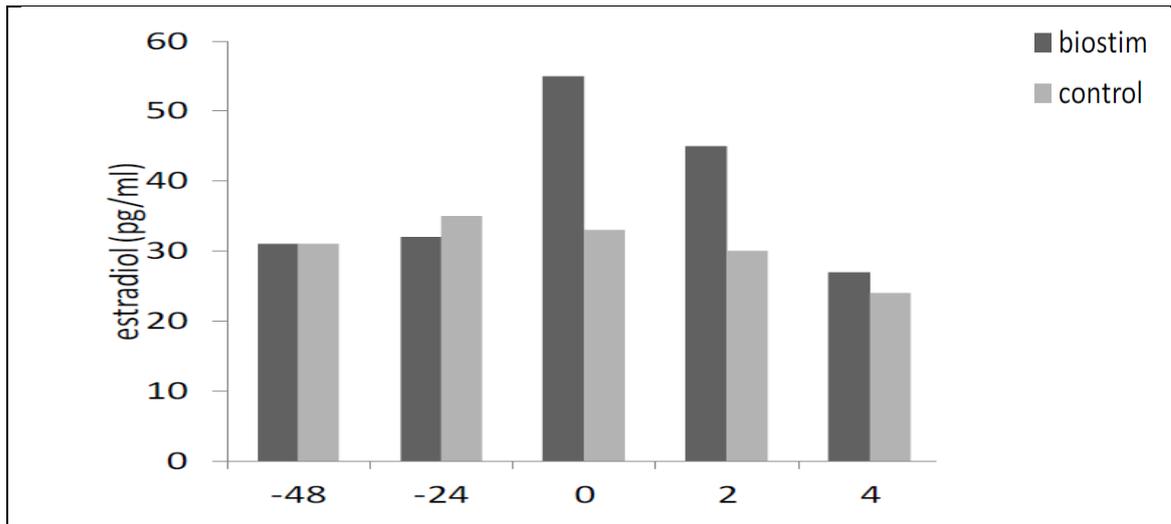


Figure 2.4. Effet d'une séparation mère-portée de 48 heures sur la sécrétion d'oestradiol chez la lapine (d'après Ubilla et *al.*, 2000, modifié par Gonzalez-Mariscal, 2012)

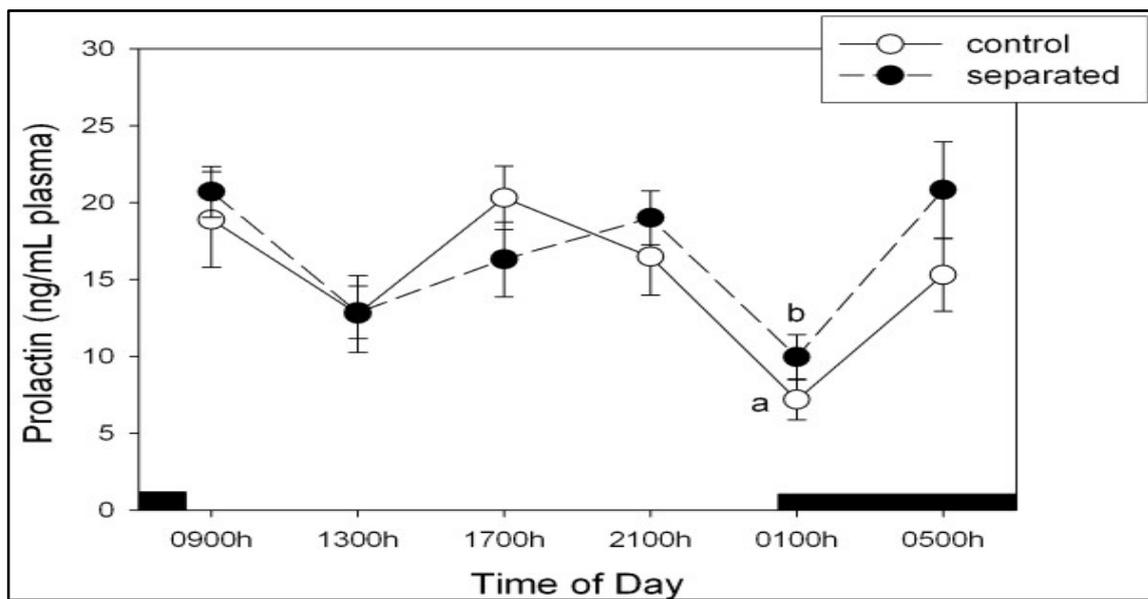


Figure 2.5. Evolution de la prolactine plasmatique après une séparation mère-portée de 48 heures chez la lapine multipare (d'après Cano et *al.*, 2005). Les lapines ont été soumises à une durée d'éclairage de 16h/24heures.

■ : période non éclairée de la journée.

B. Mécanismes chez les lapereaux

La séparation mère-portée de 48 heures a des répercussions sur le système endocrinien des jeunes lapereaux (Brecchia et *al.*, 2009). Le taux de corticostérone à J14 est 10 fois plus élevé chez les lapereaux ayant été séparés durant 48 heures de leur mère (de J9 à J11) en comparaison des lapereaux témoins ($2\mu\text{g}/\text{dl}$ vs. $0.2\mu\text{g}/\text{dl}$). Les glucocorticoïdes stimulent la néoglucogenèse et la glycogénolyse hépatique, permettant de maintenir l'homéostasie du glucose en période de jeûne. La séparation mère-portée semble avoir un impact sur la réactivité au stress des lapereaux à l'âge adulte. Les lapins ayant été séparés ont une sécrétion moins importante de corticostérone (Figure 2.6)

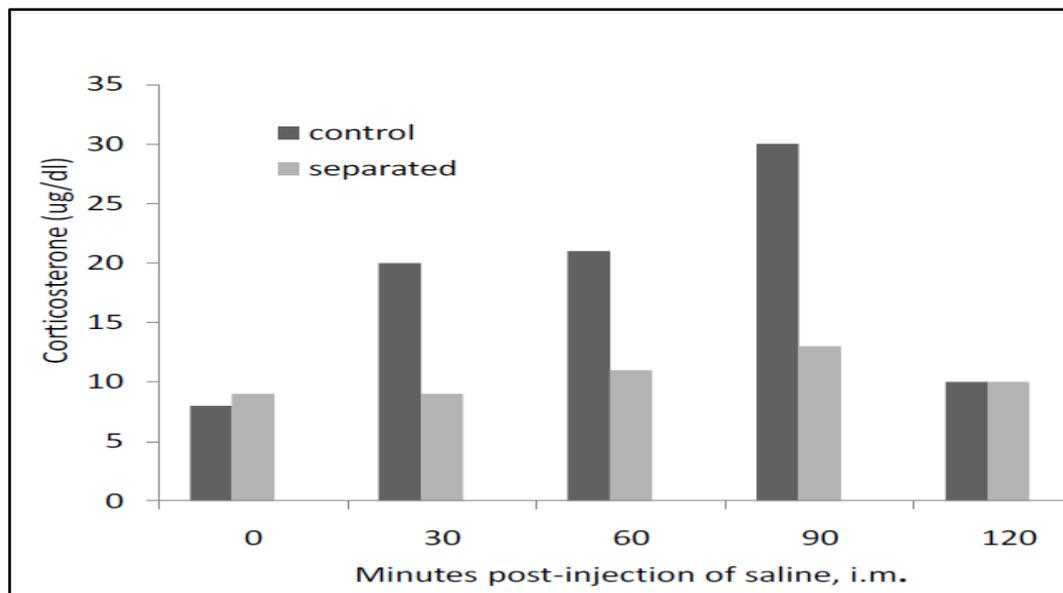


Figure 2.6. Influence d'une séparation mère-portée de 48 heures sur la réponse au stress à l'âge adulte (Brecchia et *al.*, 2009, modifié par Gonzalez-Mariscal 2012)

Les taux plasmatiques d'insuline et de leptine baissent significativement durant la période de séparation (Figure 2.7), tandis que la concentration des hormones thyroïdiennes évolue de façon similaire à celle des lapereaux témoin (Brecchia et *al.*, 2010). Les concentrations plasmatiques des paramètres métaboliques (glucose, triglycérides, AGNE) ne montrent pas de variations significatives chez les lapereaux soumis à un jeûne de 48 heures. L'ensemble de ces données

suggèrent que les jeunes lapereaux s'adaptent à une restriction alimentaire de 48 heures, grâce notamment à l'élévation de la sécrétion des glucocorticoïdes, ce qui permet de préserver leur équilibre énergétique (Brecchia et *al.*, 2010).

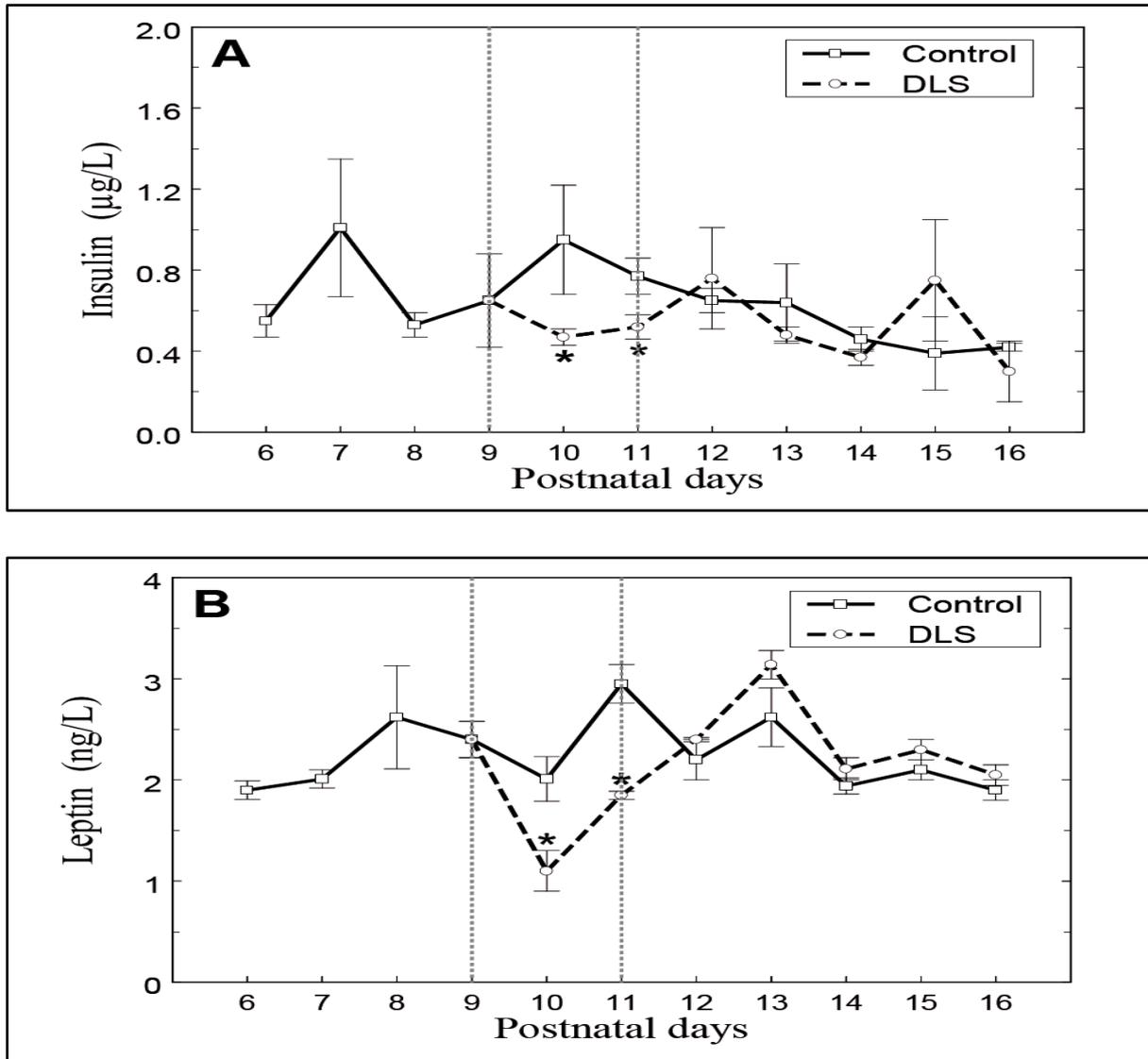


Figure 2.7. Evolution du taux plasmatique d'insuline (A) et de leptine (B) chez les lapereaux en période postpartum (DLS : séparation entre J9-11 postpartum ; Brecchia et *al.*, 2010).

2.3. Les programmes lumineux

Sous les latitudes européennes, le lapin sauvage (*Oryctolagus cuniculus*) présente un cycle de reproduction de type saisonnier. Les gestations s'étalent

généralement entre le mois de Février et le début du mois d'Août. Les jours à photopériode croissante stimulent l'activité sexuelle des lapins (Smelser et *al.*, 1934). Les traitements lumineux se basent sur la sensibilité du lapin au photopériodisme. L'effet de la durée d'éclairement sur la réceptivité sexuelle de la lapine domestique est connu depuis longtemps ; le prolongement artificiel de la durée du jour permet d'augmenter la réceptivité et la fertilité de la lapine domestique. Différents protocoles ont été expérimentés : durée d'éclairement selon un rythme continu, variations brutales de la durée d'éclairement quelques jours avant l'insémination et alternance de divers rythmes d'éclairement. Les résultats montrent que le taux d'acceptation de la saillie est maximal sous 16 heures de lumière (70-80%) et minimal sous 8 heures (10-20%) (Walter, 1967, cité par Boussit 1989). Des lapines éclairées 8h/24h ont un taux de gestation de 74% quand celui des lapines soumises à un éclairage de 16h/24h est de 84,5%. Un éclairage de 12h/24h permet d'obtenir un résultat intermédiaire (Lebas, 2006). Une durée de jour trop courte est responsable d'un échec plus important de la fécondation ou d'une mortalité embryonnaire précoce plus élevée (Boussit, 1989). Theau-Clément et *al.* (2008c) souligne qu'un changement brutal de 8h/24h à 16/24h d'éclairement entraîne en 7 jours, une augmentation (+35%) du taux de réceptivité sexuelle des lapines (Figure 2.8).

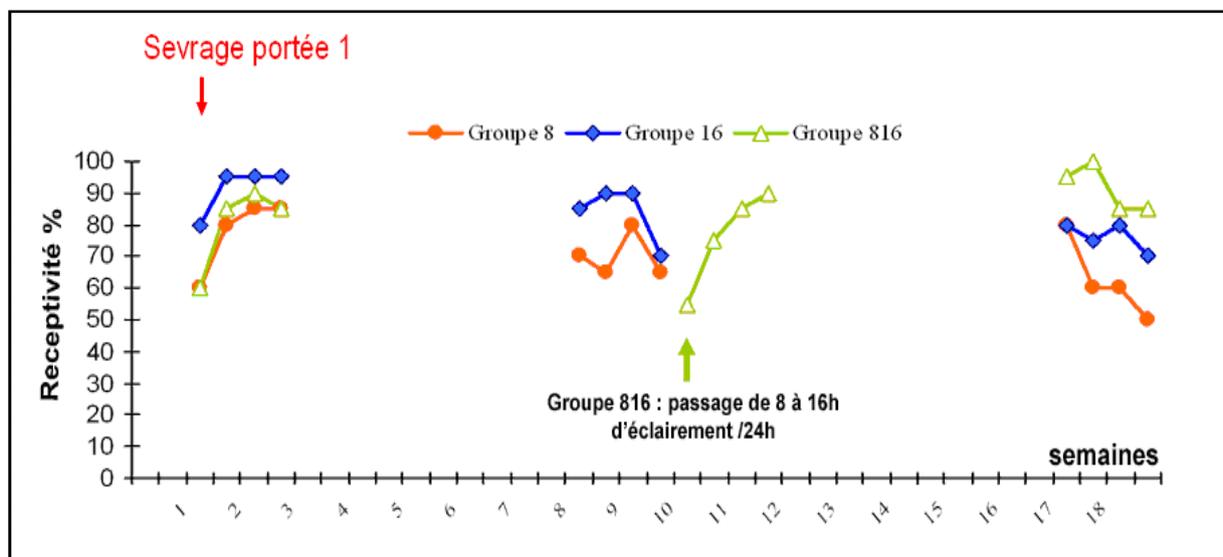


Figure 2.8. Evolution du comportement sexuel en fonction du programme lumineux (d'après Theau-Clément et *al.*, 2008c). La réceptivité a été testée, après sevrage, sur des primipares maintenues sans production. Groupe 8 : éclairé 8h/24h ; Groupe 16 : éclairé 16h/24h ; Groupe 816 : passage de 8h à 16h d'éclairement/24h.

Chez les primipares, une durée d'éclairage de 14h/24h permet de réduire le nombre de présentations des lapines aux mâles et de favoriser les performances reproductives (Mattaraia et *al.*, 2005). Quintela et *al.* (2001) a expérimenté sur des lapines allaitantes les deux régimes suivants : 12 heures d'éclairage et 12 heures d'obscurité par jour (12L/12D) et 8 heures de lumière et 16 d'obscurité (8L/16D). Dans les deux protocoles, le régime a été modifié 6 jours avant l'insémination artificielle en 16 heures de lumière artificielle par jour. La réceptivité a été meilleure sous 12L/12D que sous 8L/16D. La fertilité, la prolificité, la mortalité des lapereaux à 21 jours, le poids de la portée à 21 jours et le nombre de lapereaux sevrés n'ont pas été modifiés par le régime lumineux. Cependant la mortinatalité a été supérieure (plus d'un lapereau par mise-bas) chez les animaux qui ont reçu le programme 12L/12D. Avec 12L/12D, la productivité n'a pas été réduite de façon importante. Cependant, elle a été clairement affectée avec le régime 8L/16D. Outre la durée d'éclairage, l'intensité de la lumière joue un paramètre important dans les programmes lumineux: une luminosité d'au moins 30 à 40 lux est recommandée chez les femelles et de 5 à 10 lux chez les jeunes animaux (Lebas et *al.*, 1996). Les mécanismes physiologiques du photopériodisme sur la fonction de reproduction ont été essentiellement définis dans les espèces ovine et caprine. Ils sont résumés dans les figures 2.9 et 2.10.

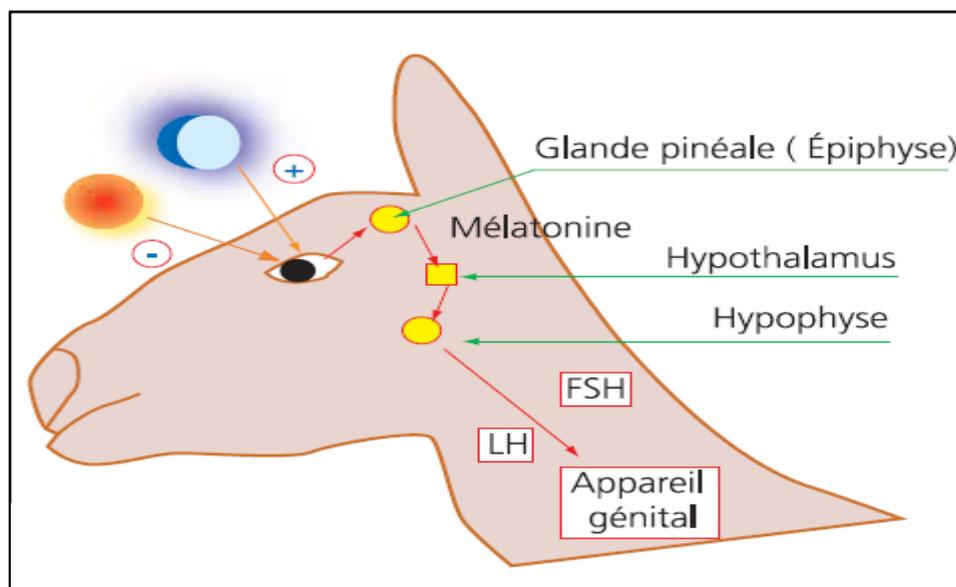


Figure 2.9. Représentation schématique de l'influence du photopériodisme sur la reproduction (d'après Brice, 2003)

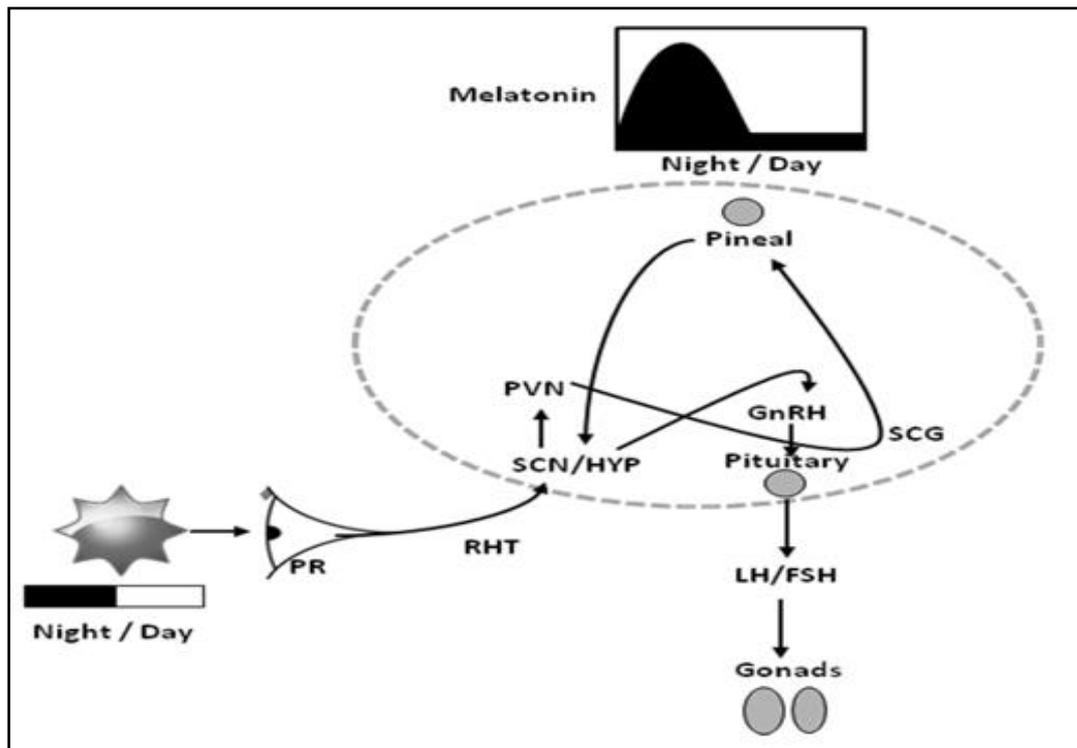


Figure 2.10. Schéma représentant les relations entre le photopériodisme et la fonction de reproduction (d'après Sengupta et Tosini, 2011). **PR**: Photorécepteur rétinien; **RHT**: Faisceau rétino-hypophysaire; **SCN**: Noyau supra-chiasmatique; **HYP**: Hypothalamus; **PVN**: Noyau paraventriculaire; **SCG**: Ganglion cervical supérieur; **GnRH**: Gonadotropin Releasing Hormone; **LH**: Luteinizing Hormone; **FSH**: Follicle Stimulating Hormone

L'activation des photorécepteurs rétiniens affecte la fonction reproductive par le biais de mécanismes complexes, mettant en jeu les noyaux supra-chiasmatiques, l'hypothalamus et la mélatonine sécrétée par la glande pinéale. Contrairement au lapin domestique, les petits ruminants ont des cycles sexuels saisonniers et leur fonction de reproduction est stimulée en photopériode décroissante.

Les programmes lumineux n'exigent pas de grands moyens financiers : ils nécessitent une bâtisse sombre sans fenêtre et un programmeur de lumière. Ils doivent être appliqués de façon rigoureuse car des rythmes d'éclairage inadaptés sont susceptibles d'affecter la croissance des lapereaux, probablement en

réduisant la production laitière ou en modifiant le comportement alimentaire des jeunes lapins (Theau-Clément et *al.*, 2005d)

2.4. Les programmes alimentaires

Le procédé qui consiste à augmenter le niveau alimentaire ou énergétique de la ration juste avant la saillie est le flushing. Ce procédé est largement appliqué pour améliorer les performances de reproduction de certaines espèces domestiques telles que la brebis. Chez la lapine allaitante, Maertens et *al.* (1998) a montré qu'un flushing appliqué quatre jours avant l'insémination n'améliore pas la réceptivité sexuelle, la fertilité et la prolificité. De même, un flushing effectué 2 heures avant l'insémination sur des lapines soumises à un jeûne de 24 ou 48 heures avant l'insémination, n'améliore pas les performances de reproduction (Brecchia et *al.*, 2006). En revanche Gosalvez (1995, cité par Gomez et *al.*, 2005) a obtenu de bons résultats en soumettant les femelles nullipares à un flushing après une période de restriction. L'influence des rations alimentaires distribuées quelques jours avant la saillie peut varier en fonction de la race. Ainsi, Gomez et *al.* (2005) a comparé, chez les lapines nullipares de race Californiennes et NZB, l'impact du niveau alimentaire sur la réceptivité sexuelle (respectivement 100g/j ou 200g/j, avec ou sans période de jeûne de 24 heures avant la saillie. Les rations sont distribuées durant les cinq jours précédant la saillie. Chez la NZB, le plus fort taux de réceptivité (78%) est observé lorsque la femelle est soumise à un haut niveau alimentaire et sans période de jeûne. La Californienne présente le meilleur taux de réceptivité (78%) lorsqu'elle reçoit une ration de haut niveau et qu'elle est soumise à une période de jeûne de 24 heures avant l'insémination.

Le flushing pourrait par ailleurs présenter un intérêt en saison chaude : Manal (2010) montre en effet qu'un flushing pratiqué après une période de restriction alimentaire permet d'augmenter la réceptivité (+50%) et la fertilité (+50%) des lapines multipares durant la saison estivale. Ce procédé n'a en revanche pas influencé la prolificité des femelles.

Luizi et *al.* (2001) a testé l'effet d'un apport de 2% de propylène glycol dans l'eau de boisson des lapines, pendant quatre jours précédant l'insémination (J11 PP). Le propylène glycol est un alcool à haute teneur en énergie brute,

facilement assimilable. Le traitement n'a pas augmenté la réceptivité mais a amélioré la fertilité. Les lapines ayant reçu ce flushing énergétique ont présenté un meilleur état physique (poids, gain moyen quotidien). L'analyse des carcasses n'a pas révélé de quantité importantes de résidus (<100mg/kg). Des études supplémentaires sont nécessaires pour déterminer la dose et le mode optimum d'administration ainsi que son usage à long terme. Mieux maîtrisé, ce type de biostimulation pourrait représenter une méthode de substitution à l'utilisation des hormones pour l'induction de l'œstrus. De plus, cette méthode peu coûteuse est facile à mettre en œuvre en élevage et semble compatible avec la notion de bien-être de l'animal (Joly et Theau-Clément, 2000).

Conclusion

Les nombreuses recherches sur la maîtrise de la reproduction chez la lapine, et, plus particulièrement sur les techniques d'induction et de synchronisation de l'œstrus, témoignent de l'intérêt porté à ce domaine par la communauté scientifique. Au cours de la dernière décennie, les travaux ont principalement ciblé les méthodes alternatives aux traitements hormonaux. Celles-ci doivent concilier efficacité, facilité d'application, bien-être animal et coût modéré. Les techniques de biostimulation basées sur des séparations temporaires mère-portée apparaissent être les plus efficaces (Castellini et *al.*, 2010) et offrent, à ce titre, des perspectives intéressantes.

Performances de reproduction de la lapine locale

Introduction

Le lapin domestique de population locale (*Oryctolagus cuniculus*) appartient à la famille des léporidés, qui inclut également les lièvres (*Lepus capensis*). Il possède des particularités physiologiques qui lui confèrent une bonne adaptabilité aux conditions climatiques algériennes (Zerrouki et *al.*, 2005c ; Mazouzi-Hadad et *al.*, 2012). La pérennité de cette population est néanmoins menacée par des programmes d'amélioration génétique, basée sur des croisements avec des lapins de races européennes. Ces programmes ont été entrepris dans le but d'augmenter la productivité du lapin locale (Gacem et *al.*, 2013), qui se caractérise par une croissance et un poids à l'abattage relativement insuffisants. La valorisation de la population locale de lapins domestiques nécessite, en premier lieu, la connaissance de sa physiologie, de son comportement et la caractérisation de ses performances zootechniques.

Ce chapitre propose une synthèse sur les données bibliographiques relatives aux paramètres reproductifs et zootechniques de la lapine locale.

1. L'élevage cunicole en Algérie

1.1. Historique

En Algérie, la cuniculture de type traditionnel, pratiquée par les populations rurales, est ancienne, tandis que les élevages de type rationnel ne sont apparus que plus récemment, à la fin des années 80. Ils étaient au départ basés sur l'exploitation d'hybrides importés de France (Hyplus). Néanmoins, ces premiers élevages intensifs furent rapidement voués à l'échec (Berchiche et *al.*, 2012). Le ministère de l'agriculture et du développement rural a publié, sur ce sujet, un rapport sur les ressources génétiques animales en Algérie, dont voici un extrait

relatif à l'élevage cunicole (M.A.D.R., 2003) :

« Entre 1985 et 1988, il y a eu une tentative d'intensification basée sur un cheptel exotique, avec l'objectif d'atteindre 5000 tonnes/an. Néanmoins, cette action a échoué en raison de la méconnaissance de l'espèce cunicole, du faible niveau technique des éleveurs, de la fragilité du cheptel importé (hybrides), très sensible aux conditions locales d'élevage, de la déficience en cellulose de l'aliment utilisé, de l'absence de bâtiments d'élevage adéquats et de couverture sanitaire spécifique au lapin. »

Ainsi, c'est l'association de plusieurs facteurs qui a mené à l'échec de la cuniculture basée sur des hybrides importés (Hyplus de France). La stratégie du développement des élevages cunicoles s'est alors orientée vers la valorisation du lapin de population locale. L'Institut technique des Elevages (ITELV) et plusieurs universités ont mis en place, depuis 1990, des programmes de caractérisation et de contrôle des performances zootechniques du lapin local.

Ces travaux de recherche ont permis d'enregistrer de bonnes performances zootechniques (M.A.D.R., 2003). Ils ont néanmoins mis en évidence une relative faible prolificité et un poids à l'abattage trop insuffisant pour être utilisable tel quel dans des élevages producteurs de viande (Gacem et Bolet, 2005). Les travaux de Zerrouki et *al.* (2005c) menés sur cinq générations, ont, en revanche, montré la bonne adaptabilité du lapin local aux conditions climatiques : l'auteure souligne en effet, l'absence d'effet saison sur la plupart des performances de reproduction. Actuellement, les éleveurs utilisent des souches importées et des populations locales afin d'équilibrer leurs rendements.

1.2. Caractéristiques de l'élevage cunicole en Algérie

En Algérie, les lapins reproducteurs utilisés proviennent de deux origines génétiques : les reproducteurs de population locale et ceux descendant d'un hybride (Hyplus), appelés également population blanche. Des reproducteurs de souche synthétique, issus du croisement de la population locale avec une souche étrangère, sont actuellement en exploitation expérimentale à l'ITELV (Berchiche et *al.*, 2012).

En milieu rural, l'élevage cunicole demeure une activité de type fermière, et se caractérise par des conditions d'élevage rudimentaires (Djellal et *al.*, 2006). Ce type d'élevage est majoritairement géré par des femmes (51,8% ; Saidj et *al.*, 2013). Le produit est essentiellement destiné à l'autoconsommation. Néanmoins, environ 50% des élevages pratiquent à la fois l'autoconsommation et la vente commerciale (Saidj et *al.*, 2013). Les lapins de ces types d'élevages appartiennent à la population locale. Près de 80% des élevages fermiers du lapin dans la région de Tizi-Ouzou (Algérie) sont constitués d'unités de 1 à 4 femelles, et 76% ne possèdent que 1 à 2 mâles reproducteurs (Djellal et *al.*, 2006). Si l'élevage en cage reste majoritaire, le mode au sol (bétonné ou en terre) est également très répandu (29,4% à 37,4% des élevages ; Boumahdi, 2012). La nature des aliments distribués aux animaux est diverse et comporte des herbes, du pain sec et des restes de table (Boumahdi, 2012). Les élevages rationnels exploitant le lapin de population locale se multiplient, favorisés notamment par la disponibilité d'aliments industriels pour lapin (Berchiche et *al.*, 2012), et de cages maternelles et d'engraissement spécifiques aux lapins.

2. Morphologie générale des lapins de population locale

Les données bibliographiques suivantes se rapportent aux lapins de phénotype coloré et n'incluent pas la population locale blanche.

2.1. Couleur de la robe

Les populations de la région de Tizi-Ouzou présentent une variabilité phénotypique issue des croisements avec des races étrangères introduites en Algérie au cours des années 70 (le Blanc Néozélandais, le Fauve de Bourgogne, le Géant des Flandres, le Californien). L'introduction, entre 1985 et 1989, de reproducteurs sélectionnés destinés aux élevages intensifs va contribuer à accentuer l'hétérogénéité du lapin local. La robe la plus courante du lapin local est celle à couleur multiple (63%), tandis que 34% des élevages étudiés possèdent des lapins avec des robes de couleur uniforme (Djellal et *al.*, 2006). Les principaux phénotypes du lapin local sont représentés dans la figure 3.1.



Figure 3.1. Différents phénotypes du lapin de population locale algérienne (Photos personnelles)

2.2. Taille et poids

Le lapin de population locale se classe dans la catégorie « petit à moyen format » (Zerrouki *et al.*, 2005b ; Mefti-Korteby *et al.*, 2005). Le poids adulte des lapins se situe entre 2,9 et 3,1Kg (Zerrouki *et al.*, 2004). A l'abattage (12-13 semaines d'âge), le poids moyen du lapin est de 2030 g (Zerrouki *et al.*, 2005; Benali *et al.*, 2011). Lakabi *et al.* (2004) rapporte pour les lapereaux âgés de 11 semaines un poids de 2037g pour les femelles et 1966 g pour les mâles. A la 15^{ème} semaine d'âge, les lapereaux ont atteint 81% de leur poids adulte (mâle : 2427g, femelle : 2543g), contre 50 à 55% pour les races françaises. Le poids moyen de la femelle à la saillie est de 2,8 kg (Zerrouki *et al.*, 2005a).

En période d'engraissement, le gain moyen quotidien (GMQ) des lapereaux, est estimé à 26,8g/j (Benali *et al.*, 2011). Des valeurs plus élevées de GMQ ont été rapportées par Belhadi (2004) chez les lapereaux sevrés en croissance (J30-J70 : 30,5g/j).

3. Caractéristiques zootechniques et reproductives

La lapine de population locale présente des performances zootechniques stables au cours des générations (Saidj, 2005).

3.1. Puberté et maturité sexuelle

Chez les races de petit ou moyen format, comme la population locale, la puberté est généralement plus précoce, en comparaison des races de grand format. Chez le mâle de population locale, l'entrée en puberté se situe entre la 15^{ème} et la 19^{ème} semaine d'âge pour les lapins nés en hiver, et entre la 17^{ème} et 23^{ème} semaine pour ceux nés en été (Boulbina, 2011 et 2012). A notre connaissance, aucune étude n'a encore défini le début de la puberté des lapines locales. L'âge de la maturité sexuelle est estimé à 5 mois chez le mâle (entre 4.1- 6.5 mois) et chez la femelle (entre 4.7-5 mois) (Berchiche et Kadi, 2002). Dans les élevages

ruraux, les femelles sont généralement mises à la reproduction à l'âge de 4 mois et demi (Zerrouki et *al.*, 2005a).

3.2. Réceptivité sexuelle

Les travaux sur la lapine locale rapportent en majorité des taux de réceptivité basés sur le comportement sexuel de la femelle ; ils correspondent donc au taux d'acceptation de la saillie. En région de Tizi-Ouzou, ce taux s'élève à 74,3% (Tableau 3.1 ; Zerrouki et *al.*, 2005a). La réceptivité n'est pas affectée de façon significative par les températures estivales (30°C). Cependant, les meilleurs résultats de réceptivité sont obtenus en automne (80%) et les plus faibles en été (67,4%) (Zerrouki et *al.*, 2004). D'après Zerrouki et *al.* (2005a), la parité n'influence pas le taux de réceptivité qui est de 77,3% pour les nullipares, 72,4 % pour les primipares, et de 76,6, 75,3 et 72,6% respectivement pour les parités 3, 4 et 5. Pour Moulla (2005), le taux moyen de réceptivité de la lapine locale s'élève à 89,8%.

Tableau 3.1. Taux de réceptivité sexuelle chez la lapine domestique allaitante (%)

Réceptivité (%)	Races de lapin	Auteurs
74.3	Population locale	Zerrouki et al. (2005a)
89.8	Population locale	Moulla (2005)
83.3	Géant d'Espagne	Lopez et al. (1994)
70.6	Néo Zélandaise Blanche	Bonnano et al. (2004)

3.3. Fertilité et prolificité

Fertilité. Le taux moyen de fertilité est estimé à 86,9 % par Moulla et *al.* (2005) et à 87,0% par Saidj (2005). Ce taux varie selon la parité, les meilleurs taux étant obtenu chez les nullipares, en comparaison des primipares et multipares (Fellous et *al.*, 2012). Zerrouki et *al.* (2005a) rapporte un taux moyen de conception de 73,1 %, tandis qu'un taux plus faible (62.1%) est décrit par Remas (2001).

Prolificité. La lapine locale exprime une faible prolificité en comparaison des lapins de souche européenne. La majorité des travaux rapportent une taille de nés totaux comprise entre 7,1 et 7,5 (Remas, 2001 ; Berchiche et Kadi, 2002; Zerrouki et *al.*, 2005c ; Saidj 2005 ; Moulla et *al.*, 2005 ; Mammeri et Kerrache, 2006). Le nombre moyen de lapereaux sevrés par portée est également modeste, de l'ordre de 5,5- 5,6 (Berchiche et Kadi, 2002; Moulla et *al.*, 2005).

Le stade physiologique et la parité influencent significativement la prolificité de la lapine locale (Belhadi 2004). La taille des nés totaux est ainsi notamment plus élevée chez les primipares non allaitantes, en comparaison des nullipares, des primipares allaitantes, des multipares allaitantes et des multipares non allaitantes (Tableau 3.2). En revanche, pour Fellous et *al.* (2012), la prolificité enregistre un maximum à la 4^{ème} portée. Si la prolificité à la naissance de la lapine locale demeure relativement modeste, son potentiel ovulatoire (11,4), son taux d'implantation (91,3%) et son pourcentage de survie embryonnaire à J12 (82,6%) sont satisfaisants (Zerrouki et *al.*, 2009). Ce phénomène laisse suggérer l'existence d'une importante mortalité durant la gestation. Chez la lapine locale, les avortements représentent 4,5% des mortalités prénatales (Berchiche et Kadi, 2002).

Tableau 3.2. Impact de la parité et du stade physiologique sur la prolificité chez la lapine de population locale algérienne (Belhadi, 2004)

	Nés-totaux	Nés vivants
Nullipare	7,2 ±0,3 ^a	6,5 ±0,3 ^a
Primipare allaitante	6,8 ±0,3 ^a	6,3 ±0,4 ^a
Primipare non allaitante	9,1 ±0,4 ^b	7,8 ±0,5 ^b
Multipare allaitante	7,6 ±0,3 ^a	7,0 ±0,4 ^{ab}
Multipare non-allaitante	7,8 ±0,5 ^a	6,6 ±0,5 ^{ab}

Dans une même colonne, les chiffres indexés de lettres différentes sont différents pour P<0,05

Poids moyen des nouveaux nés. Le poids moyen du lapereau à la naissance, toutes parités confondues, est très variable selon les auteurs ; il est estimé à 45,5 g (Abdelli et Berchiche, 2012), 49,4g (Zerrouki et *al.*, 2005c), 52,1g (Fellous et *al.*, 2012), et à 61,0g (Gacem et *al.*, 2009). Par ailleurs, au sein d'une même portée, le poids des nouveaux nés n'est pas homogène. Belabbas *et al.* (2013) a montré, chez la lapine locale algérienne, que le poids des fœtus était influencé par la vascularisation du site d'implantation ; le poids du fœtus est ainsi positivement corrélé au nombre de vaisseaux.

Poids moyen des lapereaux au sevrage. Au sevrage, le poids moyen des lapereaux est influencé par la taille de la portée allaitée: les lapereaux issus des grandes portées ont les poids les plus faibles (Fellous et *al.*, 2012). Le poids moyen des lapereaux sevrés à l'âge de 35 jours, est évalué à 579,3g (Moulla et *al.*, 2005), 565,0g (Gacem et *al.*, 2009), et à 650,0g (Fellous et *al.*, 2012). Dans la population locale, la vitesse de croissance des lapereaux sous la mère reste modeste, en moyenne 15,6 g/j contre 22,6 g/j pour les souches sélectionnées (Zerrouki et *al.*, 2005b).

3.4. Taux de mortinatalité et de mortalité naissance-sevrage.

Ces deux paramètres présentent de grandes variabilités selon les différents auteurs, ce qui reflète l'impact de l'environnement et notamment de « l'effet élevage ». Les taux moyen de mortinatalité varient ainsi entre 4% et 16%. Le pourcentage moyen de mortinatalité est de 12,7 % (Berchiche et Kadi, 2002). Ce taux a tendance à augmenter avec le nombre de nés totaux et avec la parité (Fellous et *al.*, 2012). Le taux de mortalité naissance-sevrage est également très variable selon les auteurs, avec des valeurs extrêmes de 2 et 50%. Les taux les plus élevés sont généralement observés dans les grandes exploitations, comme celles des instituts techniques tels l'ITELV : 39,2% (Remas, 2001), 37,3% (Saidj 2006) et >50% (Moulla et *al.*, 2005 ; Mammeri et Kerrache, 2006) ou l'ITMAS (42,4% donnée relevée par Abdelli et Berchiche, 2012). Les valeurs moyennes les plus fréquemment rapportées oscillent entre 10 et 15%, contre 8% chez le lapin de races Néozélandaise Blanche et Californienne (Ouyed et Maignel, 2010). Les taux de mortalité naissance-sevrage les plus faibles sont

observés pour les parités égales ou supérieures à 4. Ce taux n'est pas influencé de manière significative par les saisons, bien qu'il soit plus élevé en automne et plus faible en été (Zerrouki et *al.*, 2004).

3.5. Productivité numérique

La productivité s'évalue par le nombre de sevrés/femelle ayant mis bas/an. De nombreuses études relatent la relative faible productivité de la lapine locale. D'après les travaux de Zerrouki et *al.* (2005b), ce paramètre s'élève entre 25-30 lapereaux produits/femelle/an. En comparaison, les lapines de race Néo-Zélandaise Blanche, les Californiennes et les hybrides Néo-Zélandaise Blanche x Californienne ont une productivité moyenne respective de 48,6, 34,7 et 47,6 lapereaux produits/femelle/an (Ouyed et Maignel, 2010).

Conclusion

Les différents travaux entrepris sur la lapine de population locale indiquent un taux de réceptivité sexuelle et de fertilité appréciables, tandis que sa prolificité et sa vitesse de croissance demeurent en dessous des valeurs usuelles décrites chez les races des élevages rationnels européens. La saison chaude ne semble pas affecter les performances reproductives de la lapine locale, ce qui représente un atout majeur, notamment dans les conditions climatiques algériennes.

Des essais de croisement de la lapine locale avec une souche INRA (Gacem et *al.*, 2009) ont été menés dans l'objectif d'améliorer la prolificité de la lapine locale, tout en préservant ses capacités adaptatives à la saison chaude. Si ces essais n'ont pas permis d'améliorer les taux de réceptivité (64,0 vs. 64,5%, respectivement pour la lapine locale et la lapine de souche synthétique) et de fertilité (51,0 vs. 51,0%, respectivement pour le taux de mise-bas de la lapine locale et celle de la souche synthétique), ils ont, en revanche, augmenté la prolificité (6,23 vs. 8,74 respectivement pour la taille des nés vivants chez la

lapine locale et la souche synthétique) et le nombre des sevrés (5,40 vs. 7,08 respectivement la lapine locale et la souche synthétique). Les auteurs signalent toutefois une mortalité naissance–sevrage plus élevée dans la souche synthétique, en comparaison de la locale (respectivement 17 vs. 11%). Par ailleurs, le poids des lapereaux à 77 jours n'a pas été amélioré par ce type de croisement (1534 vs. 1506g, respectivement pour la locale et la synthétique).

Ces données suggèrent que la prolificité constitue le principal paramètre zootechnique sur lequel les programmes de sélection pourraient se focaliser, dans l'objectif d'augmenter la productivité du lapin de population locale. Les travaux de Zerrouki et *al.* (2009) sur les composantes de la prolificité ont mis en relief un taux d'ovulation similaire à celui rapporté sur des lapines de souche INRA, avec néanmoins une importante mortalité embryonnaire (36%). Identifier les causes à l'origine de cette mortalité contribuerait à améliorer la prolificité de la lapine locale.

Lieu d'expérimentation

Les expérimentations ont été menées dans le clapier expérimental de l'École Nationale Vétérinaire d'El-Harrach, à Alger.

1. Bâtiment d'élevage et logement des animaux

1.1. Le bâtiment d'élevage

Le clapier est un bâtiment en dur, d'une surface totale de 72 m² et recouvert d'une toiture semi-ouverte en éternit, assurant une ventilation naturelle des lieux (Figure 4.1). Les murs latéraux du bâtiment comportent une série de fenêtres de type vasistas (06) qui permettent un éclairage naturel des lieux. Le clapier dispose également de 4 néons qui sont allumés durant les manipulations. Les animaux sont de ce fait principalement soumis à un photopériodisme de type naturel. En saison froide, 2 radiants à gaz permettent de contrôler la température ambiante. Un hygromètre électronique indique la température et l'hygrométrie ambiantes du bâtiment d'élevage.

1.2. Logement des animaux

Les lapins, mâles et femelles, ont été élevés dans la même bâtisse.

1.2.1. Les animaux reproducteurs.

Les lapines reproductrices sont logées dans quatre modules de maternité de type flat-deck (Figure 4.2), constitué chacun de 8 cages grillagées individuelles (46.5 x 62.0 x 29.0 cm de haut). La capacité globale en cages maternité du clapier est ainsi de 32 éléments. Les mâles reproducteurs sont placés dans des cages grillagées individuelles.

1.2.2. Les animaux en croissance.

Les lapereaux sevrés issus d'une même portée sont regroupés dans une même cage de type croissance. A l'âge de trois mois, les mâles et femelles sont séparés et mis dans des cages différentes.

1.2.3. Les lapereaux sous la mère.

Les lapereaux sont élevés dans des boîtes à nid en bois, munie d'une fermeture supérieure grillagée (dimension des boîtes à nid : 43 x 26 x 26 cm de haut). La boîte à nid se fixe à l'extérieur de la cage maternelle. Un clapet métallique permet de séparer la cage maternelle de l'entrée de la boîte à nid. Le plancher de la boîte est percé de plusieurs trous afin de réduire l'humidité du nid. Lors du placement des boîtes à nid, le couvercle grillagé de la boîte est recouvert d'une plaque en contre-plaqué afin de protéger les lapereaux des courants d'air et d'assurer à la lapine et à sa portée une relative tranquillité. A l'approche de la mise-bas, les boîtes à nid sont tapissées de copeaux de bois.



A : Vue d'ensemble du clapier



B : Toiture avec ouverture centrale

Figure 4.1. Le bâtiment d'élevage



C : Module de maternité



D : Lapine dans une cage maternité

Figure 4.2. Logement des lapines reproductrices et boîte à nid

2. Aliments et boisson

2.1. Aliments

Les différentes catégories d'animaux – femelles et mâles reproducteurs, lapereaux avant et après sevrage – ont reçu le même type d'aliment commercial pour lapins (Figure 4.3), composé de granulés (SARL La Production Locale, Bouzaréah). Cet aliment est fabriqué à partir de maïs, de tourteau de soja, de luzerne et de son. Il a été distribué en *ad libitum* dans des trémies métalliques qui équipent chacune des cages d'élevage. Des échantillons d'aliment ont été régulièrement prélevés à la réception des sacs et analysés dans le laboratoire de Zootechnie de l'ENSV. La composition moyenne de l'aliment est détaillée dans le tableau 4.1. La teneur moyenne en minéraux (cendres) des échantillons prélevés durant l'année universitaire 2008/2009 a été de 6,9% par matière brute et de 7,5% par matière sèche (Belabbas, 2010).

Le complexe multivitaminique (CMV) incorporé lors de la fabrication de l'aliment provient de la société Nutristar (France). Le taux d'incorporation du CMV est de 1% de la quantité d'aliments lapin reconstitué. Sa composition, fournie par le fabricant, est reportée dans le tableau 4.2.



Figure 4.3. Aliment commercial à base de granulés (Photo personnelle)

Tableau 4.1. Composition moyenne de l'aliment distribué aux lapins (Moyenne \pm EMS)

Echantillon (n°)	Matière sèche (%)	Matière azotée Brute (%)	Matière azotée MS (%)	Matière grasse (%)
1	88,52	13,30	15,02	1,66
2	90,10	12,68	14,07	1,33
3	89,26	13,03	14,59	3,00
5	89,67	13,21	14,73	3,33
6	89,23	14,08	15,77	2,66
Moy.	89,35\pm0,58	13,26\pm0,51	14,83\pm0,62	2,39\pm0,86

(Un échantillon = mélange des prélèvements d'aliments effectués sur une période de 3 mois environ)

Tableau 4.2. Composition au Kg du CMV (données fournies par le fabricant de CMV)

Composé	Quantité	Composé	Quantité
Vitamine A (UI)	1 000 000	Fer (mg)	4 000
Vitamine D (UI)	120 000	Iode (mg)	80
Vitamine E (mg)	2 000	Cuivre (mg)	1 000
Vitamine K3 (mg)	100	Manganèse (mg)	2 000
Vitamine B2 (mg)	200	Zinc (mg)	5 000
Vitamine PP (mg)	2 000	Sélénium (mg)	8
Vitamine B12 (mg)	2,4	Magnésium (mg)	26 000
Vitamine B1 (mg)	200	Souffre (mg)	6 800
Vitamine B6 (mg)	100	Cobalt (mg)	40
Acide folique (mg)	200	Sel (mg)	440 000
Biotine (mg)	4	Méthionine (mg)	8 000
Chlorure de choline (mg)	12 000	Lysine (mg)	30 000

2.2. Eau de boisson

L'eau distribuée aux animaux provient du réseau local d'eau potable. Elle est disponible en permanence grâce à un système de conduits en PVC munis de tétines automatiques. Cinq citernes, d'une contenance globale de 240 litres, assurent le stockage de l'eau.

3. Traitement prophylactique et hygiène des lieux

Les lapins des différentes expérimentations n'ont jamais été vaccinés et les femelles reproductrices n'ont jamais reçu de traitement chimique ou hormonal en vue de stimuler leur réceptivité ou fertilité. Au sevrage, un traitement préventif contre la coccidiose a été administré aux lapereaux selon le protocole

recommandé. L'anticoccidien a été additionné à l'eau de boisson. Les cas de gale – essentiellement auriculaire – ont été soignés par des injections sous-cutanées d'ivermectine (deux injections de 0,5 mL/animal à 8 jours d'intervalle).

Avant le démarrage des expérimentations, un vide sanitaire de 2 mois suivi d'une désinfection des lieux a été appliqué au bâtiment.

Le clapier ne dispose pas de cuve de recueillement des excréments. Les déjections des lapins sont quotidiennement évacuées et le sol lavé à grande eau. Le nettoyage régulier des cages et des tétines est réalisé à l'aide d'une eau savonneuse. Durant l'allaitement, les copeaux de bois des boîtes à nid sont régulièrement remplacés, pour éviter l'humidité. Les trémies d'alimentation et les tétines sont régulièrement contrôlées, afin de déceler tout dysfonctionnement qui empêcherait les lapins de s'alimenter ou de boire.

Performances de reproduction en première portée

Introduction

Les méthodes de biostimulation, en tant que techniques d'induction de l'œstrus, ont été appliquées aux lapines durant leur première lactation. Afin de juger l'impact de ces méthodes sur les paramètres de reproduction, il nous est apparu utile, dans un premier temps, de déterminer les performances zootechniques de ces lapines lors de leur première mise à la reproduction. Cette première expérimentation se propose d'analyser le comportement sexuel et la fertilité des nullipares locales. Les données relatives à la taille et au poids des portées au sevrage, ainsi que la mortalité naissance-sevrage ne seront pas abordées dans ce chapitre. Ces paramètres seront traités dans la partie consacrée aux effets de la biostimulation sur les portées allaitées.

Les objectifs fixés dans ce chapitre :

- Évaluer le comportement sexuel de la lapine de population locale lors de sa 1^{ère} mise à la reproduction.
- Identifier un indice de réceptivité sexuelle chez la nullipare basé sur les caractéristiques externes de la vulve.
- Déterminer les performances de reproduction en première portée : fertilité, prolificité, et comportement maternel.

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux

Les animaux (n=213) appartiennent à la population locale de lapins domestiques (*Oryctolagus cuniculus*), et sont originaires de la coopérative cunicole de la région de Tizi-Ouzou (COPAPIST) :

- 172 lapines nullipares âgées de 4 mois et d'un poids variant entre 2,6 et 3,1 kg.
- 41 mâles adultes âgés entre 7 à 15 mois et d'un poids moyen de $3,1 \pm 0,3$ kg.

Tableau 5.1. Phénotype de l'effectif femelle (moyenne \pm écart type)

Essai	Couleur de Robe (%)						
	Noire	Grise	M	NB	GB	MB	B
Essai 1	22,2	31,4	9,2	2,2	5,5	9,2	0
Essai 2	58,1	17,7	12,9	3,2	1,6	1,6	4,8
Essai 3	44,0	12,0	2,0	28,0	2,0	0	12,0
Moyenne	41,4	20,4	8,3	17,8	2,3	3,6	5,6
	$\pm 18,1$	$\pm 9,9$	$\pm 5,5$	$\pm 12,9$	$\pm 2,8$	$\pm 4,9$	$\pm 6,0$

M : marron ; NB : noire et blanche ; GB : grise et blanche ; MB : marron et blanche ; B : Blanche (albinos).

La répartition par phénotype (couleur de robe) et par lieu de naissance des lapines est indiquée dans le tableau 5.1 et la figure 5.1. En moyenne, 62,4% des lapines sont issues de la production cunicole locale de l'ENSV. Les femelles à robe unie, de couleur noire ou grise, représentent le phénotype dominant (respectivement 41,4% et 20,4% de l'effectif total). L'étude expérimentale, constituée de trois essais répartis sur trois années, s'est déroulée comme suit :

- Essai n° 1 : décembre 2008 - mai 2009.
- Essai n° 2 : octobre 2009 - mai 2010.
- Essai n° 3 : octobre 2010 - mai 2011.

Avant leur mise à la reproduction, les animaux provenant de Tizi-Ouzou ont été soumis à une période d'acclimatation de deux semaines.

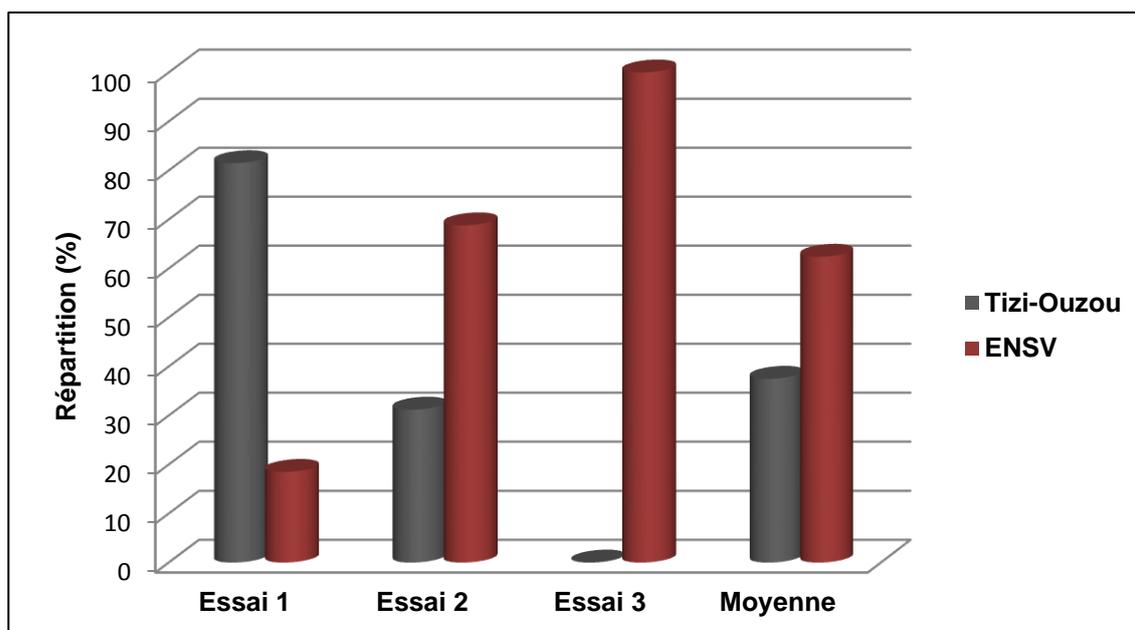


Figure 5.1. Répartition selon le lieu de naissance de l'effectif femelle (%)

1.2. Conduite de la reproduction

Les nullipares sont mises à la reproduction entre l'âge de 4,5 et 5 mois. Les saillies sont effectuées en matinée, généralement entre 10:00 h et 12:00 h.

Test de réceptivité. Immédiatement après l'observation des caractéristiques externes de la vulve, la femelle est placée dans la cage du mâle. La femelle qui accepte la saillie dans un délai de cinq minutes est notée réceptive (test de réceptivité positif). Si durant ce délai, la lapine a refusé la saillie, elle est présentée à un deuxième mâle, puis, le cas échéant, à un troisième jusqu'à acceptation de la saillie. Après trois refus successifs, la femelle est considérée comme non réceptive (test de réceptivité négatif). Elle sera de nouveau présentée aux mâles, trois à six jours après, et suivant les mêmes modalités. Les lapines ayant refusé la saillie lors de cinq tests consécutifs (cinq jours différents) sont considérées comme jamais réceptives et réformées. Les mâles reproducteurs ont été soumis à un rythme de deux saillies par jour au maximum, tous les trois à quatre jours.

Diagnostic de gestation et préparation des boîtes à nid. Le diagnostic de gestation est posé au 12^{ème} jour *postcoïtum*, par palpation abdominale. Les lapines non gestantes sont présentées pour la saillie une semaine après le

diagnostic, afin d'éviter les états de pseudo-gestation. Les boîtes à nid sont installées une semaine avant la date présumée du part, sur la base d'une durée de gestation de trente-et-un jours. A l'approche de la mise-bas, elles sont inspectées le matin et l'après-midi.

Critères de réforme des lapines. Nous avons procédé à la réforme des lapines ayant refusé le mâle après cinq tests successifs (soit après une période d'évaluation de la réceptivité sexuelle d'environ un mois) et des lapines non gestantes après trois saillies. Les nullipares malades (abcès, amaigrissement, parésie) ont été exclues du protocole expérimental. Les femelles affectées par la gale, ont été traitées par deux injections d'ivermectine (0,5 ml en sous cutanée, à 8 jours d'intervalle) puis réincorporées dans le protocole après leur guérison.

1.3. Paramètres enregistrés et modalités de calcul

1.3.1. Paramètres enregistrés le jour de la saillie

- Le poids corporel de la lapine.
- Les caractéristiques externes de la vulve (couleur et turgescence).
- Le comportement sexuel de la lapine (acceptation ou non de la saillie)
- En cas d'acceptation de la saillie : le numéro de saillie (saillie n°1, n°2 ou n°3) et le numéro d'ordre du mâle accepté (mâle n°1, n°2 ou n°3).

1.3.2. Paramètres enregistrés le jour de la mise-bas

- Le poids corporel de la lapine.
- Le nombre et le poids des nés totaux.
- Le nombre et le poids des nés vivants.
- La qualité du nid (bon nid, mauvais nid ou pas de nid) ; sont considérés comme de bons nids ceux comportant suffisamment de poils permettant aux nouveaux nés de s'y camoufler.
- La présence ou non d'allaitement de la portée (sur les portées à nés vivants) : elle est évaluée grâce à l'observation du ventre des nouveaux nés; les lapines qui abandonnent leur portée malgré un allaitement le jour du part, sont classées comme non allaitantes.

1.3.3. Modalités d'évaluation des caractéristiques externes de la vulve

Les caractéristiques vulvaires sont relevées avant la présentation de la lapine au premier mâle. Conformément aux recommandations de l'IRRG (2005), la vulve est classée selon sa couleur (4 couleurs : rouge, rose, violet ou blanc) et selon son état de turgescence (2 niveaux : turgescence ou non turgescence).

1.3.4. Modalités de calcul des paramètres de reproduction

▪ Taux de réceptivité sexuelle (IRRG, 2005)

$$\text{Taux d'acceptation de la saillie (\%)} = \frac{\text{Nb de lapines ayant accepté la saillie}}{\text{Nb de lapines présentées aux mâles}} \times 100$$

▪ Taux de fertilité (IRRG, 2005)

$$\text{Taux de gestation (\%)} = \frac{\text{Nb de femelles diagnostiquées gestantes}}{\text{Nb de femelles saillies}} \times 100$$

$$\text{Taux de mise-bas (\%)} = \frac{\text{Nombre de mises-bas}}{\text{Nombre de femelles saillies}} \times 100$$

▪ Indice de fertilité (Coudert et Lebas, 1984)

$$\text{Indice de fertilité (n)} = \frac{\text{Nombre de saillies}}{\text{Nombre de mises-bas}}$$

▪ Prolificité et mortinatalité (IRRG, 2005)

$$\text{Taille de portée des nés totaux (n)} = \frac{\text{Nombre des nés totaux}}{\text{Nombre de mise-bas}}$$

$$\text{Taille de portée des nés vivants (n)} = \frac{\text{Nombre des nés vivants}}{\text{Nombre de mise-bas}}$$

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

La mortinatalité est définie durant la première inspection du nid suivant la mise-bas (jour de mise-bas ou au lendemain de la mise-bas).

1.4. Analyses statistiques

La comparaison du poids de la lapine à la saillie fécondante, à la mise-bas, ainsi que la taille et le poids des portées entre les différents essais (1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} essai) est réalisée grâce à une analyse de variance (Anova). Les données qualitatives obtenues lors des trois essais (taux de réceptivité, taux de fertilité, taux de mortinatalité, pourcentage de nids de bonne qualité, pourcentage de lapines allaitantes, taux de réforme des nullipares) sont analysées par un test Exact de Fisher ou par un test Chi 2.

Les relations entre les caractéristiques externes de la vulve sur la réceptivité et la fertilité sont analysées par un test Exact de Fisher. Les effets des caractéristiques externes de la vulve (6 niveaux) et du poids de la lapine au moment de la saillie (2 niveaux : léger vs. lourd) sur la taille de la portée sont évalués par une analyse de la variance. La relation entre la durée de la gestation et la taille des nés totaux a été évaluée par le test de Corrélations de Rang de Spearman. Pour l'étude de l'impact du poids à la saillie sur la prolificité, les lapines ont été classées en 2 catégories : lourdes ($\geq 3,1$ kg) et légères ($< 3,1$ kg).

Les résultats sont exprimés par la moyenne \pm erreur standard de la moyenne (ESM) qui se calcule en divisant l'écart-type de l'échantillon par la racine carrée

de la taille de l'échantillon. Les résultats sont considérés comme significatifs pour $P < 0,05$ et proche de la significativité pour $P < 0,1$.

2. Résultats

2.1. Performances de reproduction des nullipares

Sur l'effectif constitué de 172 lapines, quatre ont été exclues avant leur mise à la reproduction pour cause de pathologie. Les performances de reproduction ont été ainsi évaluées sur 168 femelles pour la prolificité et le comportement maternel, et sur 148 lapines pour la réceptivité et la fertilité.

2.1.1. Réceptivité sexuelle

Le comportement sexuel des nullipares a été évalué sur un effectif de 148 (soit=168-20) nullipares. Dans l'essai 1, l'analyse détaillée de la réceptivité et de la fertilité n'a, en effet, pas pris en compte un effectif de 20 lapines saillies dans la coopérative cunicole de Tizi-Ouzou. Celle-ci nous a livré les nullipares dix à quinze jours après leur saillie. De ce fait, nous ne disposons pas de données précises sur ces femelles quant à leur réceptivité et fertilité antérieures. Ces lapines n'ont, de ce fait, pas été prises en compte pour l'étude détaillée du comportement sexuel et de la fertilité. Sur cet effectif de 148 lapines, 143 ont accepté, au moins une fois, la saillie, soit un taux global d'acceptation du mâle de 96,6%. Néanmoins, ce taux ne reflète pas le comportement sexuel réel des nullipares, puisqu'une femelle peut n'avoir accepté la saillie qu'après plusieurs tentatives infructueuses. Nous avons de ce fait analysé la réceptivité de la lapine selon différents critères tels le nombre de jours nécessaires de présentations aux mâles ou l'ordre du mâle accepté.

La réceptivité sexuelle moyenne, calculée pour les 3 essais (n=148 nullipares), et en tenant compte, pour chaque lapine, de toutes les journées de présentations aux mâles (n=253), est de $69,2 \pm 2,9$ % (Tableau 5.2). Ce paramètre n'a pas varié en fonction des essais. Par ailleurs, 78,3% des nullipares ont accepté la saillie

dès leur première journée de présentation aux mâles. Ce taux est apparu moins élevé au cours des 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} journées de présentations aux mâles. Lors de la 1^{ère} présentation aux mâles, l'effet « essai » a eu un impact significatif ($P < 0,01$) ; les lapines de l'essai n°1 ont été les moins réceptives. Enfin, une faible fraction des lapines, soit 3,4% ($n=5/148$), n'a jamais accepté la saillie.

Tableau 5.2. Taux de réceptivité sexuelle des lapines nullipares (Moyenne \pm ESM)

Présentation	Essai 1	Essai 2	Essai 3	P	Moyenne
<i>Nullipares (n)</i>	35	64	49		148
1 ^{ère} (n = 148)	65,7 \pm 8,1 ^a	79,3 \pm 5,1 ^{ab}	86,0 \pm 4,9 ^b	< 0,05	78,3 \pm 3,3
2 ^{ème} (n = 47)	85,0 \pm 8,1 ^a	55,5 \pm 12,0 ^b	33,3 \pm 16,6 ^b	< 0,05	63,8 \pm 7,0
3 ^{ème} (n = 30)	69,2 \pm 13,3 ^a	45,4 \pm 15,7 ^{ab}	16,6 \pm 16,6 ^b	< 0,05	50,0 \pm 9,2
4 ^{ème} (n = 17)	33,3 \pm 21,1	66,6 \pm 21,1	40,0 \pm 24,0	NS	47,1 \pm 12,4
5 ^{ème} (n = 11)	80,0 \pm 20,0 ^a	0,0 ^b	50,0 \pm 28,8 ^{ab}	< 0,05	54,5 \pm 15,7

Dans une même ligne, les chiffres affectés en indice de lettres différentes sont différents pour $P < 0,05$.

Pour les femelles réceptives, 85,7% ont accepté la saillie avec le premier mâle présenté, tandis que 11,4% ont refusé le premier mâle mais accepté le second (Tableau 5.3). Enfin, un faible pourcentage de nullipares (2,8%) a refusé les deux premiers mâles et accepté la saillie avec le troisième. L'ordre moyen du mâle accepté est de 1,17 \pm 0,03 et n'a pas varié avec l'essai (1,20, 1,14 et 1,17 respectivement pour les essais 1, 2 et 3, $P=0,902$).

Tableau 5.3. Comportement sexuel des nullipares réceptives vis à vis des mâles (Moyenne \pm ESM).

	Taux d'acceptation du mâle (%)				Moyenne
	Essai 1	Essai 2	Essai 3	<i>P</i>	
<i>Nullipares (n)</i>	35	64	49	<i>P</i>	148
Ordre du mâle					
mâle n° 1	83,6	89,7	82,6	<i>NS</i>	85,7 \pm 2,4
mâle n° 2	12,7	8,8	13,4	<i>NS</i>	11,4 \pm 1,7
mâle n° 3	3,6	2,9	1,9	<i>NS</i>	2,8 \pm 0,8

Le poids moyen corporel des nullipares au moment de la saillie (fécondante ou non) est de 3102,8 \pm 28,7g. Ce poids a augmenté avec l'ordre de saillie (3081,8g 3203,5g et 3288,5g, respectivement pour le poids des lapines à la 1^{ère}, 2^{ème} ou 3^{ème} saillie, $P = 0,05$). Les lapines, ayant été réceptives seulement à la 5^{ème} présentation, ont eu, lors de la saillie, un poids plus lourd (3681,5g) que celui des autres femelles ($P < 0,05$). Nous avons relevé une légère différence du poids corporel moyen des femelles selon qu'elles aient été réceptives ou non (respectivement 3109,2 \pm 25,3 g vs. 3025,2 \pm 27,7 g, $P < 0,05$)

2.1.2. Fertilité

Le taux moyen de gestation des nullipares (n=148) pour l'ensemble des essais est de 77,1 \pm 3,2% (Tableau 5.4). Nous avons relevé une plus faible fertilité durant l'essai 1 (54,5 \pm 6,7% vs. 84,0 \pm 4,5% et 92,1 \pm 3,8% respectivement pour les essais 1, 2 et 3, $P < 0,001$).

Après la 1^{ère} saillie, le taux moyen de gestation a atteint 82,4 \pm 3,2% (64,7% vs. 85,0% et 91,6%, respectivement pour l'essai 1, 2 et 3, $P < 0,05$). Parmi les lapines gestantes, 87,9% ont été fécondées après la 1^{ère} saillie, contre 7,5% après la 2^{ème} et 4,5% après la 3^{ème} saillie. Le taux moyen de mise-bas pour l'ensemble des femelles (n=148) est de 72,5 \pm 3,3%.

Tableau 5.4. Fertilité des lapines locales en 1^{ère} portée (Moyenne \pm ESM)

	Essai 1	Essai 2	Essai 3		Moyenne
Nullipares (n)	35	64	49	<i>P</i>	148
Nb total de saillies (n)	55	69	51		175
Nb de femelles gestantes (n)	30	58	47		135
Taux de gestation (%)	54,5 ^a	84,0 ^b	92,1 ^b	< 0,001	77,1 \pm 3,2
Indice de fertilité (n)	1,96	1,27	1,13		1,45 \pm 0,25
Taux de mise-bas (%)	50,9 ^a	78,2 ^b	88,2 ^b	< 0,01	72,5 \pm 3,3

Dans une même ligne, les chiffres affectés en indice de lettres différentes sont différents pour $P < 0,05$.

Les lapines de l'essai 1 ont eu le taux de mise-bas le plus faible. En conséquence, les lapines du premier essai ont présenté le rapport [nombre de saillies / nombre de mises-bas] le plus élevé, reflétant une plus faible fécondité (1,96 vs. 1,27 et 1,13, respectivement pour les indices de fertilité des essais 1, 2 et 3). En moyenne, 93,3% des lapines diagnostiquées gestantes à J12 *postcoïtum* ont mis bas (93,3, 93,1 et 95,7%, respectivement pour les essais 1, 2 et 3, $P = 0,938$). Le taux moyen d'hypofertilité (cas des lapines jamais réceptives ou réceptives mais jamais gestantes) est de 6,1 %. Il s'est avéré plus élevé lors du 1^{er} essai (14,2 vs. 3,1 et 4,1%, respectivement pour les essais 1, 2 et 3).

Au final, la proportion de nullipares gestantes dès leur première présentation au mâle a été de 66,2 \pm 3,9% (42,8%, 68,2% et 80,0% respectivement pour les essais 1, 2 et 3).

2.1.3. Prolificité

Les données relatives aux portées ainsi qu'aux poids des lapines à la saillie fécondante et à la mise-bas figurent dans le tableau 5.5. La taille moyenne des nés totaux et des nés vivants est respectivement de 7,0 \pm 0,3 et 6,1 \pm 0,2 lapereaux. Les poids des portées à la naissance ont été relativement stables à travers les trois essais consécutifs. Nous avons relevé une taille de nés totaux plus importante dans l'essai 3. Le poids individuel des nouveau-nés est apparu plus faible dans l'essai 3 (56,4 \pm 1,6g et 53,7 \pm 2,1g vs. 45,6 \pm 1,2g, respectivement pour les essais 1, 2 et 3, $P < 0,01$). Pour l'ensemble des portées, la plus petite taille de nés totaux est formée de 2 lapereaux, et la plus grande, de 13 lapereaux. Le taux moyen de mortinatalité est de 13,2%. Il a atteint les valeurs les plus élevées dans

l'essai 1, sans que la différence ne soit significative (15,0%, vs. 11,4% et 13,4%, respectivement pour les essais 1, 2 et 3, $P > 0,05$). La perte totale de la portée à la naissance a concerné 3,42% des lapines.

Prolificité à la naissance et poids des lapines. La taille des nés totaux a été corrélée positivement au poids de la femelle à la saillie fécondante (R de Spearman = 0,19, $P = 0,028$). Les lapines les plus lourdes ont eu une plus grande taille de nés totaux (Tableau 5.6). On observe également chez les lapines les plus lourdes, une taille de portée des nés vivants plus élevée. Ces différences ne sont toutefois pas statistiquement significatives.

Tableau 5.5. Performances de reproduction des lapines locales en 1^{ère} portée (Moyenne \pm ESM)

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	<i>P</i>	Moyenne
Nullipares (n)	55	64	49		168
Poids à la saillie (g)	3034,5 \pm 42,1	3112,3 \pm 42,6	3137,8 \pm 58,4	0,39	3102,8 \pm 28,7
Poids à la mise-bas (g)	3079,4 \pm 39,1	3116,6 \pm 36,9	3029,4 \pm 53,1	0,36	3076,6 \pm 25,0
Nés totaux (n)	6,6 \pm 0,3	6,9 \pm 0,3	7,4 \pm 0,2	0,12	7,0 \pm 0,3
Nés vivants (n)	5,6 \pm 0,3	6,1 \pm 0,3	6,4 \pm 0,3	0,30	6,1 \pm 0,2
Poids des nés totaux (g)	365,8 \pm 16,3	372,9 \pm 17,2	343,3 \pm 10,5	0,36	361,2 \pm 8,7
Poids des nés vivants (g)	325,8 \pm 18,5	338,8 \pm 19,2	322,6 \pm 13,5	0,78	329,4 \pm 10,0
Poids du nouveau-né (g)	56,4 \pm 1,6 ^a	53,7 \pm 2,1 ^a	45,6 \pm 1,2 ^b	0,01	52,1 \pm 1,1
Mortinatalité (%)	15,0	11,4	13,4	0,93	13,2 \pm 2,3

Tableau 5.6. Impact du poids corporel des nullipares à la saillie sur la prolificité (Moyenne \pm ESM)

	Poids < 3100 g (2884,8 \pm 15,8)	Poids \geq 3100 g (3399,0 \pm 37,9)	
Nombre de femelles (n)	67	49	<i>P</i>
Nés totaux (n)	6,9 \pm 0,2	7,3 \pm 0,3	0,252
Nés vivants (n)	5,9 \pm 0,3	6,6 \pm 0,4	0,122

Effet saison. Dans nos conditions expérimentales, la taille des portées n'a pas varié significativement selon les saisons ($P = 0.885$), bien qu'elle ait été plus petite en hiver (Tableau 5.7). Le taux de mortinatalité a été légèrement plus élevé au printemps.

Tableau 5.7. Effet de la saison sur la prolificité des nullipares (Moyenne \pm ESM) et la mortinatalité.

Saison	Portées (n)	Nés totaux	Nés vivants	Mortinatalité (%)
Printemps	37	7,4 \pm 0,3	6,3 \pm 0,4	15,0
Automne	18	7,2 \pm 0,4	6,3 \pm 0,5	11,6
Hiver	91	6,8 \pm 0,2	5,9 \pm 0,2	10,3

2.2. Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et les performances de reproduction chez les nullipares locales

2.2.1 Caractéristiques vulvaires et comportement sexuel

Nous avons étudié le comportement sexuel des nullipares (n=148) en relation avec la couleur et la turgescence de la vulve ; au total, 253 observations ont été réalisées.

Chez les nullipares, les vulves rouge ou rose et turgescents ont présenté les taux d'acceptation du mâle les plus élevés (respectivement 91,2 et 84,2%) tandis que les vulves rouge ou rose et non turgescents s'accompagnent d'un taux moyen de réceptivité (respectivement 66,6 et 41,8%). Nous avons par ailleurs relevé un refus total de la saillie chez les lapines nullipares ayant une vulve blanche non turgescence (Figure 5.2). Lors de notre expérimentation, les vulves de couleur violet n'ont été que très peu observées (0,8% des observations totales) et de ce fait les données ne permettaient pas d'établir de taux de réceptivité fiable.

2.2.2. Caractéristiques vulvaires et fertilité

Chez les nullipares, les meilleurs taux de gestation ont été obtenus pour les vulves rouge turgescence ou rose turgescence, en comparaison des vulves rouge ou rose et non turgescents (respectivement 82,6 vs. 44,4%, $P < 0,0001$) (Figure 5.2). Les caractéristiques externes de la vulve au moment de la saillie fécondante ont exercé une influence sur la prolificité (Tableau 5.8). Les lapines à vulve rouge turgescence ont eu une taille de nés totaux supérieure à celles des lapines à vulve rose turgescence ou rose non turgescence.

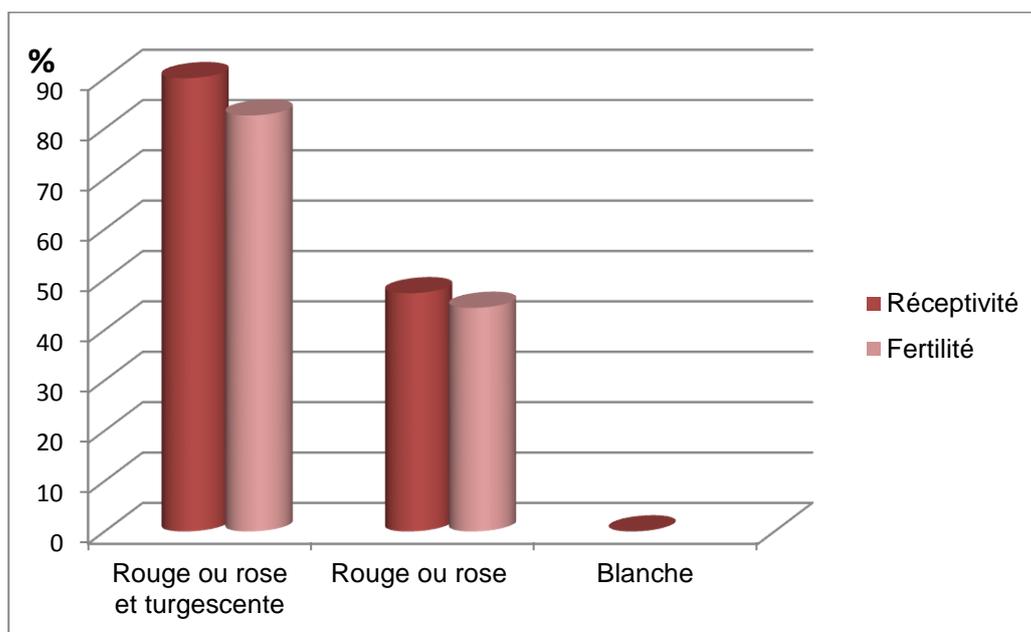


Figure 5.2. Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et la réceptivité et fertilité chez les lapines nullipares locales

Tableau 5.8. Relations entre les caractéristiques de la vulve lors de la saillie fécondante et la prolificité chez les nullipares (Moyenne \pm ESM)

Vulve	Observations (n)	Nés totaux (n)
Rouge turgescence	44	7,4 \pm 1,8 ^a
Rose turgescence	59	6,7 \pm 2,0 ^a
Rouge non turgescence	7	6,8 \pm 1,6 ^{ab}
Rose non turgescence	6	5,5 \pm 2,3 ^b

Dans une même colonne, les chiffres affectés de lettres différentes sont significativement différents au seuil de $P < 0,05$.

2.3. Durée de gestation

La durée moyenne de la gestation chez la nullipare locale, définie sur un effectif de 126 lapines, est de 31,4 \pm 0,6 j, avec des valeurs extrêmes de 30 et 33 j. Cette donnée s'est montrée stable durant les trois essais (31,3, 31,6 et 31,2 j respectivement pour l'essai 1, 2 et 3). La durée de 31 j a été la plus fréquemment observée : 56,3% des nullipares ont mis bas après 31 j et 34,1% après 32 j (Figure 5.3). Les gestations de 30 et 33 j demeurent relativement peu fréquentes (respectivement 3,9% et 5,5%). Selon nos résultats, la durée moyenne de la gestation a été influencée par la taille des nés totaux (R de Spearman = - 0,25, $P=0,004$). Les lapines mettant bas une grande portée ont eu une durée de gestation plus courte (30, 31, 32 et 33 j de gestation, respectivement pour une taille des nés totaux de 9,0 \pm 1,5, 7,2 \pm 1,6, 6,6 \pm 2,2 et 5,2 \pm 2,6, $P = 0,006$) (Figure 5.4). La saison n'a pas eu d'impact sur la durée de gestation (31,3, 31,5 et 31,1 j, respectivement pour l'hiver, le printemps et l'automne, $P > 0,05$).

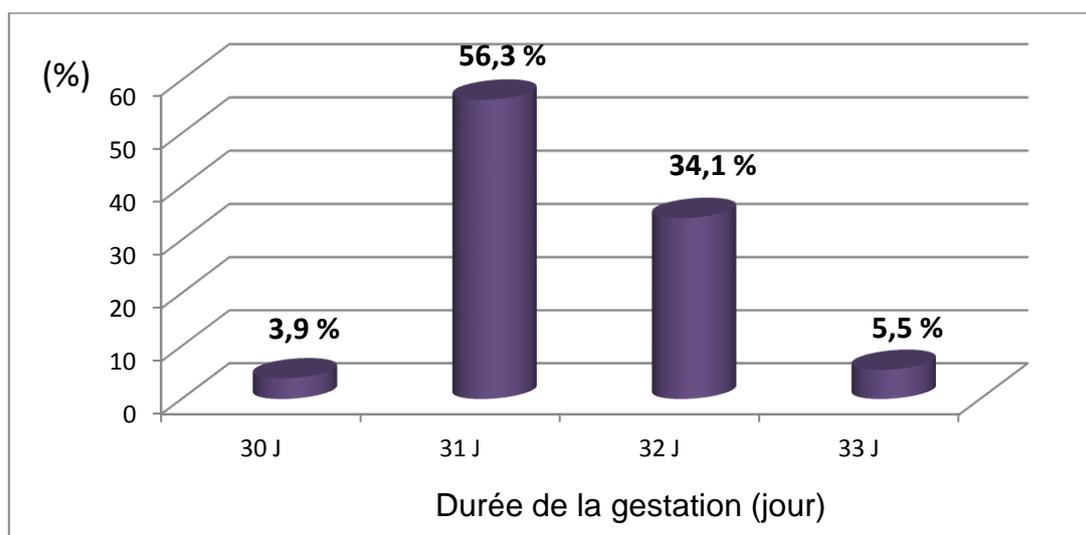


Figure 5.3. Durée moyenne de la gestation chez la lapine nullipare locale (jour).

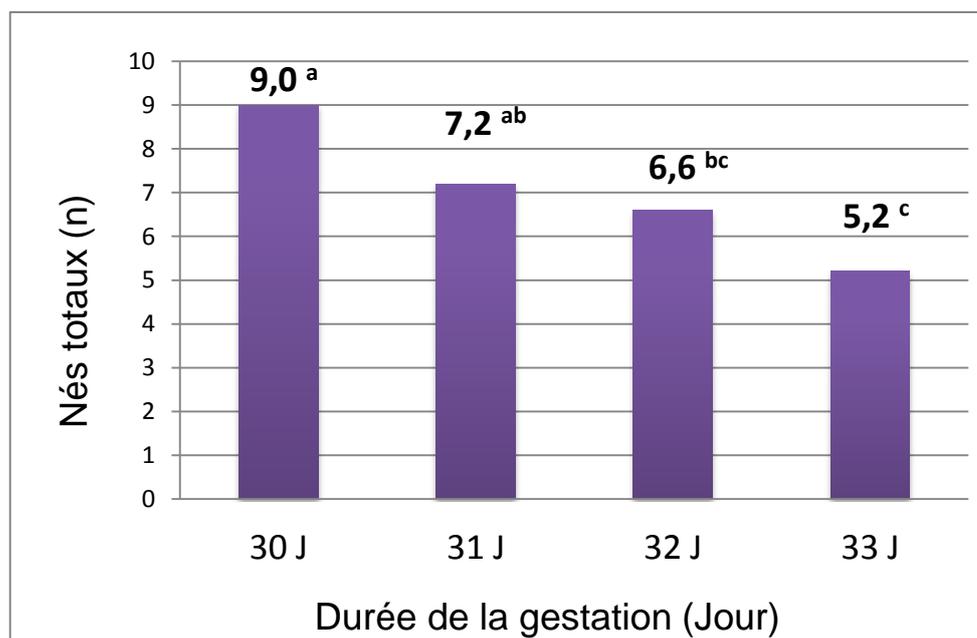


Figure 5.4. Impact du nombre des nés totaux sur la durée moyenne de la gestation chez la lapine nullipare locale.

2.4. Comportement maternel en période péripartum

Préparation du nid. Dès l'installation des boîtes à nid, les lapines gestantes y sont entrées et les ont explorées. Elles y ont alors effectué immédiatement des mouvements de creusement. Ce comportement, observé uniquement chez les lapines gestantes, représente un indice fiable de gestation. Le début de l'arrachage des poils pour la confection du nid a été variable selon la lapine : quelques jours (3-5 j) avant la mise-bas, la veille ou quelques fois le jour même du part. Les futures parturientes ont arraché leurs poils de la région abdominale, du poitrail, des flancs ou des membres (Figure 5.5). Les premiers poils ont d'abord été déposés au niveau des coins de la boîte à nid (Figure 5.6). La lapine peut également placer dans le nid différents objets tombés dans sa cage (bout de papier, fil).

En moyenne, 84,2% des femelles ayant mis bas ont confectionné un nid adéquat (Tableau 5.9). La qualité du nid (bon, mauvais ou pas de nid) n'a pas été influencée par la durée de la gestation, puisque pour les trois catégories de nid les lapines ont eu une durée de gestation identique (31,4 j). En revanche, les lapines n'ayant pas confectionné de nid (9,7% des parturientes) ont eu un poids moyen à la mise-bas particulièrement léger ($2766,8 \pm 89,9$ g vs. $3084,8 \pm 109,9$ g et $3107,4 \pm 25,5$ g respectivement pour le poids des lapines sans nid, avec un nid de mauvaise qualité et avec un bon nid, $P = 0,001$).



A : dépilation au niveau de la cuisse



B : dépilation au niveau du flanc



C : dépilation à l'extrémité des antérieurs

Figure 5.5. Zones de dépilation chez la lapine gestante (Photos personnelles)



A : dépôt des poils au niveau des coins



B : Lapine surveillant son nid



C : Nouveau-nés dans la boîte à nid



D : Quantité de poils déposés dans le nid

Figure 5.6. Confection du nid chez la lapine locale (Photos personnelles)

L'absence de nid a exercé un impact négatif sur la survie des lapereaux (Figure 5.7). La mortalité a ainsi varié entre 7,1%, 16,9% et 56,5%, selon que le nid soit, respectueusement, bon, mauvais ou absent.

Allaitement. Le taux de lapines ayant eu au moins un né vivant est de $95,2 \pm 0,7\%$. Après le part, 89,1% des lapines ayant eu des nés vivants ont allaité leur portée. Les cas d'abandon des portées sont généralement survenus les premières 24 heures suivant la mise-bas. Dans quelques rares cas, les lapines n'ayant pas construit de nid ont néanmoins allaité leur portée, et inversement, celles ayant confectionné un très bon nid ont pu refuser d'allaiter.

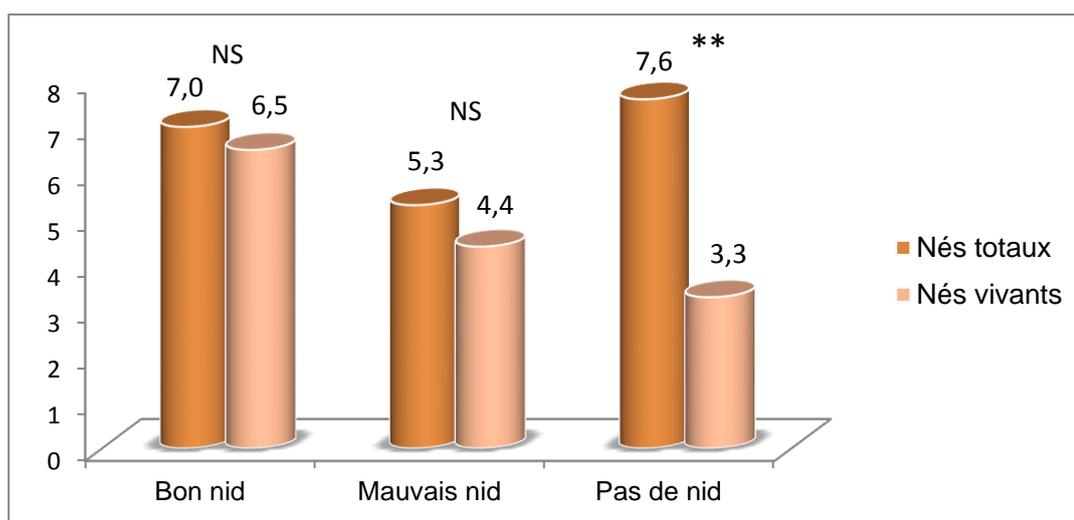


Figure 5.7. Impact de la qualité du nid sur la mortalité chez la lapine en première portée. NS : $P > 0,05$; ** : $P < 0,01$

Tableau 5.9. Comportement maternel des lapines locales en première portée (Moyenne \pm ESM)

	Essai 1	Essai 2	Essai 3		Moyenne
Nb de mise-bas (n)	47	54	45	<i>P</i>	146
Nids de bonne qualité (%)	82,9	87,0	82,2	NS	84,2 \pm 2,6
Portées avec nés vivants (%)	95,7	94,4	95,5	NS	95,2 \pm 0,7
Portées allaitées* (%)	88,8	90,2	88,3	NS	89,1 \pm 0,9

*Seules les portées avec au moins un né vivant ont été prises en compte. NS: non significatif ($P > 0,05$)

2.5. Taux de réforme et pathologies

Le taux de lapines réformées, pour hypofertilité (cas des lapines jamais réceptives ou jamais gestantes) et/ou pour une pathologie (chez les lapines non gestantes), est apparu plus élevé au cours du 1^{er} essai (14,2%, 4,6% et 6,1%, respectivement pour l'essai 1, 2 et 3, $P = 0,200$).

Au cours de leur première gestation, 4,4 % des femelles ont avorté ou sont décédées. Les pathologies les plus fréquemment rencontrées chez les femelles au cours des différents essais ont été les abcès, les parésies des postérieurs et la gale auriculaire.

3. Discussion

3.1. Performances reproductives des lapines locales en première portée

3.1.1. Comportement sexuel des lapines.

Dans nos conditions expérimentales, les lapines nullipares de population locale ont eu, en première présentation, un taux de réceptivité comparable à celui relevé par Zerrouki *et al.* (2005a) chez la nullipare locale, et identique à celui observé chez les nullipares de races européennes (Van den Broeck et Lampo, 1979). Selon Questel (1984), les meilleurs taux de réceptivité sont obtenus chez les lapines nullipares. Nous avons enregistré des taux de réceptivité plus faible en 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} présentation aux mâles. Zerrouki *et al.* (2004) n'a, en revanche, pas noté de variation de la réceptivité selon l'ordre de présentation. Au cours de nos essais 2 et 3, la réceptivité en première présentation a été plus élevée que celle relevée lors de l'essai n°1 (respectivement 85,5, 92,1 et 53,5%). Les lapines du 1^{er} essai provenaient en majorité de Tizi-Ouzou, et ont été mises à la reproduction après une période d'acclimatation de quinze jours suivant leur arrivée. Il est probable que cette période ait été insuffisante pour juguler le stress dû au changement d'environnement.

Différents facteurs sont susceptibles de modifier la réceptivité sexuelle des jeunes lapines. Ainsi, la réceptivité en première saillie est influencée par le niveau d'alimentation des jeunes lapines : les nullipares rationnées à 200g /j ont un meilleur taux de réceptivité en première saillie que celles recevant une ration de 150g/j, (respectivement 91% vs. 71%) (Van den Broeck et Lampo, 1979). Par ailleurs, le nombre de femelles en œstrus est plus élevé chez les nullipares ayant au préalable subies des manipulations quotidiennes (Lefèvre et Moret 1978).

Dans nos conditions expérimentales, la majorité des lapines réceptives a accepté le premier mâle présenté (85,9%). Nos résultats permettent cependant de recommander, en saillie naturelle, de présenter les lapines à un 2^{ème} mâle en cas de refus du premier. Cette pratique permettra d'augmenter le taux d'acceptation d'environ 10%. Tout au long de notre expérimentation, nous avons à plusieurs reprises observé que certains mâles étaient immédiatement acceptés par les femelles. Selon Reece-Engel (1988), la lapine sélectionne de préférence les mâles dominants, qui lui assureront une meilleure fécondité. Cette sélection se base essentiellement sur l'odeur de l'urine. Les mâles dominants se caractérisent par une fréquence de marquage plus élevée, une concentration plasmatique de testostérone plus importante et des testicules plus volumineux (Reece-Engel, 1988).

3.1.2. Fertilité et prolificité

Fertilité. Le taux moyen de fertilité enregistré dans notre étude (77,1%) est inférieur à celui des lapines nullipares européennes (94,3%) (Paci et al., 2003). Cependant, si on ne tient pas compte de l'essai 1, essai au cours duquel les performances de reproduction ont été médiocres, nous obtenons des taux de fertilité similaires à ceux des races européennes. Par ailleurs, l'indice de fertilité (nombre de saillies/nombre de mise-bas) enregistré lors des essais 2 et 3 est comparable à celui relevé sur les nullipares de race Néozélandaise Blanche (1,20) (Coudert et Lebas, 1984). L'indice de fertilité de l'essai 1 a été le plus élevé, indiquant une fertilité moins importante. Nous n'avons pas identifié les facteurs à l'origine des faibles performances reproductives des lapines durant l'essai 1. L'analyse de l'aliment durant ce 1^{er} essai n'a pas révélé de spécificités particulières quant à sa composition. La relative faible fertilité des nullipares de

l'essai 1 s'est manifestée, de façon encore plus marquée, au cours de leur première lactation (voir les résultats de l'expérimentation 4).

Nos résultats ont enregistré un taux moyen de gestation en première saillie de 82,5%. Ce taux est similaire à celui rapporté chez la nullipare de population locale algérienne (82,0%) par Mazouzi-Hadid et *al.*, (2012). Il est également en accord avec celui rapporté chez les nullipares de race Blanc de Termonde (89,0%) (Van Den Broeck et Lampo, 1979). Dans la station expérimentale de Sidi Bel Abbès, la fertilité des nullipares de population locale a atteint 85,9% (Fellous et *al.*, 2012). Les performances en première saillie sont influencées par le poids de la lapine à la naissance: plus ce poids est élevé, plus le nombre d'inséminations pour obtenir une première mise-bas augmente (Poignier et *al.*, 2000). Chez les nullipares, le nombre de saillies nécessaires pour obtenir la première mise-bas n'est cependant pas un élément prédictif de la fertilité ultérieure de la lapine. La taille de portée dans laquelle a évolué la future reproductrice n'a également pas d'impact sur ses performances de reproduction (Poignier et *al.*, 2000).

Prolificité. La prolificité à la naissance des nullipares de notre étude est conforme aux données de la littérature (Belhadi, 2004). Différents travaux ont déjà souligné la relative faible prolificité de la lapine locale (Abdelli et Berchiche, 2012), en comparaison de la Néozélandaise blanche ou de la Californienne. Si la lapine locale possède un taux d'ovulation similaire à celui rapporté sur des lapines de souche INRA (11,3 corps jaunes en moyenne), elle se caractérise néanmoins par une importante mortalité embryonnaire (36%) (Zerrouki et *al.*, 2009). D'après Prud'Hon (1972, cité par Boussit, 1989), les mortalités avant implantation sont évaluées à 22 % chez la lapine de souche européenne. Ces données tendent à montrer que la faible prolificité que nous avons enregistrée à la mise bas dans la population locale (7,2 nés totaux et 6,2 nés vivants) serait probablement en partie liée à une forte mortalité embryonnaire.

Dans notre étude, la prolificité des nullipares s'est légèrement améliorée au cours des trois essais successifs. Ceci peut, en partie, être attribué à l'augmentation progressive du poids à la saillie au cours des essais (3024,6 g, 3112,5 g et 3133,3 g, respectivement pour les poids à la saillie pour les essais 1, 2 et 3). Rommers et *al.*, (2002), a analysé la relation entre le poids à la saillie et

la prolificité des nullipares âgées de 14,5 semaines. Selon cette auteure, les nullipares les plus lourdes (≥ 4 Kg) avaient une taille de portée supérieure de 2,5 lapereaux en comparaison des femelles les moins lourdes (< 3 Kg). Nous avons également observé une corrélation positive entre le poids à la saillie et la taille des nés totaux. Garcia et *al.*, (1984, cité par Boussit, 1989), identifie une relation entre le poids et le taux d'ovulation (nullipare : 1,5 ovules par Kg de poids vif supplémentaire). Cependant, si le pourcentage de lapines capables d'ovuler s'accroît avec le poids vif moyen entre 14 et 20 semaines, à un âge donné, il n'existe pas de différence de poids vif entre les lapines qui ovulent et celles qui n'ovulent pas (Lebas, 2014).

Outre l'impact du poids de la femelle à la saillie, des travaux ont montré l'effet du poids de la lapine à la naissance sur la prolificité en première mise-bas : les femelles ayant un poids plus élevé ont une meilleure prolificité (Poignier et *al.*, 2010). Scendró et *al.* (2012) recommande de réaliser une sélection basée sur le poids des femelles à la naissance ; le choix des lapines les plus lourdes permettrait ainsi d'optimiser les performances de reproduction.

Dans notre étude, la meilleure prolificité des nullipares dans l'essai n° 3 a eu pour impact une réduction du poids individuel des nouveaux nés. La relation entre le poids du nouveau-né et la taille de portée est en effet décrite par de nombreux auteurs ; les lapereaux issus de grandes portées ont des poids plus faible (Tudela, 1997). Dans nos conditions expérimentales, l'analyse statistique n'a pas fait ressortir de variations de la prolificité selon les saisons ; les données bibliographiques indiquent néanmoins une moindre prolificité en hiver.

3.1.3. Taux de mortinatalité

Nous avons enregistré un taux moyen de mortinatalité relativement élevé, proche de celui obtenu chez les lapines locales de différentes parités élevées en station expérimentale de Tizi-Ouzou (16,4%) (Zerrouki et *al.*, 2005). En revanche, Fellous et *al.*, (2012) observent chez la nullipare locale (station expérimentale de Sidi Bel Abbes), une mortinatalité extrêmement faible (3,9%). Ces différents résultats font ressortir la grande variabilité de la mortalité à la naissance. Chez la lapine, la mortinatalité est influencée par divers facteurs, tels les conditions d'élevage, le rang de portée, la saison. Chez la Néozélandaise

Blanche, la mortinatalité en première portée est de 5,4% (Tudela, 1997). Chez la nullipare de population locale italienne, le taux de mortinatalité est inférieur à celui des primipares (respectivement, 14,8 et 34,0%), tandis que la saison estivale enregistre les taux de mortinatalité les plus élevés (Paci et *al.*, 2002). Une étude sur la lapine locale algérienne fait également ressortir une forte mortinatalité durant l'été, et une plus faible durant l'hiver (respectivement 15,2 % et 4,9% ; Abdelli et Berchiche, 2012). Notre expérimentation ne s'est pas déroulée durant la saison estivale, et nos résultats ont indiqué un taux de mortinatalité plus élevé au printemps.

3.1.4. Comportement maternel

Notre étude souligne que les nullipares de population locale ont adopté, lors de leur première mise-bas, un bon comportement maternel : 84,2% des parturientes ont confectionné un nid de bonne qualité, et 89,1% ont allaité leur portée. Ces résultats découlent probablement du fait que les boîtes à nid étaient placées une semaine avant la date présumée du part. Chez la lapine, un minimum de 3 jours est nécessaire à la construction d'un bon nid (Synthèse : Szendrö, 2008). L'acquisition du comportement maternel chez la lapine, et plus particulièrement la confection du nid, est un élément capital. En effet, la survie des nouveau-nés est, dans un premier temps, fortement conditionnée par la qualité du nid maternel. Le taux de néomortalité est ainsi plus important lorsque la mère n'a pas préparé de nid (83,5 vs. 34,0 %, respectivement pour les nids non préparés et ceux de bonne qualité ; Abdelli et Berchiche, 2012). Notre expérimentation a permis de confirmer cette donnée, et de montrer par ailleurs, que la néomortalité était relativement réduite, même lorsque le nid était de mauvaise qualité. La quantité de poils dans le nid serait, en partie, un caractère lié à la race de lapin ; la lapine Californienne dépose moins de poils dans le nid que la Néozélandaise Blanche (Szendrö, 2008). Chez la lapine, l'aspect qualitatif du nid s'améliore régulièrement au cours des 3 premières mise-bas (Verga et *al.*, 1978). Le lieu de mise-bas représente également un facteur important pour la survie des lapereaux. Les lapereaux qui naissent en dehors de la boîte à nid (exemple : dans la cage de la mère) ne survivent généralement pas longtemps, victimes d'hypothermie. En effet, à la naissance, les capacités thermorégulatrices du lapereau sont encore immatures (Combes et *al.*, 2013).

L'âge à la première saillie exerce un impact sur le comportement maternel (Van den Broeck et Lampo, 1979); le taux de femelles ayant confectionné un bon nid et allaité leur portée est plus élevé chez les nullipares saillies à l'âge de 4 mois en comparaison de celles saillies à 5 mois (respectivement 82 vs. 55%, pour la préparation d'un bon nid, et 82 vs 57% pour l'allaitement). Les données bibliographiques relèvent que les taux d'abandon de portée sont généralement plus élevés en première mise bas (Marais et Rashwan, 2003). Les lapines qui abandonnent de nouveau leur portée au cours de la 2^{ème} sont le plus souvent réformées par les éleveurs.

3.2. L'aspect de la vulve : des indicateurs fiables de la réceptivité et de la fertilité des lapines

Notre étude a montré que la réceptivité, la fertilité et la prolificité des nullipares de population locale étaient influencées par le type de vulve. Les relations entre les caractéristiques externes de la vulve, le comportement sexuel et la fertilité ont fait l'objet de différentes études (Scendro et *al.*, 2006 ; Diaz et *al.*, 1988 ; Abdel-Ghaffar et *al.*, 1994). Chez la lapine de population locale, nos travaux confirment que la vulve turgescente et rougeâtre constitue un indice fiable de la réceptivité sexuelle. Chez la lapine Néo-Zélandaise Blanche, le taux de conception et la prolificité sont plus élevés chez les femelles ayant une vulve rouge turgescente, en comparaison des lapines à vulve rose non turgescente (85,5% vs. 61,7% et 7,5 vs 5,1 respectivement pour le taux de fertilité et la taille des nés totaux ; Abdel-Ghaffar et *al.*, 1994). Nos travaux ont permis de recueillir des résultats très analogues.

3.3. Durée de la gestation des nullipares

Les lapines nullipares de population locale ont une durée moyenne de gestation de 31,4 j. Cette valeur est similaire à la moyenne des durées de gestation relevée sur 32 races européennes (31,4 j et 31,3 j, respectivement pour la pure souche et la souche croisée ; Wilson et Dudley, 1952), et identique à celle des lapines nullipares locales italiennes (31,3 j) (Paci et *al.*, 2002). Plus de 90,0% des

lapines locales ont mis bas à 31 ou 32 jours *postcoïtum*, un taux analogue à celui rapporté par Loussouarn et *al.*, (2013). Le principal facteur de variation révélé par notre étude a été la taille de portée : la gestation est plus courte pour les portées de grande taille, conformément aux observations de Wilson et Dudley (1952). En effet, chez la majorité des mammifères domestiques, la mise-bas est initiée par le cortisol des surrénales du fœtus. Chez les femelles gestantes d'une grande portée, une production plus importante de cortisol serait probablement à l'origine d'une mise-bas « prématurée ». Ce phénomène expliquerait également, en partie, le poids plus faible des lapereaux issus d'une grande portée. La durée de gestation ne semble pas être influencée par le facteur saison, conformément aux conclusions de Tûma et *al.*, (2010).

Conclusion

Les performances reproductives des lapines locales en 1^{ère} portée sont, pour de nombreux critères tels la réceptivité sexuelle, la fertilité et le comportement maternel, comparables à celles des lapines de races européennes.

La prolificité des nullipares bien que faible en comparaison des races européennes, a néanmoins augmenté entre le 1^{er} et le 3^{ème} essai (+0,8 lapereau pour les nés totaux ; +0,8 lapereau pour les nés vivants). Cette observation suggère une possible amélioration de la prolificité, grâce notamment à une meilleure maîtrise des facteurs environnementaux et nutritionnels.

La mortinatalité en première portée demeure relativement importante chez les nullipares locales.

Chez les nullipares, les caractéristiques externes de la vulve sont des indicateurs fiables des performances reproductives des lapines locales : les vulves rouge et rose turgescents sont indices d'une bonne réceptivité et fertilité.

Relations entre les caractéristiques externes de la vulve et le comportement sexuel chez la lapine allaitante

Introduction

Chez la lapine, les pics de réceptivité sexuelle sont associés à des modifications morphologiques de la vulve (Mc Nitt et *al.*, 1989 ; Csatadi et *al.*, 2004). Quatre couleurs de la vulve, liées ou non à un état de turgescence, ont été décrites chez la lapine: rouge, rose, violet, et blanche. Les lapines à vulve rouge ou rose et turgide présentent le plus grand taux d'acceptation de l'accouplement (Pla et *al.*, 1984). Par ailleurs, les meilleurs taux de conception et de prolificité sont obtenus chez les lapines à vulves rouges turgescents (AbdelGhafar et Agag 1994 ; Szendrő et *al.*, 2006). Les signes comportementaux de la réceptivité sexuelle chez la lapine, tels l'adoption de la lordose ou le marquage par les glandes mentonnières, résultent de l'action des oestrogènes sur la zone ventro-latérale de l'hypothalamus (Beyer et *al.*, 2007). Les oestrogènes, par leur action hyperhémiant sur la sphère génitale de la lapine (Min et *al.*, 2002), seraient également à l'origine des modifications de la coloration et de la turgescence de la vulve chez les femelles réceptives.

Bien que les meilleurs indices de réceptivité sexuelle chez la lapine soient l'acceptation du mâle ou l'adoption de la position de lordose par la femelle (IRRG, 2005), la majorité des recherches menées actuellement en Europe se base sur l'aspect morphologique de la vulve afin de déterminer l'état de réceptivité. Ce choix est en grande partie imposé par l'usage répandu de l'insémination artificielle en tant que mode de reproduction dans les élevages cynicoles. Généralement, seules les lapines présentant une vulve turgescence et de couleur rougeâtre (selon les auteurs, soit rouge ou rose, soit rouge ou violet) sont considérées comme réceptives. Cette classification a pour inconvénient d'exclure les femelles ayant une vulve d'une autre caractéristique, et ayant néanmoins pu accepter la saillie. L'application d'un indice de réceptivité permet une évaluation plus précise du comportement sexuel de la femelle.

Notre étude a pour objectif de définir, chez la lapine de population locale, un indice de la réceptivité sexuelle, en analysant la relation entre le comportement

sexuel de la femelle (acceptation ou non de la saillie) et la morphologie externe de la vulve (couleur et turgescence).

1. Matériel et méthodes

1.1 Animaux et protocole expérimental

Les animaux appartiennent à la population locale de lapins domestiques, de phénotype coloré (*Oryctolagus cuniculus*). Au total, 104 lapines primipares allaitantes, âgées entre 6 et 6.5 mois, et 26 mâles adultes, de 7 à 12 mois d'âge, ont participé à cette étude. Les caractéristiques externes de la vulve (couleur et turgescence) sont définies entre le 11^{ème} et le 14^{ème} jour postpartum. Durant cet intervalle de temps, les lapines sont présentées aux mâles, jusqu'à acceptation de la saillie. Les femelles sont présentées aux mâles à J11 PP, entre 10 h 00 et 12 h 00 a.m. Les lapines qui refusent la saillie, après présentation à trois mâles successifs, sont considérées comme non-réceptives. Elles sont testées de nouveau entre J12 et J14 PP selon les mêmes modalités, jusqu'à acceptation du coït. Le rythme des accouplements fixé pour chacun des mâles est de maximum deux coïts par jour, tous les trois à quatre jours. Avant chaque présentation au premier mâle, les caractéristiques externes de la vulve sont relevées, par observation visuelle. Conformément aux travaux de Diaz et *al.* (1988) et aux recommandations de l'International Rabbit Reproduction Group (IRRG, 2005), les vulves ont été classées selon leur couleur (rouge, rose, violette et blanche), et selon leur état de turgescence (turgescence, non turgescence).

La valeur moyenne de la température ambiante moyenne enregistrée durant la période de l'expérimentation est de $19,3 \pm 3,7^{\circ}\text{C}$ et celle de l'hygrométrie relative de $67,4 \pm 13,0\%$.

1.2 Analyses statistiques

Le traitement statistique des données a été effectué avec le logiciel GraphPad InStat version 3.10 pour Windows. Les relations entre les caractéristiques de la vulve (couleur et turgescence) et le comportement sexuel de la lapine (acceptation ou non de la saillie) ont été analysées en appliquant des tests non paramétriques (Test exact de Fisher). Les résultats sont considérés comme significatifs pour $P < 0,05$.

2. Résultats

Au total, 172 présentations et observations de vulves ont été réalisées sur un effectif de 104 primipares allaitantes, entre J11-J14 du postpartum.

2.1 Répartition des différents types de vulves

La répartition des différents types de vulves, selon l'état de réceptivité des lapines, est reportée dans le tableau 6.1 et la figure 6.1. Nos résultats montrent que la vulve blanche non turgescence représente le type dominant chez les lapines non-réceptives (69,3%) tandis que chez les femelles réceptives, ce sont les vulves roses turgescences qui prédominent (37,2%). En revanche, les proportions des vulves rouge, rose, violet, violet turgescence ou blanche turgescence n'ont pas varié de façon significative avec l'état de réceptivité des femelles. Pour l'ensemble des observations effectuées entre le 11^{ème} et le 14^{ème} jour de lactation, la vulve blanche non turgescence représente la catégorie la plus fréquente (37,2%). Le taux d'acceptation de la saillie durant cet intervalle de temps a été de 50,0%.

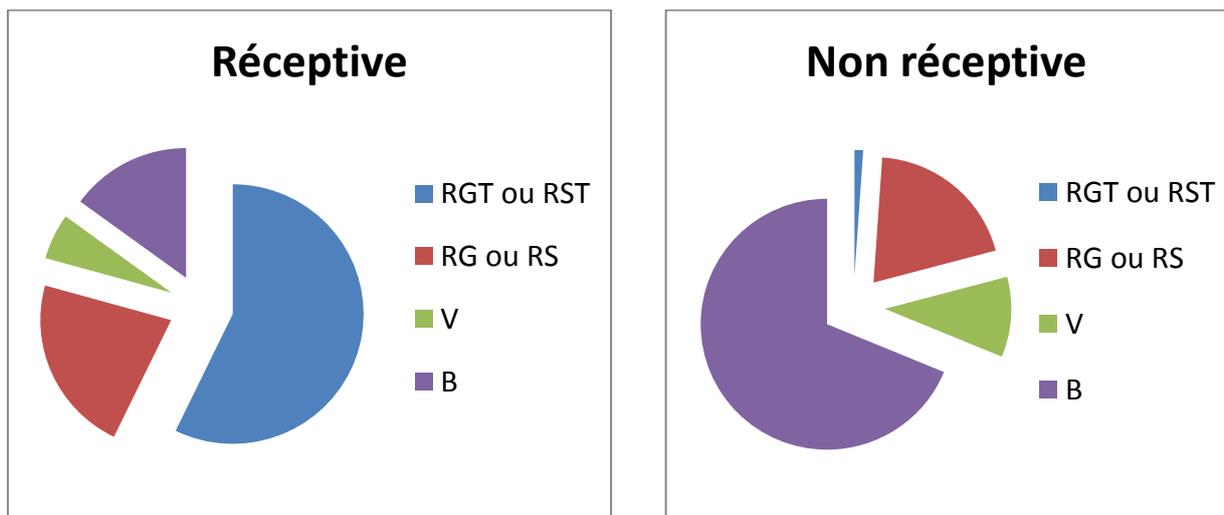


Figure 6.1. Aspect de la vulve chez les lapines réceptives et non réceptives (RG : rouge ; RS : rose ; V : violette ; B : blanche ; T : turgescence)

Tableau 6.1. Répartition des différents types de vulves (%) entre J11 et J14 postpartum chez la lapine allaitante

Vulve	Réceptives	Non réceptives	Total	P
Rouge T	19,7 ^a (17)	0 ^b (0)	9,8 (17)	< 0,001
Rose T	37,2 ^a (32)	1,1 ^b (1)	19,1 (33)	< 0,001
Rouge ou rose	22,1 ^a (19)	19,7 ^a (17)	20,9 (36)	NS
Violette T	3,4 ^a (3)	3,4 ^a (3)	3,4 (6)	NS
Violette	2,3 ^a (2)	6,9 ^a (6)	4,6 (8)	NS
Blanche T	4,6 ^a (4)	4,6 ^a (4)	4,6 (8)	NS
Blanche	10,4 ^a (9)	63,9 ^b (55)	37,2 (64)	< 0,001
Total	100% (86)	100% (86)	100% (172)	

Dans une même ligne, les chiffres ayant en exposant des lettres différentes sont significativement différents au seuil de $P < 0,05$; (T = turgescente ; NS : Non significatif pour $P < 0,05$). Le chiffre entre parenthèse indique le nombre d'observation.

2.2 Taux de réceptivité et caractéristiques vulvaires

Le comportement sexuel de la lapine varie selon l'aspect morphologique de la vulve. Les taux de réceptivité sexuelle les plus élevés sont obtenus chez les femelles à vulve rouge turgescente ou rose turgescente tandis que les taux les plus faibles sont observés pour les vulves violette non turgescente ou blanche et non turgescente (respectivement 100 et 96,6 vs. 25,0 et 14,1% ; $P < 0,001$) (Tableau 6.2). Pour les lapines à vulve rouge non turgescente, rose non turgescente, violette turgescente et blanche turgescente, les taux d'acceptation du mâle ont oscillé entre 50 et 53% (respectivement 50%, 52,9%, 50% et 50% ;

$P > 0,05$). Pour les vulves de couleur rose ou blanche, le caractère turgescence a augmenté la probabilité de la femelle à accepter le mâle. D'une manière générale, 87,5% des lapines ayant une vulve turgescence ont accepté la saillie contre 27,8% chez les femelles ayant une vulve non turgescence ($P < 0,001$) (Figure 6.2).

Tableau 6.2. Taux d'acceptation de la saillie selon les caractéristiques externes de la vulve chez la lapine de population locale (%)

Vulve	Blanche	Violette	Rose	Rouge
Turgescence	50,0	50,0	96,6	100
Non turgescence	14,1	25,0	52,9	50,0

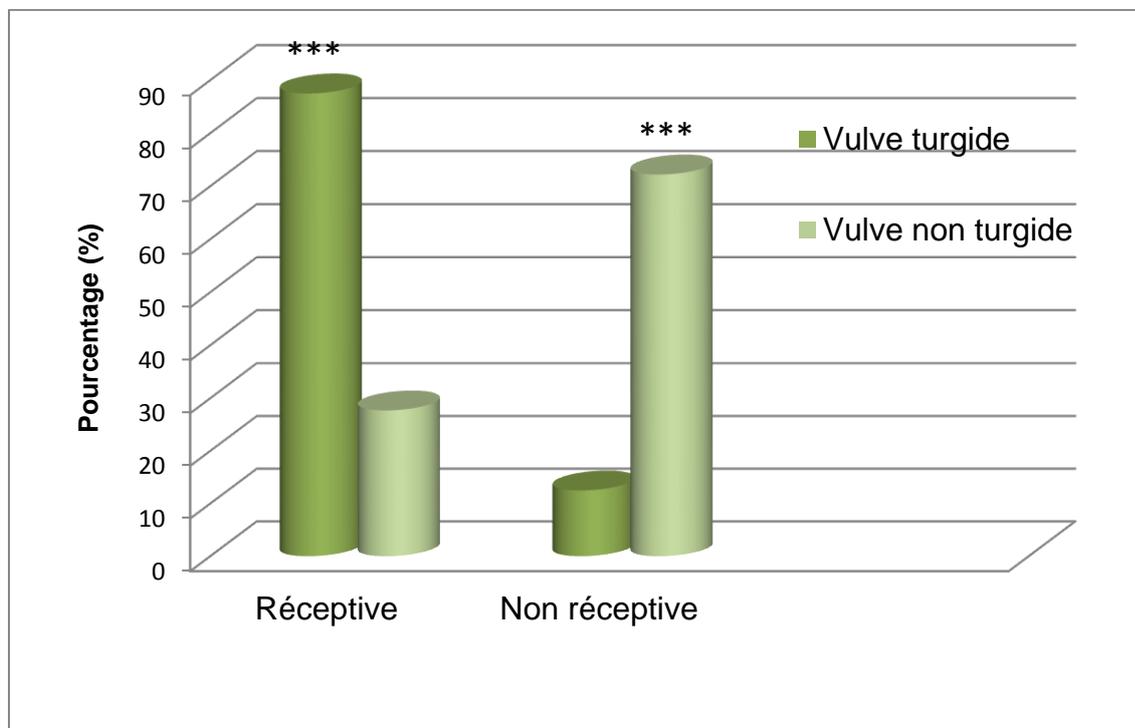


Figure 6.2. Impact de la turgescence vulvaire sur le comportement sexuel (***, $P < 0,001$)

En résumé, 3 niveaux de réceptivité sexuelle peuvent être attribués à la lapine domestique locale, en fonction des caractéristiques morphologiques vulvaires (**Figure 6.3**) :

- **Niveau 1:** Réceptivité de faible niveau (14-25%) pour les lapines à vulve blanche non turgescence ou violette non turgescence
- **Niveau 2:** Réceptivité de niveau moyen (50 -53%) pour les lapines à vulve rose ou rouge et non turgescence, violette turgescence ou blanche turgescence.
- **Niveau 3:** Réceptivité de niveau élevé ($\geq 96\%$) pour les lapines à vulves rose turgescence ou rouge turgescence.

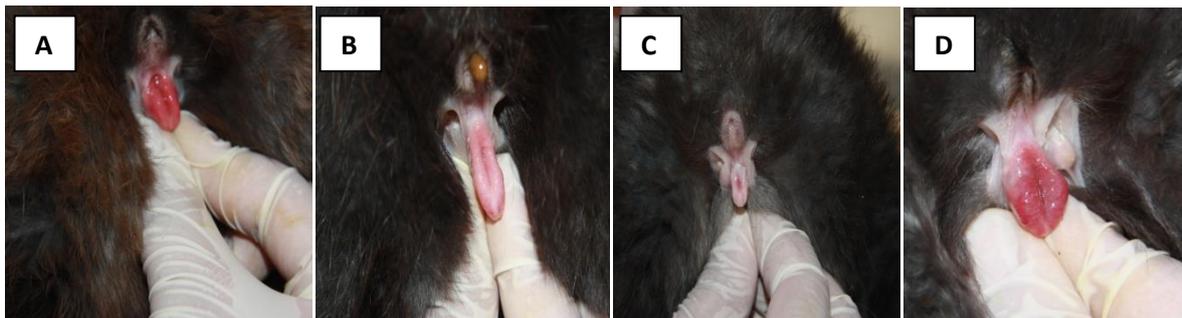


Figure 6.3. Aspects de la vulve chez la lapine de population locale Algérienne ; A : rouge turgescence ; B : blanche turgescence ; C : blanche non turgescence ; D : rose turgescence. (Photos personnelles)

3. Discussion

Notre expérimentation a permis de définir un indice morphologique de la réceptivité sexuelle chez la lapine allaitante de population locale, basé sur la couleur et la turgescence de la vulve. Les femelles à vulve rouge ou rose et turgescences sont celles qui ont exprimé le taux d'acceptation du mâle le plus élevé, tandis que les vulves blanches ou violettes et non turgescences augmentent

le taux de refus de la saillie. Diaz et *al.* (1988) rapportent chez la lapine Californienne un taux de réceptivité sexuelle de 100% pour les femelles à vulve rouge turgescente et de 17,3% pour celles à vulve blanche et non turgescente. Nos résultats confirment par ailleurs que la turgescence de la vulve est un bon indice prédicteur de la réceptivité : 87,5% des femelles à vulve turgescente ont accepté la saillie.

En se basant sur les travaux de Gosalvez et *al.* (1985) et de Rodriguez et *al.* (1989), Ubilla et *al.* (1995) ont adopté, dans leur étude, une classification à trois niveaux de la réceptivité sexuelle: niveau élevé (92%) pour vulves rouges et roses turgescentes ; niveau moyen (55%) pour les vulves roses non turgescentes et violets turgescentes ; niveau faible (24%) pour les vulves violets ou blanches et non turgides. Selon les résultats de notre étude, la même indexation peut être appliquée chez la lapine de population locale.

Les données bibliographiques concernant l'influence de la couleur violet sur la réceptivité sont controversées. Pour certains auteurs, le violet diminue les chances d'acceptation de la saillie (Mc Nitt et *al.*, 1989 ; Theau-Clément et Roustan 1992), pour d'autres, cette couleur est associée à un bon taux de réceptivité (Rebollar et *al.*, 2008 ; Szendrö et *al.*, 2006). Les frottis vaginaux effectués sur des femelles ayant des vulves de couleur violet montrent un faible taux de cellules épithéliales, indiquant une faible imprégnation par les oestrogènes (Ypsilantis et *al.*, 1996). Nos résultats indiquent un faible taux de réceptivité chez les lapines à vulve violet non turgescente (25%), et un taux moyen (50%) pour les vulves violets et turgescentes.

La fréquence des différentes caractéristiques externes de la vulve varie selon le stade physiologique de la femelle ; la proportion des femelles à vulve blanche est élevée en début de gestation ou en période postpartum, tandis que celle à vulve violette est maximale en période péripartum (Stoufflet et Caillol, 1988). Nous avons également relevé, au cours de cette recherche, une fréquence élevée de vulves violettes très turgescentes le jour de la mise-bas. Cette particularité permet d'expliquer le nombre restreint (14 sur 172 observations) de femelles à

vulves violettes observées dans notre étude, qui a été menée sur des lapines allaitantes entre J11 et J14 du postpartum.

Le stade physiologique ne constitue pas le seul facteur pouvant influencer l'apparence externe de la vulve. Plusieurs études ont montré l'impact de l'état nutritionnel des lapines sur les caractéristiques vulvaires. Chez les lapines nullipares de races Californienne et Néozélandaise Blanche, la couleur de la vulve est influencée par le niveau de consommation alimentaire (Gomez et *al.*, 2005). Un jeûne de 24 heures augmente significativement le nombre de femelles à vulve blanche, tandis qu'une alimentation à haut niveau énergétique augmente la fréquence des lapines à vulve rose.

Conclusion

La couleur et l'état de turgescence de la vulve représentent chez la lapine locale des éléments prédictifs fiables de la réceptivité sexuelle. Cette recherche est, à notre connaissance, l'une des premières évaluations entre le comportement sexuel de la lapine locale et ses caractéristiques vulvaires. Les meilleurs taux d'acceptation du mâle sont obtenus chez les lapines ayant une vulve rouge turgescence ou rose turgescence.

L'indexation à 3 niveaux établie dans cette étude permet de quantifier la réceptivité sexuelle de la lapine. Elle peut être exploitée dans le but de tester l'impact de différents facteurs (alimentation, saison, photopériode, méthodes d'induction de l'œstrus) sur la réceptivité sexuelle de la lapine, sans avoir à recourir aux mâles, entiers ou vasectomisés, et prendre le risque d'une gestation ou d'une pseudogestation indésirables.

Evolution de la réceptivité sexuelle, de l'oestradiol et de la progestérone plasmatique en période postpartum

Introduction

La lapine possède la particularité physiologique d'accepter la saillie immédiatement après la mise-bas et de mener une gestation en parallèle avec la lactation. Plusieurs études ont toutefois montré que la réceptivité sexuelle des lapines n'évoluait pas de façon uniforme au cours du postpartum. Chez les lapines de races européennes, l'acceptation de l'accouplement présente généralement les taux les plus élevés les 2 jours suivant la mise-bas (Diaz et *al.*, 1988) ainsi que les jours après le sevrage (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995). Entre cet intervalle de temps, la réceptivité est maintenue à des taux relativement bas, et varie selon la parité (Theau-Clément et *al.*, 2008), le stade de lactation (Ubillar et Rebollar, 1995) et la taille de la portée allaitée (Diaz et *al.*, 1988).

L'étude de l'évolution de la réceptivité sexuelle au cours du postpartum permet de définir les périodes optimales d'acceptation de la saillie, donnée importante notamment en insémination artificielle. Les performances de reproduction des femelles sont en effet dépendantes de leur état de réceptivité : les femelles réceptives ont des taux de fertilité et de prolificité supérieurs aux femelles non-réceptives (Theau-Clément et Roustan, 1992). Plusieurs recherches ont permis de caractériser les performances zootechniques de reproduction chez la lapine de population Algérienne (Zerrouki et *al.*, 2005 ; Fellous et *al.*, 2012.). Les données sur sa physiologie reproductive durant la lactation, et particulièrement sur son comportement sexuel ainsi que sur la cinétique des hormones sexuelles restent néanmoins parcellaires.

Cette étude a pour objectifs d'évaluer l'évolution de la réceptivité sexuelle, de l'oestradiolémie et de la progestéronémie des lapines au cours de la lactation.

1. Matériel et méthodes

L'étude est réalisée dans le clapier expérimental de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, de Juin à Août 2008. Les lapines sont logées dans des cages individuelles de type flat-deck, et soumises à un éclairage naturel. L'eau et l'aliment, composé de granulés commerciaux, sont distribués aux animaux en *ad libitum*. L'index moyen de température hygrométrie relevé durant l'expérimentation est de $25,1 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

1.1. Animaux et conduite expérimentale

Les animaux appartiennent à une population locale algérienne de lapins domestiques, de phénotype coloré. L'étude a porté sur dix lapines primipares âgées de 5,5-6 mois à leur 1^{ère} mise-bas et d'un poids moyen de $3050 \pm 46\text{g}$. La réceptivité sexuelle est évaluée, quotidiennement, de la mise-bas (J0) jusqu'au 44^{ème} jour *postpartum* (J44 PP), par observation des caractéristiques externes de la vulve. Les observations de la vulve sont toujours effectuées par le même opérateur. Les vulves sont classées selon leur couleur (rouge, rose, violet et blanc), et leur état de turgescence (turgescence, non turgescence) (IRRG, 2005).

1.2. Modalités de mesure

Les relations entre le comportement sexuel des lapines et les caractéristiques de la vulve ont été analysées selon les modalités établies par Gosalvez et *al.*, (1985). Ces auteurs ont défini trois degrés de réceptivité : élevé (vulve rouge turgescence, rose turgescence et rouge non turgescence), moyen (vulve rose non turgescence ou violette turgescence) et faible (vulve violette non turgescence ou blanche). Nous avons obtenu des résultats similaires chez la lapine de population locale, à l'exception de la vulve rouge non turgescence pour laquelle la réceptivité a été moyenne (voir expérimentation 2). En conséquence, dans cette étude, seules les femelles à vulve rouge turgescence ou rose turgescence seront considérées comme réceptives.

1.3. Collecte de sang et dosages hormonaux

Le sang (2 mL) est prélevé, sur les 10 lapines, au niveau de la veine marginale de l'oreille, sur tube hépariné. Les échantillons sanguins sont immédiatement centrifugés (1000 tours/mn durant 10 minutes) et congelés à -20°C jusqu'à leur analyse. Les collectes de sang sont effectuées quotidiennement entre 10:00 a.m. et 12:00 a.m. et sur une période allant du jour de la mise-bas (J0) au 12^{ème} jour PP. Les concentrations d'oestradiol (E2) et de progestérone (P4) sont mesurées en duplicata par dosage radio-immunologique grâce à l'utilisation de kits commerciaux (^{125}I RIA, Immunotech®). Les analyses hormonales ont été réalisées dans le service d'endocrinologie du Centre Hospitalo-Universitaire Mustapha Pacha (Alger).

1.4 Analyses statistiques

Les données sont traitées avec le logiciel Statistica (Stat Soft France, 2003). La variation de la proportion des femelles réceptives (réceptive=1, pour les lapines à vulve rouge turgescente ou rose turgescente ; non réceptive=0, pour les lapines ayant un autre type de vulve) est analysée par le test non paramétrique Q de Cochran. Une analyse de variance est utilisée pour évaluer l'impact du stade *postpartum* (7 niveaux : semaines 1 à 6 de la lactation, et postsevrage) et de la taille de portée allaitée (2 niveaux: 3-6 vs. 7-10 lapereaux) sur la réceptivité. Les variations hormonales en postpartum ont été analysées par des tests non paramétriques pour échantillons appariés (Anova de Friedman).

Les variations des concentrations hormonales en fonctions de l'apparence de la vulve (rouge ou rose turgescente vs. autres caractéristiques ; turgescente vs. non turgescente) ou de la taille de portée allaitée (grande vs. petite) ont été traitées par des tests non paramétriques (Test U de Mann-Whitney). Les résultats sont exprimés par la moyenne arithmétique \pm erreur standard de la moyenne, et sont considérés comme significatifs pour un seuil de $P < 0,05$.

2. Résultats

Toutes les lapines ont allaité leur portée de la mise-bas jusqu'au sevrage, à l'exception d'une femelle qui a interrompu l'allaitement à partir de J30 PP pour cause de pathologie. Au total, 435 observations de vulves ont été réalisées sur l'ensemble de la période. Les types de vulves les plus fréquemment observées durant le *postpartum* sont les vulves roses turgescentes (33,1%) ou blanches (23,6%) et les moins fréquentes, les violettes (5,7%) ou rouges et non turgescentes (0,2% ; Figure 7.1)

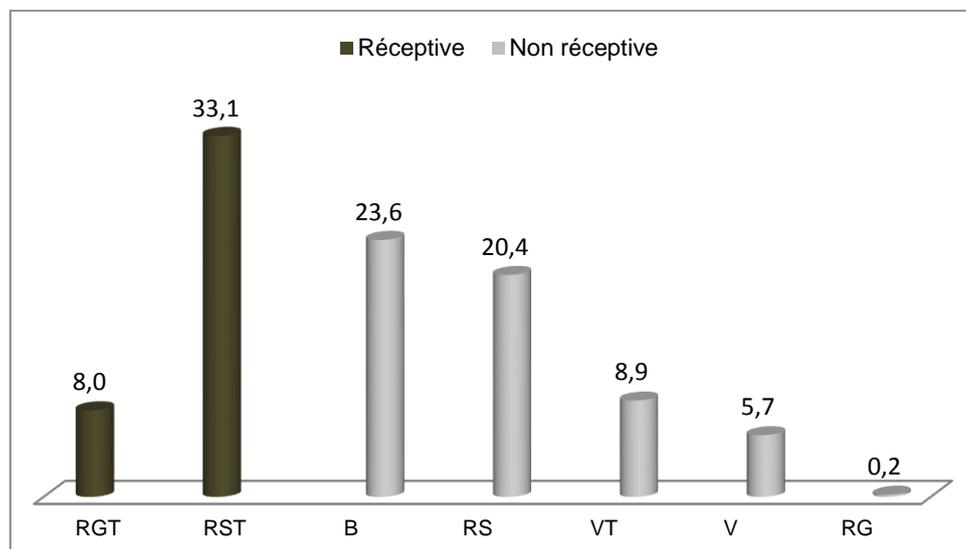


Figure 7.1. Types de vulve observés chez la primipare allaitante durant la phase *postpartum* (%). *RG* : rouge ; *RS* : rose ; *V* : violette ; *B* : blanche ; *T* : turgescente

2.1 Evolution de la réceptivité sexuelle moyenne de J0 à J44 PP

Le taux moyen de réceptivité pour la période allant de J0 à J44 est de $41,1 \pm 2,3$ %. Nos résultats mettent en évidence une variation de la réceptivité moyenne entre la naissance et le sevrage des lapereaux ($P < 0,0001$, Figure 7.2). La réceptivité sexuelle est élevée le jour de la mise bas et chute brutalement à J2

(80% vs. 10%, respectivement, $P < 0,01$). La proportion de femelles réceptives reste très faible entre J2-J7, puis remonte progressivement jusqu'à J10 (50%). Dans l'intervalle J11-J27, elle oscille entre 20 et 40%. Très faible à J28, la réceptivité augmente jusqu'à J34. A partir de J35, elle fluctue entre 77,7% et 44,4% le jour du sevrage. Elle augmente brutalement le lendemain du sevrage et atteint 100% à J44.

Nous relevons une importante variabilité individuelle de la réceptivité moyenne ($P < 0,0001$), avec des taux variant de 8,8 % à 91,1%. Certaines lapines ont ainsi été réceptives durant une grande partie de la lactation, tandis que d'autres ne l'ont été qu'au cours du dernier tiers de la lactation (Figure 7.3).

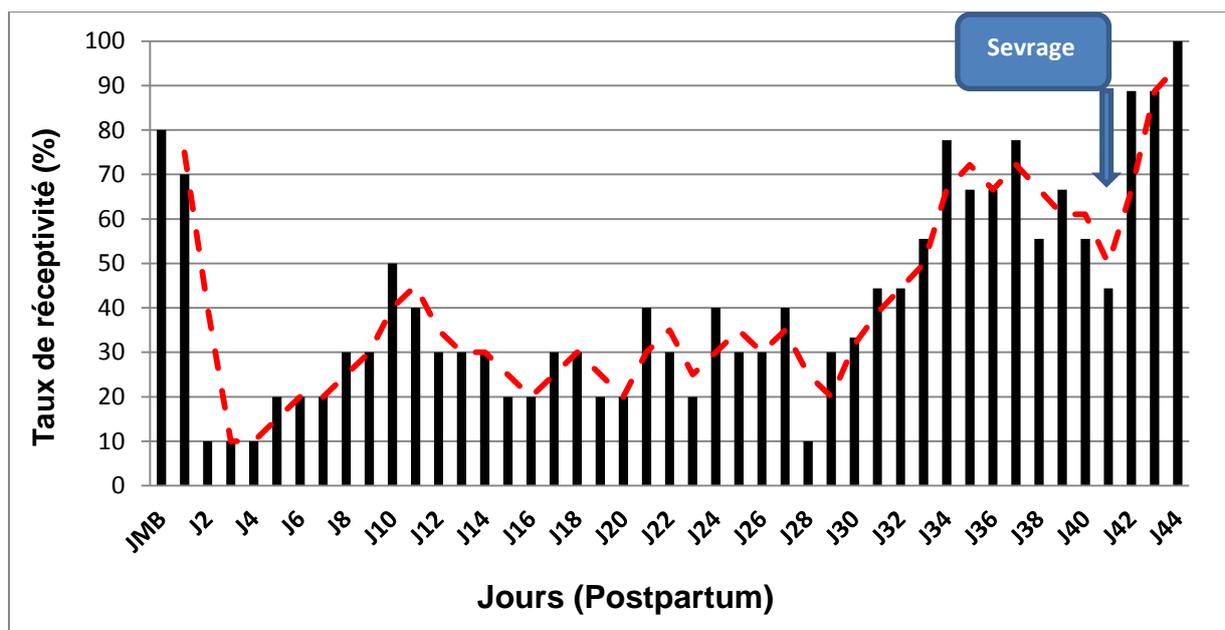


Figure 7.2. Evolution de la réceptivité sexuelle moyenne dans la phase *postpartum* chez la lapine primipare et allaitante (sevrage au 41^{ème} jour *postpartum* ; JMB : jour de mise-bas).

Le tableau 7.1 rapporte le taux moyen de réceptivité sexuelle en fonction des semaines *postpartum*. La période de lactation a été répartie en 6 semaines, tandis que la période postsevrage s'étend sur 3 jours. Les résultats montrent que la réceptivité demeure faible au cours des cinq premières semaines de lactation, avec des valeurs moyennes inférieures à 45%. La troisième semaine de lactation enregistre notamment les taux les plus bas de réceptivité (<30%).

Chez les lapines allaitantes, le taux de réceptivité atteint ses valeurs les plus élevées au cours de la sixième semaine (61,9%). La fréquence des femelles réceptives augmente ainsi significativement après le 34^{ème} jour *postpartum* pour atteindre une moyenne de 92,5% après le sevrage (jours 42, 43 et 44 *postpartum*).

Tableau 7.1. Taux de réceptivité sexuelle dans la phase postpartum chez la lapine primipare allaitante (moyenne \pm ESM).

Postpartum	Moyenne (%)
Semaine 1 [J0-J6]	31,4 \pm 5,5 ^{ab}
Semaine 2 [J7-J13]	32,8 \pm 5,6 ^{ab}
Semaine 3 [J14-J20]	27,1 \pm 5,3 ^a
Semaine 4 [J21-J27]	32,8 \pm 5,6 ^{ab}
Semaine 5 [J28-J34]	43,1 \pm 6,1 ^b
Semaine 6 [J35-J41]	61,9 \pm 6,1 ^c
Post-sevrage [J42-J44]	92,5 \pm 5,1 ^d

Les chiffres affectés de lettres différentes sont différents pour $P < 0,05$. J : jour

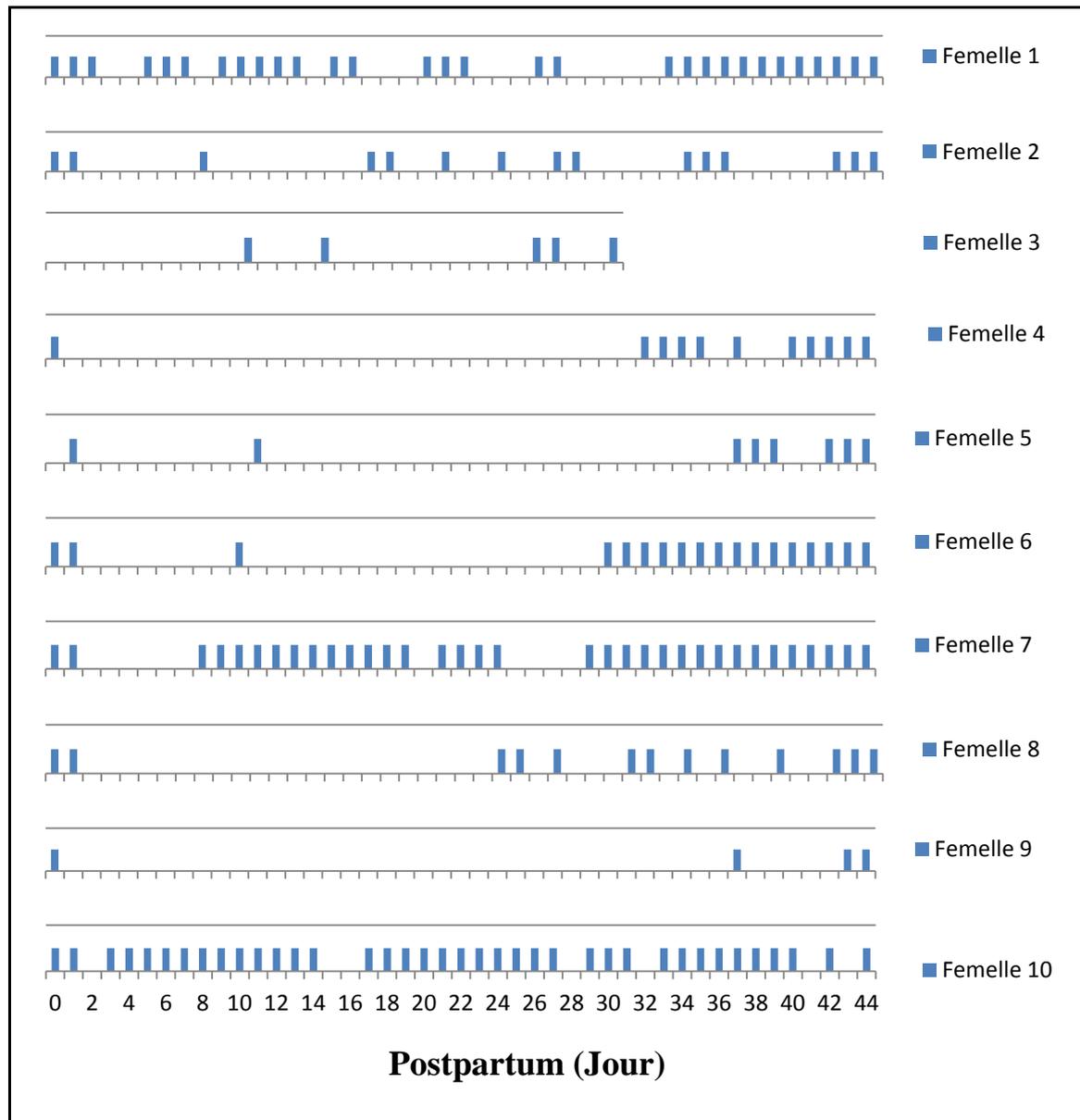


Figure 7.3. Variation individuelle de la réceptivité sexuelle en période postpartum chez la primipare allaitante non-gestante.

Dans la figure 7.3, chaque petite barre représente une lapine réceptive (femelle ayant une vulve rouge ou rose et turgescence). Le sevrage est réalisé au 41^{ème} jour de la lactation. Chez la lapine n°3, les données sur les caractéristiques de la vulve ont été suspendues au 30^{ème} jour postpartum, pour cause de pathologie.

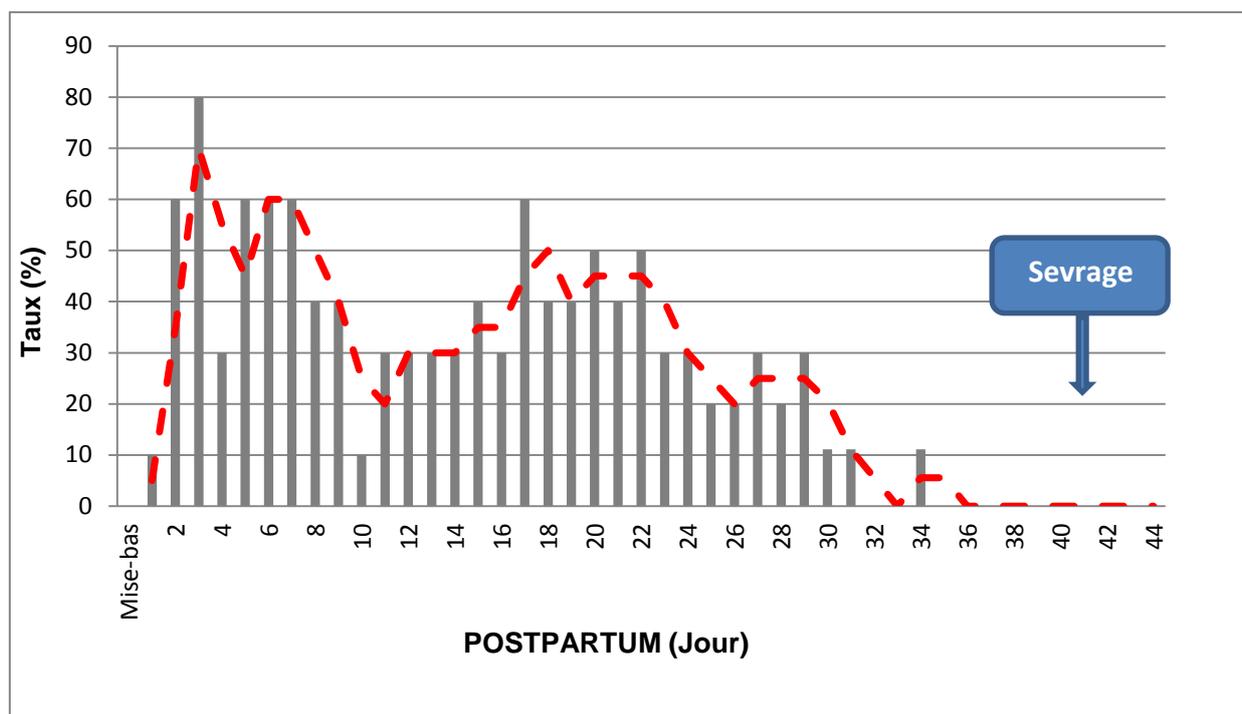


Figure 7.4. Evolution du taux de lapines à faible réceptivité sexuelle* durant le postpartum (*lapines à vulve blanche ou violette et non turgescente)

Le taux des lapines ayant une faible réceptivité sexuelle (lapine ayant une vulve blanche ou violette et non turgescente) présente une évolution caractéristique durant la phase postpartum (Figure 7.4). Le jour de mise-bas, ce taux est nul, puis il marque un pic considérable les 2^{ème} et 3^{ème} jours (respectivement 60% et 80%). Il reste maintenu à un haut niveau entre J5-J7 postpartum, et chute sensiblement à J10 PP (10%). Entre J17-J22, ce taux augmente pour atteindre des valeurs qui oscillent entre 60 et 40%. Nos résultats indiquent par ailleurs une baisse progressive de ce pourcentage à partir du 22^{ème} jour postpartum. Après le 34^{ème} jour de lactation, soit près d'une semaine avant le sevrage, plus aucune femelle ne montre de vulve blanche ou violette et non turgescente, indices d'une faible réceptivité sexuelle.

Dans nos conditions expérimentales, il ressort que les 10^{ème}-11^{ème} jours sont les jours les plus favorables pour les saillies en rythme semi-intensif.

2.2 Impact de la taille de portée allaitée.

Entre J0 et J41, les femelles allaitant une grande portée [7-10 lapereaux] sont moins réceptives que celles ayant une petite portée [3-6 lapereaux] (respectivement $26,1 \pm 2,7$ vs. $55,9 \pm 3,9\%$, $P < 0,0001$). L'impact de la taille de portée dépend cependant de la période *postpartum* (Figure 7.5). En effet, les 2 premières semaines de lactation, nous n'avons pas relevé de différences significatives en fonction de la taille de portée (40,4 et 27,9%, respectivement pour les petites et grandes portées, $P > 0,05$). En revanche, la réceptivité moyenne est significativement plus élevée pour les lapines n'élevant que 3 à 6 lapereaux durant les 3, 4, 5 et 6^{èmes} semaines après la mise-bas ($62,5$ vs. $25,0\%$, respectivement pour les lapines à petite et grande portée, $P < 0,001$). Après le sevrage (J42-J44), au cours des 3 jours d'observation, la réceptivité est identique, quelle que soit la taille de portée allaitée (91,6 et 93,3%, respectivement pour les petites et grandes portées, $P > 0,05$; Figure 7.6).

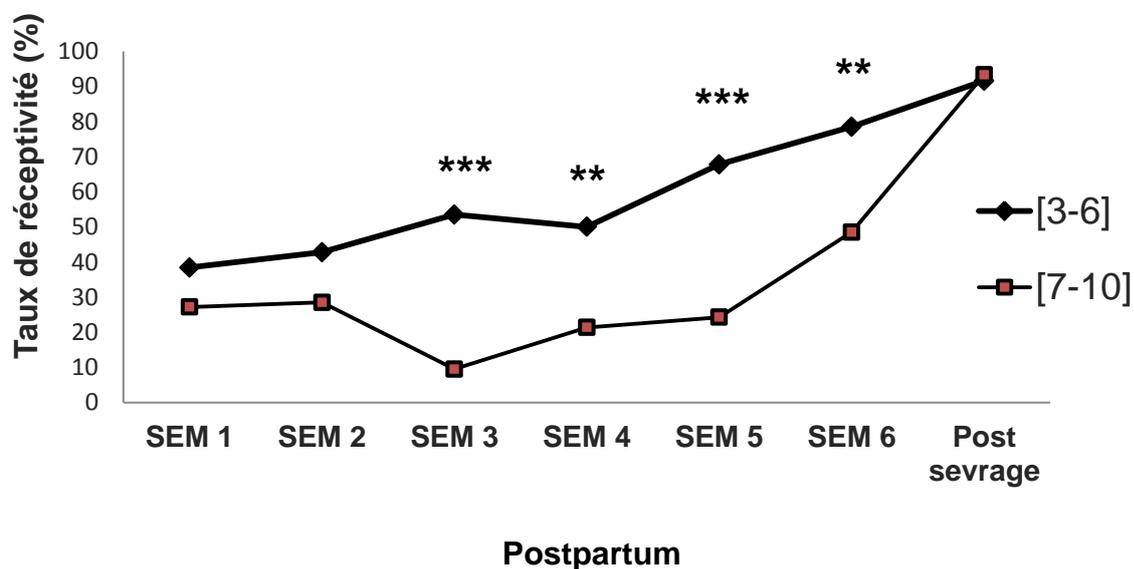


Figure 7.5. Impact de la taille de portée allaitée sur le taux de réceptivité chez la lapine primipare non gestante (SEM : semaine de lactation ; Post sevrage : J42 – J44 PP ; **, $P < 0,01$; ***, $P < 0,001$).

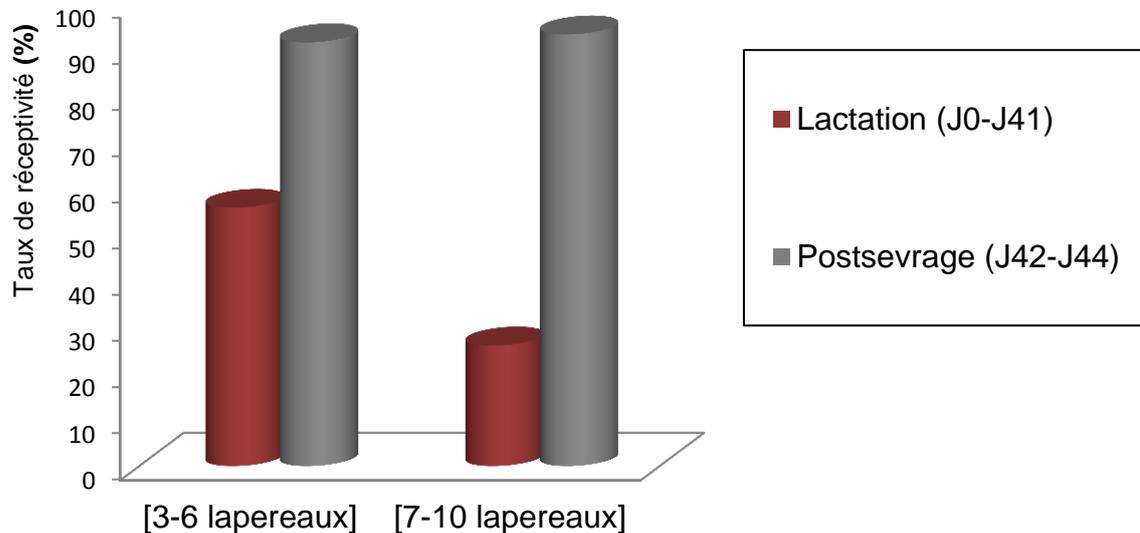


Figure 7.6. Impact de la taille de la portée sur la réceptivité sexuelle durant la lactation et après le sevrage.

2.3. Cinétique des hormones sexuelles en période postpartum

2.3.1 Evolution de l'œstradiolémie

La concentration moyenne d'E2 plasmatique durant les premiers jours de la lactation (J0 à J12) est de $102,7 \pm 5,4$ pg/mL. L'œstradiolémie n'a pas montré de variations significatives en fonction du jour de lactation ou de la taille de la portée allaitée ($P > 0,05$). Néanmoins, une légère fluctuation de l'E2 est observée à J5 PP ($146,3 \pm 60,5$ pg/mL) chez les lapines ayant une petite portée [3-6], tandis que chez les femelles allaitant une portée plus grande [7-10] la fluctuation se manifeste plus tardivement, à J11 PP ($135,7 \pm 22,3$ pg/mL) (Figure 7.7).

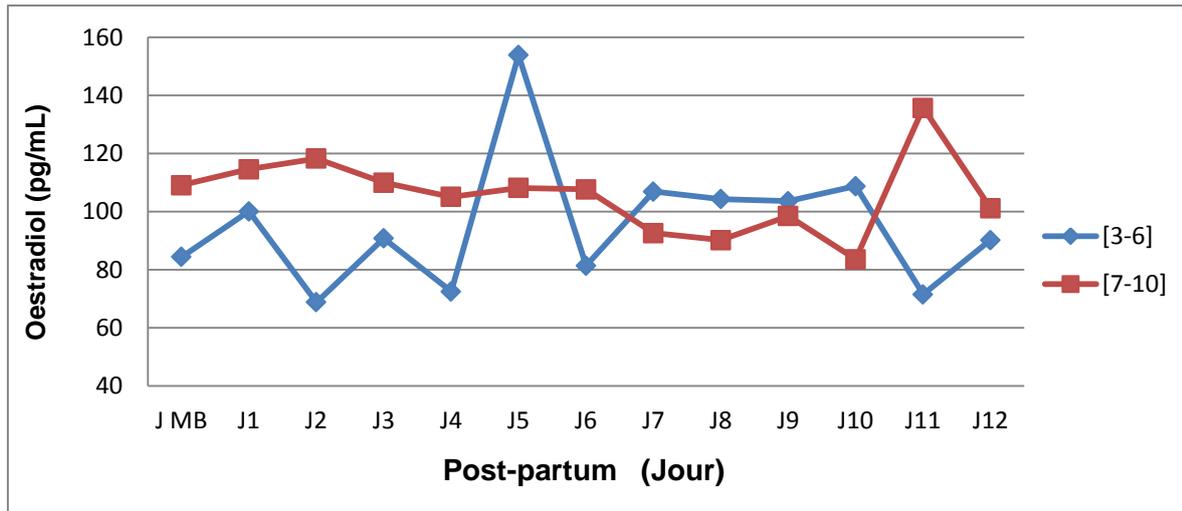


Figure 7.7. Effet de la taille de portée allaitée sur l'évolution de la concentration plasmatique d'œstradiol en début de la lactation chez la lapine primipare.

Le taux plasmatique d'E2 ne varie pas significativement chez les lapines ayant une vulve rouge ou rose et turgescente en comparaison des femelles ayant un autre type de vulve ($115,2 \pm 11,7$ vs. $96,7 \pm 5,6$ pg/mL, $P = 0,108$) (Tableau 7.2). La concentration plasmatique d'E2 tend néanmoins à être plus élevée chez les lapines ayant une vulve turgescente, quelle qu'en soit la couleur ($114,2 \pm 9,4$ vs. $93,9 \pm 6,1$ pg/mL, $P = 0,063$).

2.3.1 Evolution de la progestéronémie

La concentration plasmatique moyenne de P4 relevée entre la mise-bas et J12 PP est de $0,93 \pm 0,39$ ng/mL. Elle a varié significativement selon le stade de lactation ($P < 0,01$; Figure 7.8). Au jour de la mise-bas, la concentration moyenne de progestérone plasmatique est de $1,0 \pm 0,2$ ng/mL ; elle reste maintenue au-delà de 1 ng/mL jusqu'au 6^{ème} jour de la lactation, puis fléchit progressivement pour atteindre son niveau le plus bas au 12^{ème} jour de lactation ($0,63 \pm 0,07$ ng/mL, $P = 0,046$). Le taux moyen de P4 plasmatique baisse en deuxième semaine de la lactation ($1,07 \pm 0,05$ vs. $0,77 \pm 0,04$ ng/mL, respectivement pour la 1^{ère} et la 2^{ème} semaine de lactation, $P = 0,0001$).

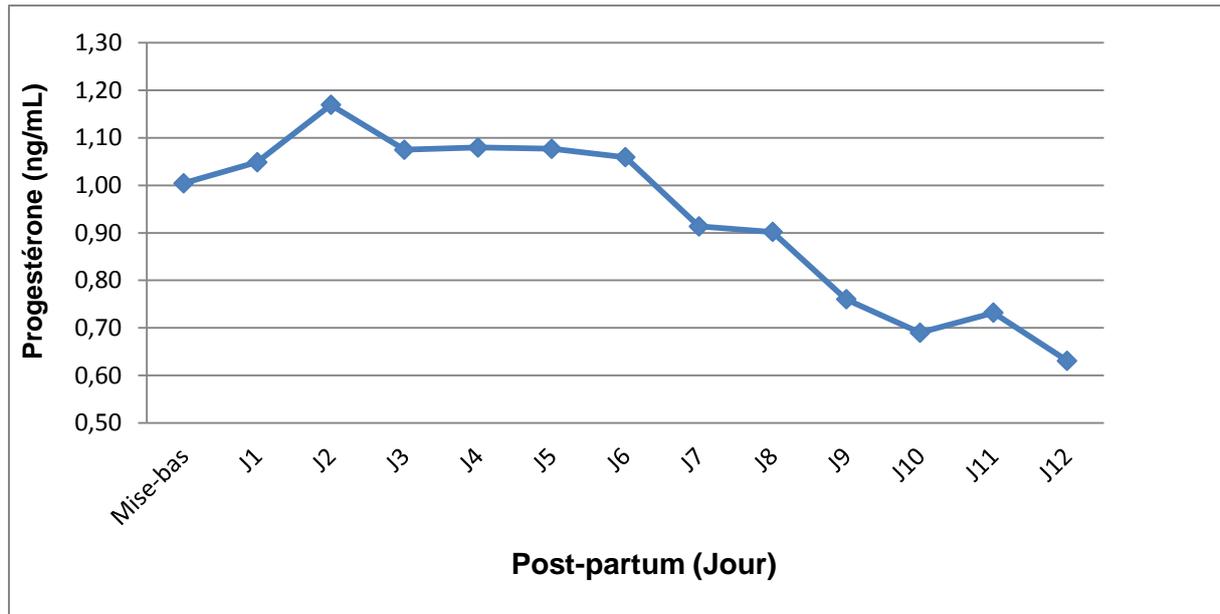


Figure 7.8. Evolution de la concentration plasmatique de progestérone en début de lactation chez la lapine primipare (ng/mL).

Tableau 7.2. Concentrations plasmatiques moyennes d'œstradiol et de progestérone en fonction des caractéristiques vulvaires chez la lapine primipare allaitante (J0-J12 postpartum) (Moyenne \pm ESM).

	Caractéristiques de la vulve					<i>P</i>
	Rouge ou rose et turgescence	Autres types de vulve	<i>P</i>	Turgide	Non Turgide	
E2 (pg/mL)	115,2 \pm 1,7	96,7 \pm 5,6	0,108	114,2 \pm 9,4	93,9 \pm 6,1	0,063
P4 (ng/mL)	0,84 \pm 0,08	0,97 \pm 0,04	0,062	0,84 \pm 0,06 ^a	1,00 \pm 0,05 ^b	0,025

La concentration de P4 tend à être plus faible chez les femelles à vulves rouge ou rose et turgescences en comparaison des autres types de vulves (respectivement 0,84 \pm 0,08 vs. 0,97 \pm 0,04 ng/mL, $P = 0,063$) (Tableau 7.2). Elle est significativement plus faible chez les lapines ayant une vulve turgescence, qu'elle qu'en soit la couleur (0,84 \pm 0,06 vs. 1,00 \pm 0,05 ng/mL, $P = 0,025$).

La progestéronémie n'a pas montré de variation en fonction de la taille de portée allaitée (0,88 \pm 0,05 vs. 1,02 \pm 0,05 ng/mL, respectivement pour les grandes et les

petites portées, $P = 0,117$). L'analyse des profils de la progestéronémie enregistrée sur chaque lapine souligne qu'en moyenne $54,4 \pm 5,2\%$ d'entre elles ont montré une concentration élevée de progestérone entre J0 et J8 PP ($P4 > 1\text{ng/mL}$; Boiti et al., 1996) (Figure 7.9). Entre J9 et J11 PP, ce taux a chuté à 10%.

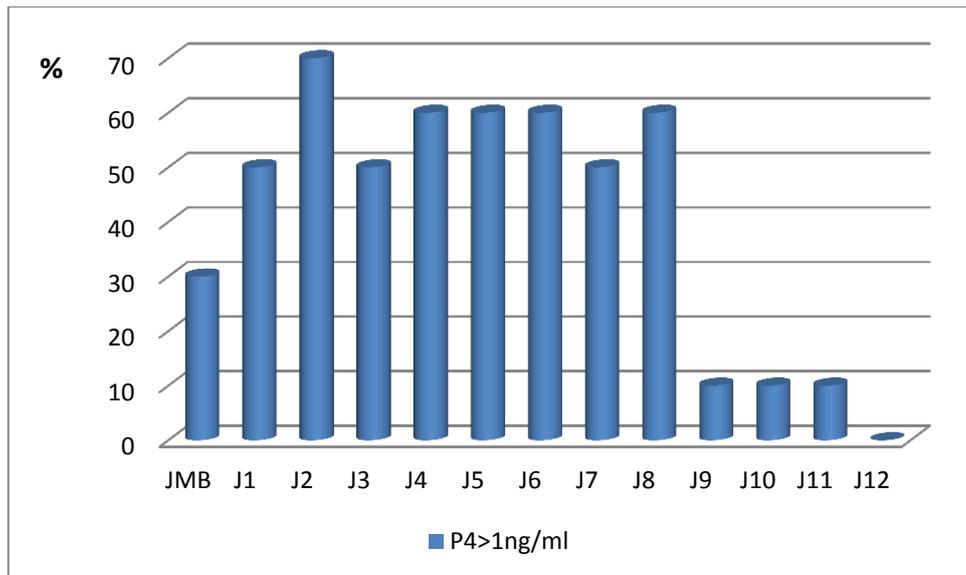


Figure 7.9. Pourcentage de lapines ayant une concentration plasmatique de $P4 > 1\text{ng/mL}$ (JMB : jour de mise-bas ; P4 : progestérone).

4. Discussion

4.1. Évolution de la réceptivité sexuelle en postpartum

Au cours de la lactation, le comportement sexuel des lapines de population locale algérienne, est comparable à celui décrit chez les races européennes : une réceptivité élevée les deux premiers jours suivant la mise-bas, une chute au 4^{ème} jour PP et un retour à une réceptivité maximale après le sevrage (Díaz et al., 1988 ; Fortun-Lamothe et Bolet, 1995, Theau-Clément et al., 2000, 2008, 2011).

Les phases de réceptivité sont associées à la présence de follicules pré-ovulatoires. Chez les multipares et les primipares, la seconde vague folliculaire atteint sa croissance maximale au 9^{ème} jour postpartum (Diaz et *al.*, 1987). Nos résultats ont également révélé une augmentation de la réceptivité sexuelle au 10^{ème} jour postpartum, ce qui reflèterait la présence de follicules pré-ovulatoires issus de la 2^{ème} vague de croissance folliculaire.

Le taux élevé de réceptivité observé immédiatement après la mise-bas est associé à des concentrations élevées d'oestradiol dans le sang (Ubilla et Rebollar, 1995) et à une baisse de la progestéronémie (Stoufflet et Caillol, 1988). Dans notre expérimentation, le taux de réceptivité à J11 PP est relativement bas (40%), mais similaire à celui rapporté chez les primipares allaitantes (Maertens, 1998). Les primipares, du fait de leur statut énergétique fortement déficitaire (Xiccato et *al.*, 2004) ont, en comparaison avec les multipares, un faible taux de réceptivité durant la lactation.

Le comportement sexuel des lapines est également fortement affecté par la production laitière (Theau-Clément et *al.*, 2008), qui croît jusqu'au 22^{ème} jour de lactation (Lebas, 1972). Chez la primipare allaitante non-gestante, la galactopoïèse reste relativement élevée jusqu'au 28^{ème} jour, tandis que, chez les femelles allaitantes et gestantes, elle chute rapidement après le 22^{ème} jour de lactation. Nos résultats indiquent que la réceptivité sexuelle des lapines allaitantes est affectée au cours de 2 périodes: la première se situe en début de lactation, entre J2-J9 PP ; la seconde coïncide avec le pic de lactation, soit entre J15-J22 PP. Le climat hormonal de la lactation déprime la réceptivité sexuelle de la lapine, notamment par le biais de la prolactine (Ubilla et Rebollar, 1995). Cette hormone réduit la sensibilité de l'hypophyse à la GnRH, causant des décharges plus faibles de LH et FSH (Rodriguez et *al.*, 1989). Chez la lapine allaitante et gestante, la prolactinémie est élevée entre le 7^{ème} et le 19^{ème} jour *postpartum*, puis décline jusqu'au 28^{ème} jour (Ubilla et *al.*, 1992). Chez la lapine, les opioïdes endogènes, libérés lors de la succion, sont également responsables d'une inhibition de la libération de GnRH (Orstead et Spies, 1987). Theau-Clément et *al.* (2011) ont aussi étudié la cinétique de la réceptivité sexuelle de lapines primipares allaitantes (8 lapereaux) et non gestantes de souche européenne. Ces auteurs observent une baisse régulière de la réceptivité à partir du 2^{ème} jour *postpartum* et qui s'accroît autour du pic de lactation. Nous ne

retrouvons pas nettement cette observation. Il conviendrait d'étudier précisément la cinétique de la production laitière et de la prolactine sur ce type de lapines de population algérienne.

Parigi Bini et Xiccato (1993) ont mis en évidence chez la primipare allaitante, des pertes énergétiques très marquées, en réponse aux besoins élevés pour la lactation et la croissance encore inachevée. Chez la primipare allaitante non-gestante, le statut métabolique ne présente pas de différence à J11 et à J25 PP (Garcia-Garcia et *al.*, 2012). Nos résultats indiquent en effet, qu'une élévation significative de la réceptivité n'apparaît, chez la primipare non-gestante, qu'après la 5^{ème} semaine de lactation. La diminution effective de la galactopoïèse a pour conséquences de réduire les besoins énergétiques de la femelle et d'améliorer son statut métabolique, expliquant ainsi des meilleurs taux de réceptivité. Nous observons néanmoins que le taux de lapines à faible réceptivité (lapines à vulve blanche ou violette non turgescence) commence à baisser nettement à partir du 22^{ème} jour de lactation. Le 22^{ème} jour de la lactation correspond à l'intensification de la prise d'aliments solides par les lapereaux, qui deviennent alors moins dépendant du lait maternel (Synthèse : Combes et *al.*, 2013). Theau-Clément et *al.* (2011) observent, au cours de la première lactation, une augmentation progressive de la réceptivité à partir du 18^{ème} jour *postpartum* jusqu'au sevrage. L'amélioration de la réceptivité enregistrée dans notre étude est plus tardive, dû probablement à l'effet saison. La réceptivité moyenne individuelle relevée dans notre étude s'est montrée très variable, conformément aux observations de Theau-Clément et *al.* (2011).

4.2. L'impact de la taille de la portée allaitée sur la réceptivité sexuelle

L'impact de la taille de la portée allaitée sur la réceptivité sexuelle de la lapine a été rapporté par Díaz et *al.* (1988). En effet, les lapines allaitant de petites portées (dans notre étude de 3 à 6 lapereaux) sont plus réceptives que celles qui allaitent de grandes portées (de 7 à 10 lapereaux). Nos résultats indiquent que, chez les lapines allaitant une grande portée, la réceptivité chute durant la 3^{ème} semaine *postpartum*, période correspondant au pic de lactation (Lebas, 1972). En revanche, la taille de portée allaitée n'influence pas l'expression de la

réceptivité sexuelle après le sevrage. Ces résultats confirment l'antagonisme partiel entre la lactation et la fonction de reproduction.

4.3. Évolution de l'oestradiolémie en période postpartum

Les taux d'oestradiol plasmatiques mesurés lors de cette expérimentation sont du même ordre de grandeur que ceux rapportés chez les lapines allaitantes de races européennes (Rebollar et *al.*, 2004; Rebollar et *al.*, 2006) ou chez la population locale algérienne (Boumahdi, 2012). Les oestrogènes sont nécessaires à la réceptivité sexuelle de la lapine. Une immunisation active contre le 17- β oestradiol empêche l'apparition de l'oestrus chez la lapine (Elsaesser, 1980). Mazouzi et *al.* (2011) montrent que chez la lapine locale algérienne, les taux plasmatiques d'oestradiol sont plus élevés chez les nullipares qui acceptent la saillie (21,04 vs. 16,42 pg/mL, respectivement chez les femelles réceptives et non réceptives). Nous n'avons pas retrouvé cette corrélation. Nos résultats rejoignent ceux d'Ubilla et *al.* (1995) qui n'ont pas relevé de corrélation entre les taux plasmatiques du 17- β oestradiol et la réceptivité, chez les lapines allaitantes non-gestantes. Ces auteurs ont identifié, lors du post-partum, trois périodes correspondant à un taux élevé d'oestrogènes (J1, J5-J7 et J23-J30) et deux phases associées à une réceptivité sexuelle élevée (J1-J2 et J25-J30). Par ailleurs, ils rapportent que plusieurs lapines ont manifesté une faible réceptivité sexuelle malgré les taux sanguins élevés de 17- β oestradiol (jours J5-J7 postpartum). Chez la lapine locale algérienne, Boumahdi (2012) souligne également que les taux plasmatiques d'oestradiol ne diffèrent pas selon que les lapines soient réceptives ou non-réceptives.

Notre étude a montré des fluctuations de l'E2 plasmatiques à J5 PP pour les lapines à petite portée et à J11 PP pour celle ayant une grande portée. Ces fluctuations pourraient être attribuées à l'évolution de différentes vagues folliculaires en période postpartum (Diaz et *al.*, 1987).

4.4. Évolution de la progestéronémie en période postpartum.

Les taux moyens de P4 plasmatiques enregistrés chez la lapine locale concordent avec ceux obtenus chez les primipares allaitantes par Arias-Alvararez et *al.* (2010). Notre étude a révélé que 54,4% des primipares allaitantes présentaient une progestéronémie élevée durant la première semaine de lactation. Les primipares sont en effet plus exposées, en phase postpartum, au syndrome « de progestéronémie élevé » (Theau-Clément et *al.*, 2008), dont l'origine serait attribuée aux ovulations spontanées (Boiti et *al.*, 1996). La progestérone déprime les performances de reproduction. Elle réduit la réceptivité sexuelle, la fertilité et la viabilité embryonnaire (Boiti et *al.*, 1996). Nous montrons également que les lapines non réceptives (cas des lapines n'ayant pas une vulve rouge ou rose et turgescente) tendent à avoir une concentration plus élevée de progestérone (+13,4%). Par ailleurs, les taux les plus élevés de P4 ont été enregistrés à J2 PP (1,2 ng/mL), jour associé à une très faible réceptivité (10,0%).

4.5. Relations entre la morphologie externe de la vulve et les concentrations plasmatiques des hormones sexuelles

Peu de données sont disponibles sur les corrélations entre les concentrations sanguines des hormones sexuelles et les caractéristiques vulvaires. L'apparence rougeâtre et turgescente de la vulve pourrait résulter de l'action hyperhémiantes des œstrogènes sur la sphère génitale (Min et *al.*, 2002). Nous n'avons cependant pas relevé de variations significatives des taux d'œstradiol selon l'apparence externe de la vulve. Selon nos résultats, la morphologie de la vulve, et particulièrement son état de turgescence, semblent être plus influencés par les concentrations plasmatiques de progestérone. En effet, les lapines ayant des vulves turgescentes ont présenté un taux significativement plus faible de P4 plasmatique (-0,16 ng/mL).

Conclusion

Cette étude a permis de déterminer les périodes optimales de réceptivité sexuelle chez la lapine primipare allaitante non-gestante, et soumise à une période d'allaitement de 41 jours. Durant la lactation, la réceptivité des lapines est maximale les 2 jours suivant la mise-bas, tandis qu'entre J2 et J7 *postpartum*, les femelles sont peu réceptives. Nous relevons une légère amélioration de la réceptivité les 10^{ème} et 11^{ème} jours de la lactation, ce qui justifie le choix de ces jours *postpartum* pour la saillie en rythme semi-intensif. Malgré une sensible amélioration de la réceptivité après la 5^{ème} semaine d'allaitement, dans nos conditions expérimentales, les chances d'acceptation de la saillie ne sont maximales que 72 heures après le sevrage. Les femelles allaitant une grande portée sont moins réceptives de la 3^{ème} à la 6^{ème} semaine de la lactation. Après le sevrage, l'expression du comportement sexuel n'est pas influencée par la taille de portée allaitée. L'exploration simultanée de la cinétique du comportement sexuel, de la production laitière et de la prolactinémie contribuerait à déterminer, avec précision, les interactions entre les fonctions de reproduction et de lactation chez la lapine de population algérienne.

En début de la lactation, les taux plasmatiques d'oestradiol ne diffèrent pas selon que les lapines soient réceptives ou non-réceptives. En revanche, les lapines non réceptives (cas des lapines n'ayant pas une vulve rouge ou rose et turgescence) tendent à avoir une concentration plus élevée de progestérone (+13,4%). Les taux plasmatiques de progestérone restent maintenus au-delà de 1 ng/mL jusqu'au 6^{ème} jour de la lactation, puis fléchissent progressivement pour atteindre leur niveau le plus bas au 12^{ème} jour de lactation.

Effets de la séparation mère-portée sur les performances de reproduction des lapines locales

Introduction

Les lapines allaitantes ont une réceptivité sexuelle plus faible que les non-allaitantes. Dans les élevages intensifs européens, diverses méthodes sont appliquées aux lapines allaitantes afin d'optimiser leur réceptivité. L'administration de PMSG, 48 heures avant l'insémination, représente, depuis plusieurs décennies, la modalité la plus courante. Le Groupe International de Reproduction Cunicole (IRRG) recommande néanmoins d'expérimenter des méthodes non-hormonales. Il encourage les techniques dites de biostimulation, eu égard aux exigences des consommateurs et au bien-être animal. Parmi ces nouvelles méthodes, la séparation temporaire mère-portée avant la saillie, a donné des résultats satisfaisants chez les lapines de races européennes. En Algérie, les élevages cunicoles n'ont pas encore intégré de méthode de maîtrise de la reproduction. Les procédés d'induction et de synchronisation de l'œstrus offrent l'avantage d'une meilleure gestion de la reproduction, grâce notamment au regroupement des mises-bas et des sevrages.

Notre objectif est d'analyser, chez les lapines locales, l'impact de deux techniques d'induction et de synchronisation de l'œstrus, basées sur une séparation transitoire mère-portée, sur la réceptivité sexuelle, la fertilité et la prolificité. Les effets de la séparation mère-portée sur le poids et la taille des portées allaitées seront analysés dans le chapitre consacré à l'impact de la séparation mère-portée sur la croissance des lapereaux (voir expérimentation n°5).

1. Matériel et méthodes

L'expérimentation s'est déroulée en trois essais, selon le calendrier suivant :

- Essai n° 1 : Décembre 2008 - Mai 2009.
- Essai n° 2 : Octobre 2009 - Mai 2010.
- Essai n° 3 : Octobre 2010 - Mai 2011.

1.1. Animaux et conduite expérimentale

Les lapins appartiennent à la population locale algérienne. La provenance et les caractéristiques des femelles lors de leur 1^{ère} mise à la reproduction (âge, phénotype, poids) ont été détaillées dans l'expérimentation 1. Le rythme de reproduction appliqué pour l'ensemble des essais est de type semi-intensif avec des saillies naturelles pratiquées entre J11 et J14 postpartum. La température ambiante moyenne enregistrée pour l'ensemble des essais a varié entre 17° et 22°C, et l'hygrométrie entre 62 à 77%.

1.1.1. Groupes expérimentaux.

Au total, 153 lapines allaitantes ayant un ordre de lactation compris entre 1 et 4 ont participé à l'expérimentation (105 primipares et 48 multipares de parité ≤ 4). Ces lapines ont été réparties, à J1 postpartum, et après égalisation de leur portée ([6-7] lapereaux pour les primipares ; [7-8] lapereaux pour les multipares), en 3 groupes identiques de 51 femelles chacun, dont 35 primipares et 16 multipares:

- **Témoin** (Groupe Témoin) : l'allaitement est libre durant toute la lactation.
- **AC48** (Groupe à allaitement contrôlé de 48 heures): l'accès à la boîte à nid est fermé entre J9 (11.00 a.m.) et J11 PP (11.00 a.m.). A J10, les boîtes à nid sont ouvertes à 10.00 a.m., pour une durée de 15 minutes environ, afin de permettre aux lapines d'allaiter leur portée.
- **S48** (Groupe à séparation continue de 48 heures): Entre J9 (11.00 a.m.) et J11 PP (11.00 a.m.), les boîtes à nid sont fermées, et les lapines ne peuvent allaiter leur portée.

En dehors de l'intervalle J9-J11 PP, les lapines des groupes AC48 et S48, allaitent librement leurs portées jusqu'au jour du sevrage réalisé à J35 postpartum.

1.1.2. Modalité de séparation mère-portée.

La séparation mère-portée des groupes AC48 et S48 s'est opérée en fermant le clapet métallique de la cage maternelle, puis en insérant, entre la boîte à nid et la cage maternelle, une plaque en contre-plaqué (Figures 8.1 et 8.2). Avec ce dispositif, les femelles ne peuvent pas voir leur portée durant le temps effectif de la séparation.

1.1.3. Test de réceptivité sexuelle

A J11 PP, les femelles sont présentées aux mâles pour la saillie, entre 10:00 et 12:00 a.m. Chaque lapine est présentée, au maximum, à trois mâles successifs, jusqu'à acceptation de la saillie. Dans les groupes biostimulés (AC48 et S48), la présentation des femelles a lieu avant l'ouverture des boîtes à nid (2 mâles testés au maximum). Pour évaluer l'impact de la tétée sur la réceptivité, les lapines biostimulées ayant refusé la saillie avant l'ouverture de la boîte à nid sont présentées de nouveau à un mâle, immédiatement après l'allaitement. Les femelles qui ont refusé la saillie à J11 PP (avant et après la tétée) sont considérées comme non-réceptives.

Elles sont testées de nouveau entre J12 et J14 PP selon les mêmes modalités, jusqu'à acceptation du coït. Le rythme des accouplements fixé pour chacun des mâles est de maximum 2 coïts par jour, tous les 3 à 4 jours.

1.1.4. Diagnostic de gestation

Le diagnostic de gestation est posé au 12^{ème} jour après la saillie par palpation abdominale. Les diagnostics douteux sont confirmés le lendemain ou le surlendemain.

1.1.5. Paramètres enregistrés dans chaque groupe expérimental

- Taux de réceptivité sexuelle à J11 PP et entre J12-J14 PP.
- Caractéristiques externes de la vulve à J11 PP.
- Taux de fertilité.
- Prolificité de la portée à venir (taille des nés totaux et des nés vivants, poids des nés totaux et des nés vivants).
- Indice de productivité (Nombre de nés vivants / Nombre de femelles saillies).
- Evolution du poids des lapines au cours de la lactation (J1, J7, J14, J21, J28 et J35).

Le schéma du protocole expérimental est résumé dans les figures 8.3 et 8.4.



Figure 8.1. Lapine et ses lapereaux à J9 postpartum, immédiatement après la fermeture de l'entrée de la boîte à nid ; ce dispositif empêche la lapine de voir sa portée (Photos personnelles)



Figure 8.2. Insertion d'une plaque en contre-plaqué entre la cage maternelle et la boîte à nid, lors de la séparation mère-portée (Photo personnelle)

1.2. Analyse statistique

Les données ont été analysées par le logiciel Statistica. La réceptivité, la fertilité et la mise-bas, sont assimilées à des variables de Bernouilli (0,1). Les taux de réceptivité, de fertilité et de mise-bas sont traités par une analyse de la variance (Anova, modèle linéaire général ou GLM) avec pour facteurs de classement :

- Le groupe expérimental (3 niveaux : Témoin, AC48, S48).
- La parité (2 niveaux : primipare, multipare).
- L'essai (3 niveaux : essai 1, essai 2, essai 3).

L'interaction entre ces facteurs est recherchée.

Les différences des tailles et poids de portées, selon le groupe, la parité et l'essai, sont soumis à des tests non paramétriques pour échantillons indépendants (test U de Mann-Whitney, Anova de Kruskal-Wallis). Les différences des taux de mortalité et d'avortement, sont comparées par un test Exact de Fisher grâce aux Statistiques en ligne (*Biostat TGV*). La comparaison de la fréquence des différentes catégories de vulves entre les groupes (couleur : rouge, rose, violette et blanche ; turgescence : oui ou non ; IRRG, 2005) est analysée par des tests Chi-deux (*Statistiques en ligne Biostat TGV*). Les résultats sont considérés comme significatifs pour $P < 0,05$ et proches de la significativité pour $P < 0,10$. Ils sont exprimés par la moyenne arithmétique \pm erreur standard de la moyenne.

Figure 8.3. Schéma du protocole expérimental

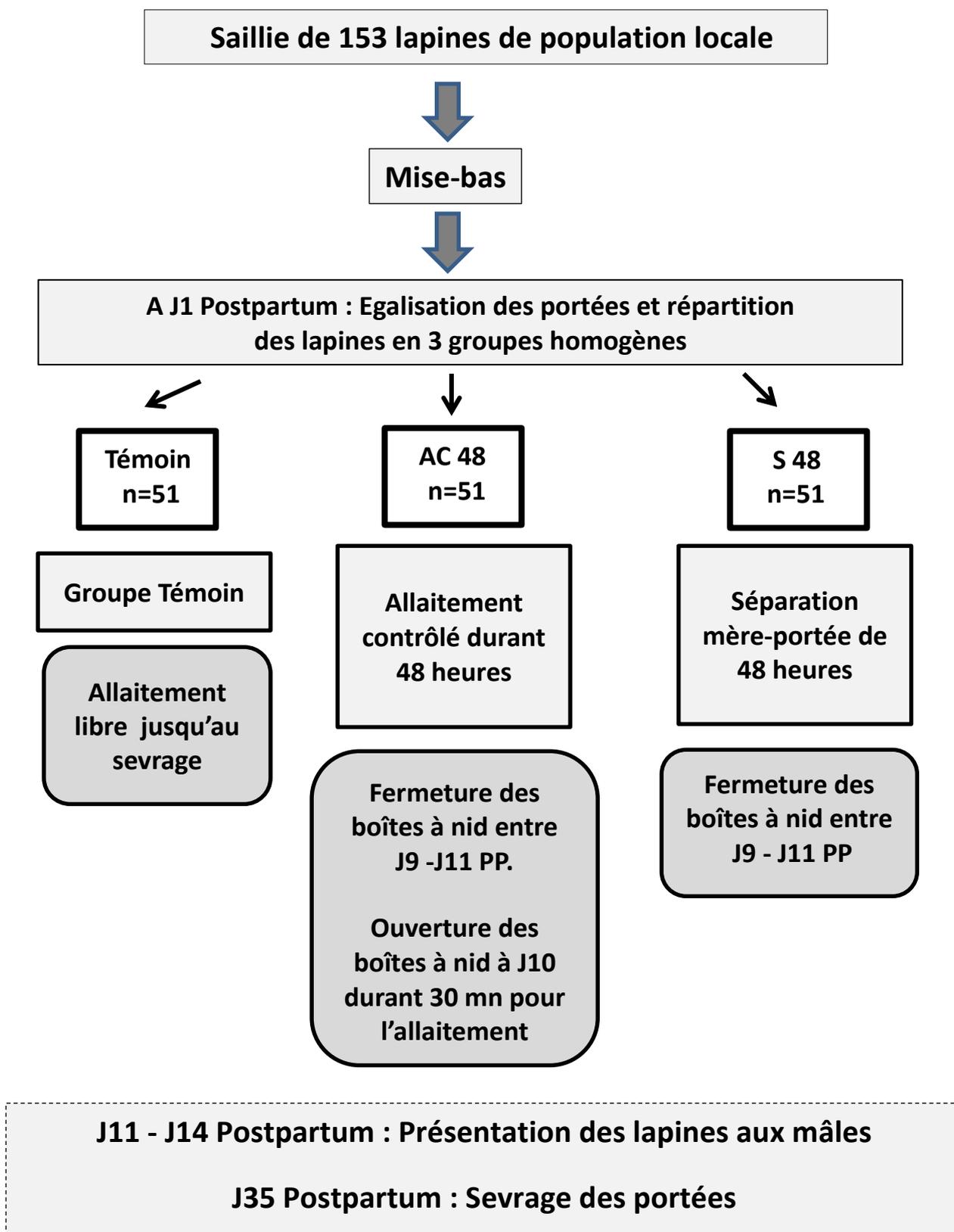
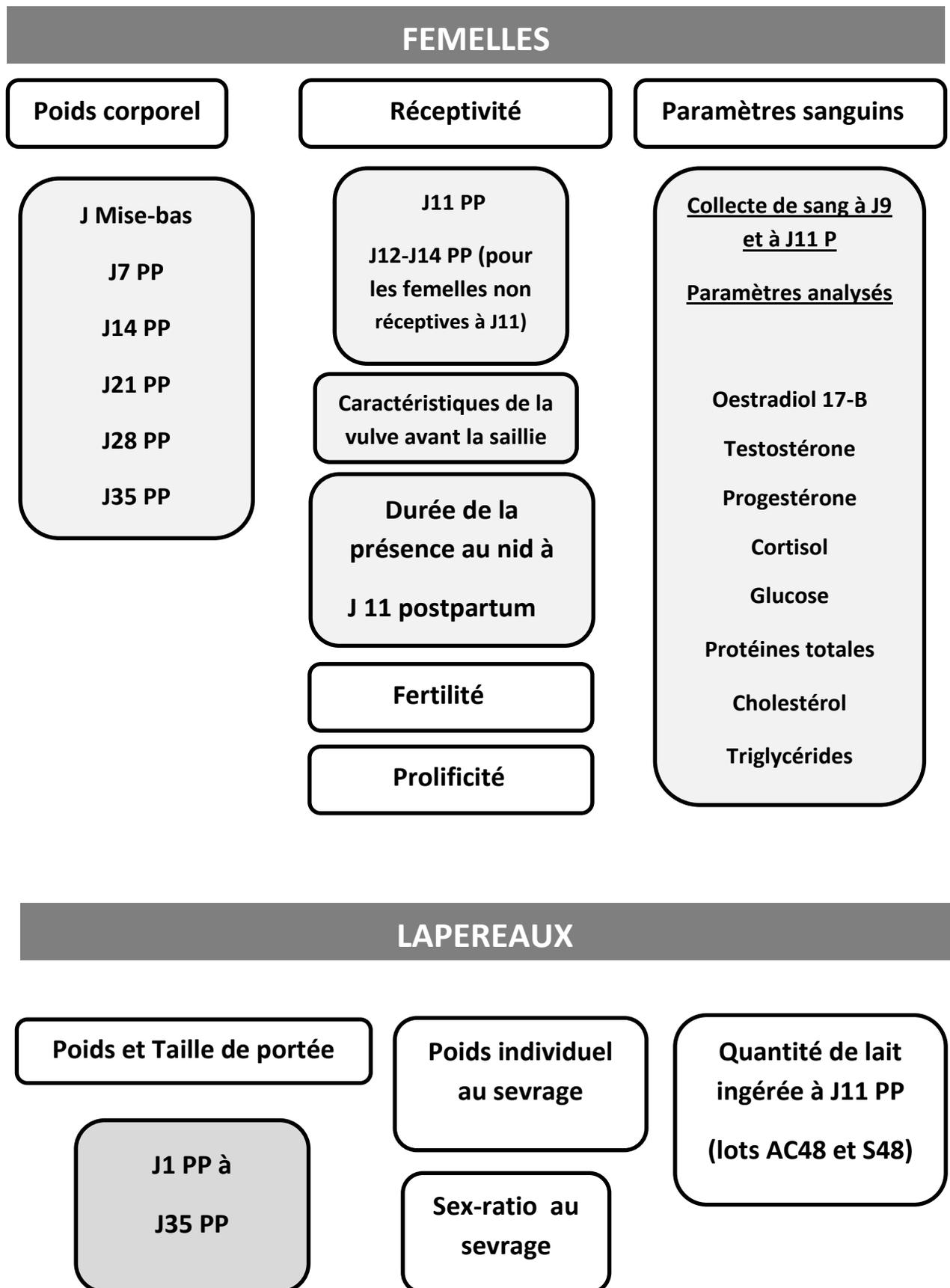


Figure 8.4. Paramètres collectés dans chaque groupe expérimental



2. Résultats

Sur l'effectif de 153 primipares, 8 lapines ont été exclues pour cause de pathologies. En conséquence, l'étude a porté sur un effectif de 145 femelles, dont 99 primipares et 46 multipares (parité ≤ 4). L'essai 1 a été mené en totalité sur des lapines primipares.

2.1. Effets de la séparation mère-portée sur la réceptivité sexuelle

La technique S48 utilisée pour induire l'œstrus a exercé un effet significatif sur la réceptivité à J11 PP ($P < 0,01$). En comparaison du groupe Témoin, elle a augmenté la réceptivité sexuelle de 35,2% (Tableau 8.1). Pour le lot AC48, les réponses comportementales des lapines ont varié selon qu'elles soient primipares ou multipares.

Tableau 8.1. Effet des méthodes de biostimulation sur la réceptivité sexuelle chez les lapines allaitantes de parité ≤ 4 (moyenne \pm ESM).

	Témoin	AC48	S48	<i>P</i>
Nb de lapines	50	48	47	
Réceptivité à J11 PP (%)	52,0 \pm 7,1 ^a	64,5 \pm 6,9 ^a	87,2 \pm 5,0 ^b	< 0,01
Réceptivité à J12-J14 (%)	45,8 \pm 10,3	35,2 \pm 11,9	66,6 \pm 21,1	NS
Réceptivité à J11- J14 (%)	74,0 \pm 6,2 ^a	77,1 \pm 6,1 ^a	95,7 \pm 3,0 ^b	0,01

Cette analyse a porté sur l'ensemble des lapines, primipares et multipares, des essais 1, 2 et 3.

2.1.1. Réceptivité sexuelle des lapines primipares allaitantes.

Chez les primipares, la séparation continue de 48 h (S48) a significativement augmenté le taux d'acceptation de la saillie, en comparaison du groupe Témoin (+31,7% à J11 PP, et +23,4% entre J11-J14PP), tandis que l'allaitement contrôlé (AC48) n'a pas eu d'impact sur la réceptivité (+2,3% à J11PP et -0,8% entre J11-J14PP) (Tableau 8.2).

Tableau 8.2. Effet des méthodes de biostimulation sur la réceptivité sexuelle chez la lapine primipare allaitante (moyenne \pm ESM)

Primipares	Témoin	AC 48	S 48	
Nb de lapines (n)	34	33	32	<i>P</i>
Réceptivité J11 PP (%)	55,8 \pm 8,6 ^a	57,5 \pm 8,7 ^a	87,5 \pm 4,9 ^b	< 0,01
Réceptivité J12-J14 (%)	40,0 \pm 13,1	35,7 \pm 13,2	75,0 \pm 25,0	<i>NS</i>
Réceptivité J11-J14 (%)	73,5 \pm 7,6 ^a	72,7 \pm 7,8 ^a	96,9 \pm 3,1 ^b	< 0,01

Cette analyse a porté sur l'ensemble des lapines, primipares et multipares, des essais 1, 2 et 3.

2.1.2. Réceptivité sexuelle des multipares

Les différentes modalités d'allaitement entre J9 et J11 du postpartum ont significativement influencé la réceptivité des lapines (Tableau 8.3). A J11 PP, les lapines des groupes biostimulés ont présenté les meilleurs taux de réceptivité (+36,3% et +42,9%, respectivement pour les groupes AC48 et S48). Néanmoins, le taux d'acceptation de la saillie des multipares Témoin est apparu relativement bas (43,7%), et inférieur à celui obtenu chez les primipares Témoin (55,8%).

Tableau 8.3. Effet des techniques de biostimulation sur la réceptivité sexuelle des lapines multipares allaitantes (moyenne \pm ESM).

Multipares	Témoin	AC 48	S 48	
Nb de lapines (n)	16	15	15	<i>P</i>
Réceptivité J11 PP (%)	43,7 \pm 12,8 ^a	80,0 \pm 10,6 ^b	86,6 \pm 9,1 ^b	< 0,05
Réceptivité J12- J14 (%)	55,5 \pm 17,5	33,3 \pm 33,3	50,0 \pm 50,0	<i>NS</i>
Réceptivité J11 – J14 (%)	75,0 \pm 11,1	86,6 \pm 9,1	93,3 \pm 6,6	<i>NS</i>

Cette analyse a porté sur les multipares des essais 2 et 3.

2.1.3. Réceptivité sexuelle à J11 PP, avant et après l'épisode d'allaitement

Primipares. Avant l'ouverture des boîtes à nid, les lapines du groupe AC48 ont eu un taux de réceptivité de 44,7% et celles du groupe S48, 53,3%. Les lapines non réceptives des deux groupes ont été présentées de nouveau aux mâles, immédiatement après l'allaitement : nous avons enregistré un taux de réceptivité de 23,8% et 84,2%, respectivement pour les groupes AC48 et S48.

Multipares. Pour les multipares, la réceptivité avant allaitement a été respectivement de 64,2% pour le groupe AC48 et de 60,0% pour le groupe S48. Après la tétée, les multipares du groupe AC48 ont présenté un taux de 60,0% et celles du groupe S48 un taux de 66,6%.

Ces résultats indiquent que le fait de représenter aux mâles les lapines qui ont été non-réceptives avant la tétée, permet d'augmenter le taux d'acceptation du mâle.

2.1.4. Caractéristiques externes de la vulve à J11 PP

La répartition des différentes catégories de vulves par groupe expérimental est reportée dans la figure 8.5. Pour toutes parités confondues (n=148), le taux de vulves rougeâtres et turgescentes a été significativement plus faible dans le groupe Témoin, en comparaison des groupes AC48 et S48 ($P < 0,01$). Le taux des vulves blanches a été plus élevé dans le groupe Témoin (+30,6% et +34,8%, respectivement par rapport aux groupes AC48 et S48, $P < 0,001$).

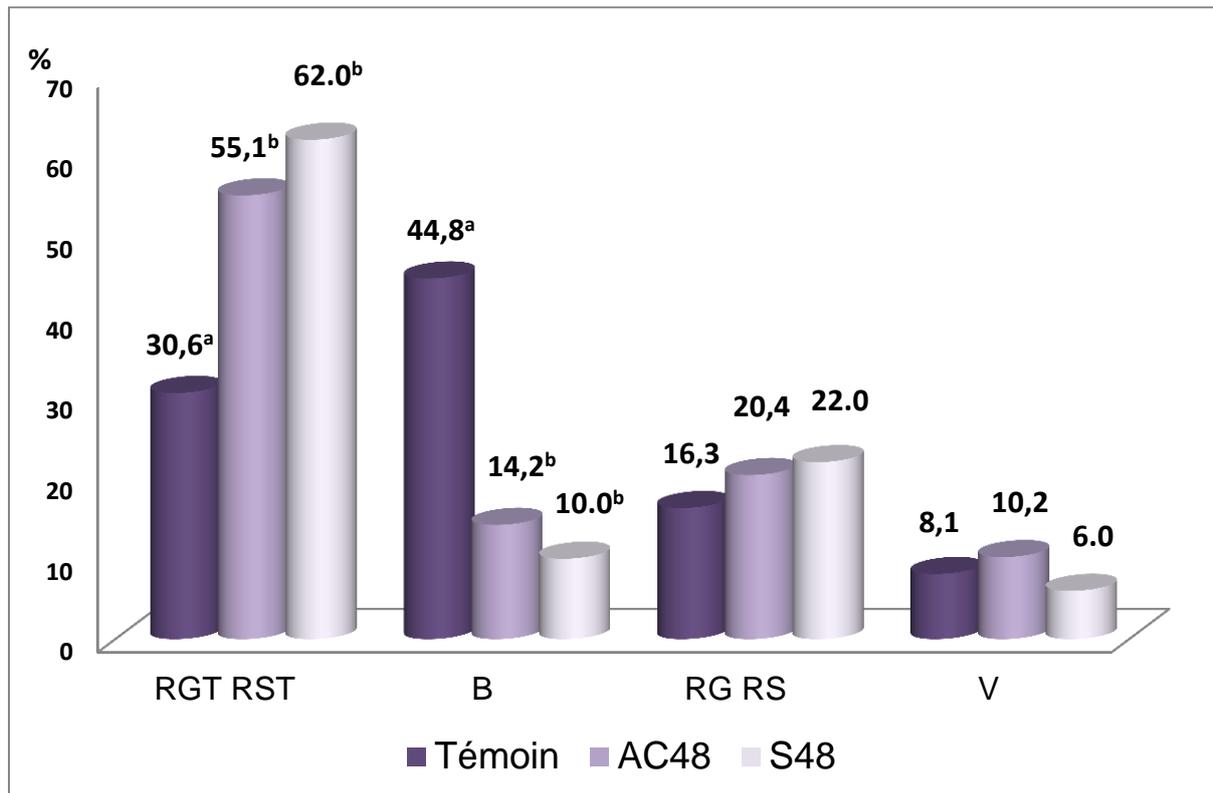


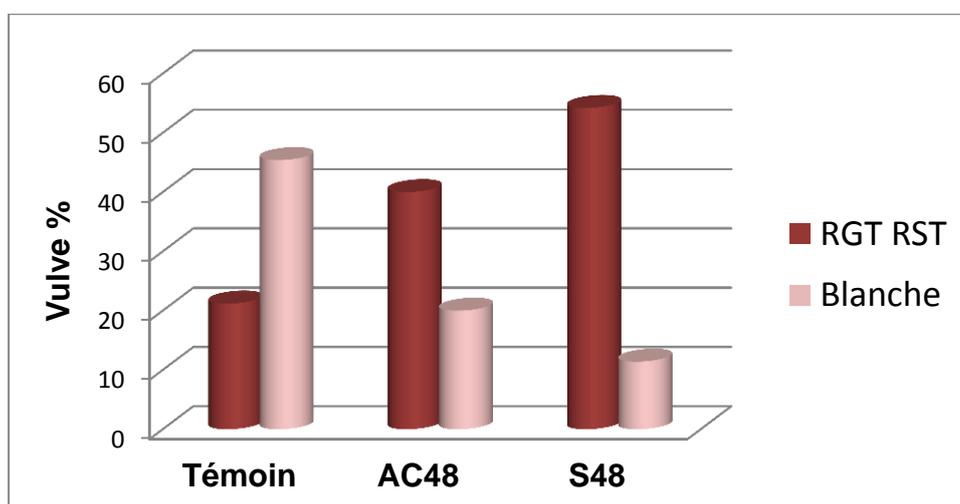
Figure 8.5. Caractéristiques externes de la vulve chez les lapines allaitantes à J11 postpartum (%) (primipares et multipares). *RGT* : rouge turgescence; *RST* : rose turgescence; *RG* : rouge non turgescence; *RS* : rose non turgescence ; *B* : blanche ; *V* : violette. Les chiffres affectés de lettres différentes sont différents pour $P < 0,01$.

Primipares. A J11 PP, les caractéristiques externes de la vulve ont varié significativement en fonction du traitement expérimental ($P < 0,05$). Les lapines du groupe Témoin ont présenté le plus faible pourcentage de vulves rouge ou rose et turgescences (21,2%, 40,0% et 54,2 %, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48) (Tableau 8.4 et figure 8.6).

Par ailleurs, dans le groupe Témoin, les vulves blanches ont été les plus fréquemment observées en comparaison des groupes biostimulés (45,4% vs. 20,0% et 11,4%, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48, $P < 0,001$). Le pourcentage des vulves rouge ou rose non turgescence et des vulves violettes n'a pas varié selon les groupes expérimentaux.

Tableau 8.4. Caractéristiques externes des vulves des primipares allaitantes à J11PP

Primipares	Témoin	AC 48	S 48	
Nb de lapines (n)	34	33	32	<i>P</i>
Rouge ou rose et turgescentes (%)	21,2 ^a	40,0 ^{ab}	54,2 ^b	0,001
Rouge ou rose (%)	24,2	28,5	25,7	NS
Violettes (%)	9,0	11,4	8,5	NS
Blanches (%)	45,4 ^a	20,0 ^b	11,4 ^b	0,01
Total (%)	100	100	100	

**Figure 8.6.** Répartition des vulves rouge ou rose turgescentes et des vulves blanches chez les primipares allaitantes à J11 postpartum (*RGT* : Rouge turgescente ; *RST* : Rose turgescente)

Multipares. La fréquence des vulves rouges ou roses et turgescentes ainsi que celle des vulves blanches a varié significativement entre les groupes (Tableau 8.5 et figure 8.7). Les lapines des groupes biostimulés ont eu un taux plus élevé de vulve rouge ou rose et turgescentes en comparaison des femelles du groupe Témoin (+42,8% pour le groupe AC48, $P < 0,01$; + 30,0% pour le groupe S48, $P = 0,08$). Par ailleurs, les vulves blanches ont été les plus fréquemment observées chez les lapines Témoin. Dans le groupe AC48, aucune lapine n'a

présenté de vulve blanche le jour de la saillie. Les vulves violettes, rouge ou rose ont été généralement peu fréquentes au 11^{ème} jour postpartum. Pour les multipares des 3 groupes, nous relevons un taux plus important de vulves rouge ou rose et turgescentes en comparaison des primipares (+28,8%, +52,8% et +25,8%, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48).

Tableau 8.5. Caractéristiques externes des vulves des multipares allaitantes à J11PP

Multipares	Témoin	AC48	S 48	P
Nb de lapines (n)	16	15	15	
Rouge ou rose et turgescentes (%)	50,0 ^a	92,8 ^b	80,0 ^{ab}	0,01
Rouge ou rose (%)	0	0	13,3	NS
Violettes (%)	6,2	6,6	0	NS
Blanches (%)	43,5 ^a	0 ^b	6,6 ^b	0,01
Total (%)	100	100	100	

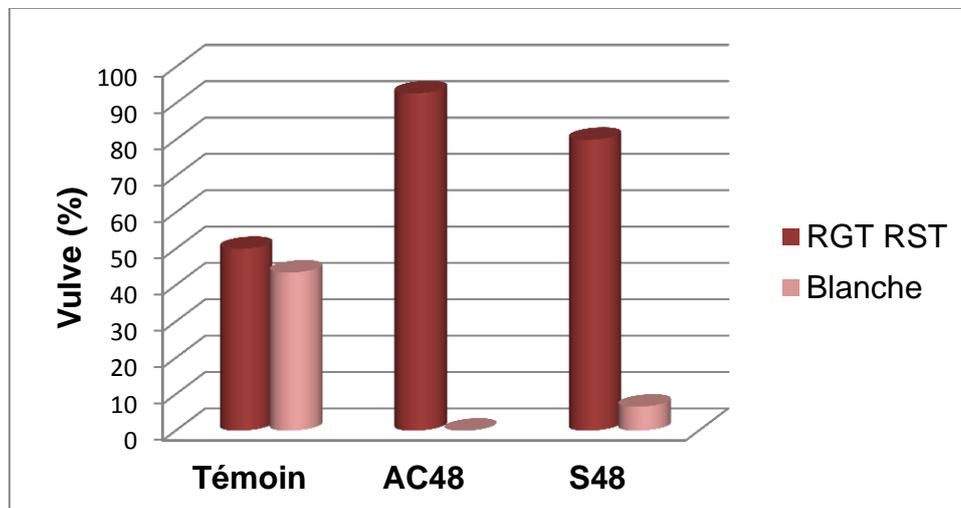


Figure 8.7. Répartition des vulves rougeâtres turgescentes et des vulves blanches chez les multipares allaitantes à J11 postpartum (*RGT* : rouge turgescente ; *RST* : rose turgescente).

2.2. Effets de la séparation mère-portée sur la fertilité et la prolificité

L'impact des techniques de séparation mère-portée sur la fertilité et la prolificité a été analysé sur la base des données obtenues dans les essais 2 et 3. Dans l'essai 1, les lapines primipares des 3 groupes expérimentaux ont en effet présenté une très faible fertilité (10% en moyenne). Ces lapines avaient déjà eu des performances relativement médiocres lors de leur 1^{ère} mise à la reproduction (voir expérimentation n°1).

2.2.1. Impact sur la fertilité.

Globalement, les techniques de biostimulation ont amélioré la fertilité des lapines (+28,3% pour le groupe S48, et +15,6% pour le groupe AC48 ; Tableau 8.6). L'effet du traitement dépend toutefois de la parité des lapines.

Tableau 8.6. Effet des méthodes de biostimulation sur la fertilité des lapines allaitantes de parités ≤ 4 (moyenne \pm erreur standard de la moyenne).

	Témoin	AC 48	S 48	
Nb de lapines	37	38	35	<i>P</i>
Fertilité (%)	44,4 ^a \pm 9,7	60,0 ^{ab} \pm 9,1	72,7 ^b \pm 7,8	< 0,05
Prolificité (nés totaux)	6,9 \pm 0,5	7,4 \pm 0,4	6,7 \pm 0,4	<i>NS</i>

Cette analyse a porté sur les lapines, primipares et multipares, des essais 2 et 3.

Primipares. Chez les primipares, la fertilité a été améliorée uniquement dans le groupe S48 (+20,3% ; Tableau 8.7); l'analyse statistique ne s'est toutefois pas révélée significative, probablement à cause de l'effectif réduit.

Multipares. Chez les multipares (Tableau 8.8), les deux techniques de biostimulation ont permis d'améliorer la fertilité (+40,5% pour AC48 et +35,0% pour S48, $P < 0,05$). Il est important de relever que le taux de mise-bas enregistré dans le groupe Témoin est toutefois apparu extrêmement faible (33,3%).

Tableau 8.7. Effets des techniques de biostimulation sur les performances de reproduction chez la lapine primipare (moyenne \pm ESM)

	Témoin	AC 48	S 48	
Nb de lapines (n)	21	23	20	<i>P</i>
Fertilité (%)	53,3 \pm 13,3	47,0 \pm 12,4	73,6 \pm 10,3	<i>NS</i>
Taux de mise-bas (%)	46,6 \pm 13,3	35,2 \pm 11,9	57,8 \pm 11,6	<i>NS</i>
Nés totaux (n)	6,6 \pm 0,6	6,8 \pm 0,7	5,7 \pm 0,4	<i>NS</i>
Nés vivants (n)	6,1 \pm 0,7	6,5 \pm 0,6	4,7 \pm 0,6	<i>NS</i>
Poids des nés totaux (g)	352,7 \pm 33,3	371,1 \pm 52,3	334,9 \pm 30,0	<i>NS</i>
Poids des nés vivants (g)	332,9 \pm 38,1	354,1 \pm 47,2	283,7 \pm 42,2	<i>NS</i>
Poids individuel (g)	53,8 \pm 2,6	55,4 \pm 6,1	58,4 \pm 2,3	<i>NS</i>
Taux de mortinatalité (%)	12,0	9,3	17,4	<i>NS</i>
Indice de productivité (n)	2,9	2,3	2,7	

Cette étude a porté sur les primipares des essais 2 et 3.

Tableau 8.8. Effet des techniques de biostimulation sur les performances de reproduction chez la lapine multipare (moyenne \pm ESM).

Multipares	Témoin	AC 48	S 48	
Nb de lapines	16	15	15	<i>P</i>
Fertilité (%)	33,3 \pm 14,2 ^a	76,9 \pm 12,1 ^b	71,4 \pm 12,5 ^b	<i>< 0,05</i>
Taux de mise-bas (%)	25,0 \pm 13,0 ^a	76,9 \pm 12,1 ^b	71,4 \pm 12,5 ^b	<i>0,01</i>
Nés totaux (n)	7,6 \pm 0,6	7,8 \pm 0,5	8,0 \pm 0,7	<i>NS</i>
Nés vivants (n)	6,3 \pm 0,6	7,0 \pm 0,8	7,2 \pm 0,7	<i>NS</i>
Poids des nés totaux (g)	422,3 \pm 39,7	391,6 \pm 31,3	414,3 \pm 37,1	<i>NS</i>
Poids des nés vivants (g)	345,3 \pm 43,7	350,1 \pm 44,4	375,3 \pm 42,2	<i>NS</i>
Poids individuel du NN (g)	55,1 \pm 2,3	50,7 \pm 2,5	52,3 \pm 1,4	<i>NS</i>
Taux de mortinatalité (%)	17,3	10,2	9,7	<i>NS</i>
Indice de productivité (%)	1,91	6	5,14	

Cette analyse a porté sur les multipares des essais 2 et 3.

2.2.2. Impact sur la prolificité.

Primipares. Chez les primipares, les groupes Témoin et AC48 ont eu des tailles de portée équivalentes (nés totaux et de nés vivants), tandis que les lapines du groupe S48 ont été les moins prolifiques (pour les nés totaux : $-0,9$ et $-1,1$ lapereaux; pour les nés vivants : $-1,4$ et $-1,8$ lapereaux, respectivement en comparaison des groupes Témoin et AC 48). Les différences entre les groupes ne sont toutefois pas apparues significatives.

Multipares. Chez les multipares, le traitement n'a pas affecté la taille et le poids des nés totaux et des nés vivants. La taille des nés vivants a été plus élevée dans le groupe S48, en comparaison du groupe Témoin ($+0,9$). Le taux de mortinatalité le plus important a été observé dans le groupe Témoin.

Les 3 groupes expérimentaux, toute parité confondue, ont eu des taux d'avortement similaires (16,6%, 11,1% et 16,6%, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48, $P > 0,05$).

2.2.3. Indice de productivité (IP)

Pour toutes parités confondues, la productivité (Nombre de nés vivants / Nombre de lapines saillies) est apparue plus élevée dans les groupes AC48 (IP=3,90) et S48 (IP=3,75), en comparaison du groupe Témoin (IP=2,48). Une importante différence entre les groupes a été notamment observée chez les multipares (1,91 vs. 6,00 et 5,14 respectivement pour l'indice de productivité dans les groupes Témoin, AC48 et S48).

2.3. Impact de la parité sur les performances de reproduction

Indépendamment du traitement appliqué, nous n'avons pas relevé de variation du taux de réceptivité sexuelle ou de la fertilité selon la parité. En revanche, les primipares ont eu une taille de nés totaux inférieure à celle des multipares (6,3 vs. 7,9, $P = 0,02$). Les avortements ont été plus fréquents chez les primipares (23,3 vs. 4,1%, respectivement chez les primipares et les multipares, $P = 0,06$). Primipares et multipares ont présenté un taux similaire de mortinatalité (Tableau 8.9).

Tableau 8.9. Impact de la parité sur la reproduction des lapines allaitantes locales (moyenne des groupes Témoins, AC48 et S48).

	Moyenne	Primipare	Multipare	
<i>Réceptivité sexuelle (%)</i>				
Nombre de lapines (n)	145	99	46	<i>P</i>
J11	67,5	66,6	69,5	<i>NS</i>
J12- J14	44,6	42,4	50,0	<i>NS</i>
J11-J14	82,1	80,8	84,7	<i>NS</i>
<i>Performances de reproduction</i>				
Nombre de lapines (n)	90	51	39	
Fertilité (%)	60,0	58,8	61,5	<i>NS</i>
Mise-bas (%)	52,2	47,0	58,9	<i>NS</i>
Mortinatalité (%)	11,4	11,1	11,3	<i>NS</i>
Nés totaux (n)	7,0	6,3 ^a	7,9 ^b	<i>< 0,01</i>
Nés vivants (n)	6,2	5,6 ^a	7,0 ^b	<i>< 0,05</i>
Poids des nés totaux (g)	375,4	349,3	405,1	<i>0,06</i>
Poids des nés vivants (g)	336,7	316,4	359,8	<i>NS</i>
Poids individuel (g)	54,2	52,0	56,2	<i>0,06</i>
Avortement (%)	14,3	21,2	4,1	<i>0,06</i>

Les performances de reproduction ont été évaluées pour les essais 2 et 3.

2.4. Effet essai

Indépendamment du traitement appliqué, la fertilité moyenne des lapines allaitantes a été significativement plus faible lors du 1^{er} essai (Tableau 8.10).

Tableau 8.10. Effet essai sur la réceptivité sexuelle et les performances de reproduction des lapines allaitantes (moyenne des 3 groupes expérimentaux).

	Essai 1	Essai 2	Essai 3	
Nombre de lapines (n)	35	51	59	<i>P</i>
Réceptivité J11 (%)	60,0	64,7	74,5	<i>NS</i>
Réceptivité J12-J14 (%)	57,1 ^a	22,2 ^b	60,0 ^a	<i>< 0,05</i>
Réceptivité J11-J14 (%)	82,8	72,5	89,8	<i>0,06</i>
Fertilité (%)	10,3 ^a	75,6 ^b	49,1 ^c	<i>< 0,0001</i>
Mise-bas (%)	6,8 ^a	59,4 ^b	47,1 ^b	<i>< 0,0001</i>

2.5. Evolution du poids corporel des lapines en période postpartum.

Poids des primipares. Le poids des femelles marque une nette augmentation durant la première semaine de lactation (respectivement +129,7g, +157,5g et 166,8g pour les groupes Témoin, AC48 et S48. Entre la mise-bas et J14 PP, les poids ont évolué de façon relativement similaire dans les 3 groupes expérimentaux (Figure 8.8). Entre J14 et J28 du postpartum, les lapines du groupe Témoin ont eu une baisse plus marquée de leur poids corporel (*P = 0,05*).

Le poids moyen des lapines à la saillie, à la mise-bas et au cours du postpartum (à J7, J14, J21, J28 et J35 PP) n'a pas montré de variations significatives entre les groupes. Le poids moyen des lapines a augmenté régulièrement de la mise-bas jusqu'au 14^{ème} jour de lactation, puis a commencé à décliner jusqu'au 28^{ème} jour. L'élévation la plus marquée a été enregistrée durant la 1^{ère} semaine de lactation (3129,2 ±26,3 g vs. 3279,7 ±27,4 g, respectivement à la mise-bas et à J7 PP, *P < 0,0001*). A J14, le poids moyen des lapines a atteint sa valeur la plus élevée de la période postpartum (3310,3 ±30,8 g).

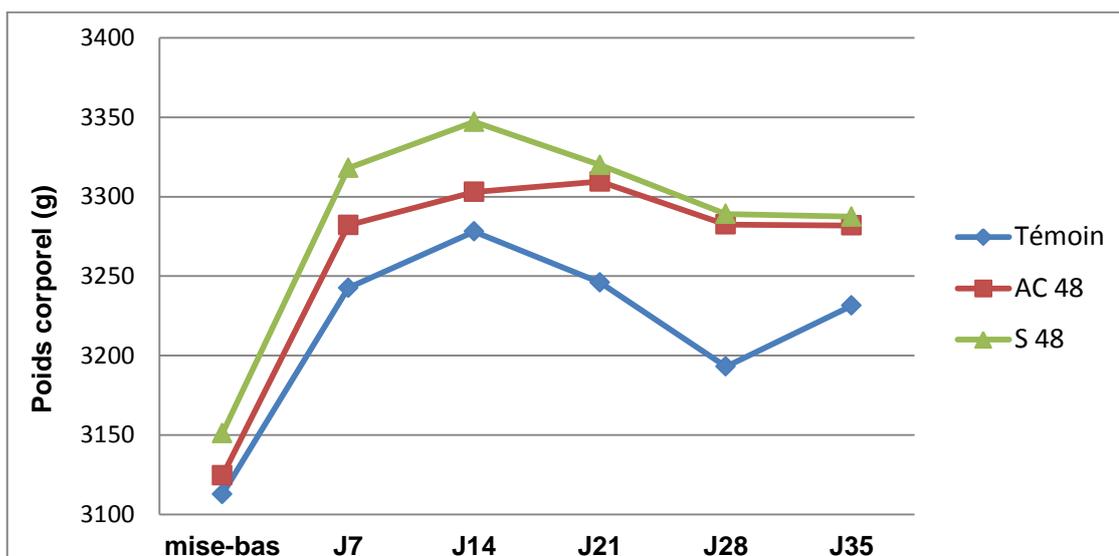


Figure 8.8. Evolution du poids corporel des lapines primipares au cours de la lactation.

Au final, le poids des lapines au sevrage, tout groupe confondu, a été supérieur au poids de mise-bas (+ 163,5 g en moyenne, $P < 0,0001$). Le poids des femelles à la 2^{ème} mise-bas (lapines saillies entre J11 et J14 PP) n'a pas varié selon le groupe expérimental (3384,0 g, 3260,2 g et 3337,7 g, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48, $P = 0,695$).

Poids des multipares. De la mise-bas au 28^{ème} jour postpartum, l'analyse n'a pas révélé de différences entre les groupes expérimentaux. Néanmoins, à la mise-bas, les femelles affectées au lot S48 présentaient un poids inférieur à celui des lapines des lots Témoin et AC48 (respectivement -198,8 g et -165,3g). Au sevrage, le poids des multipares S48 est resté inférieur à celui des lapines AC48 ($P < 0,05$) et Témoin (Tableau 8.11).

Entre la mise-bas et le sevrage, les lapines du groupe AC48 ont eu un gain de poids de +235,3 g, contre +36,9 g et -46,6 g respectivement pour les groupes S48 et Témoin.

Tableau 8.11. Evolution du poids corporel des lapines multipares au cours de la lactation

Poids corporel (g)	Témoin	AC48	S48	P
Nb de multipares (n)	16	15	15	P
J Mise-bas	3430,7	3397,2	3231,9	NS
J7	3386,7	3531,1	3334,7	NS
J14	3438,7	3585,9	3391,1	NS
J21	3428,7	3615,7	3427,4	NS
J28	3443,6	3559,7	3417,5	NS
J35	3384,1 ^{ab}	3632,5 ^a	3268,8 ^b	< 0,05

3. Discussion

3.1. Réceptivité sexuelle

3.1.1. Effet S48.

Le taux de réceptivité sexuelle obtenu chez les primipares du groupe Témoin est conforme à ceux décrits chez les lapines de races européennes. La lapine primipare allaitante se caractérise, en comparaison des femelles de parité supérieure, par une réceptivité de faible niveau (Maertens 1998, Theau-Clément et al., 2008). L'antagonisme « lactation-reproduction » est en effet plus marqué durant la première lactation, du fait du statut énergétique particulièrement déficitaire des jeunes lapines (García-García et al., 2012). Dans nos conditions expérimentales, nous n'avons pas relevé de variations significatives du taux de réceptivité entre les primipares et les multipares. Cela résulterait probablement du fait que nos multipares avaient un ordre de lactation ≤ 4 , avec une majorité de 2-3. Des observations similaires sont relevées par Zerrouki et al. (2005a), qui souligne que la parité n'a pas d'influence sur la réceptivité sexuelle de la lapine locale.

Chez la lapine primipare locale, la séparation mère-portée de 48 heures a augmenté la réceptivité de +31,7 %. Maertens et *al.* (1998) décrit également une augmentation de +30,3% de la réceptivité chez la lapine primipare séparée de sa portée durant 40 heures (77,8 vs. 47,5 %). Notre étude a montré que la présentation des primipares aux mâles durant 4 jours successifs (de J11 à J14) a permis d'obtenir dans le groupe S48 un taux de réceptivité de 96,9%, contre 73,5%, et 72,7% dans les groupes Témoin et AC48. La séparation mère-portée de 48 h a également amélioré (+42,9%) la réceptivité des lapines multipares, conformément aux données d'Ubilla et *al.* (2000). Nos résultats indiquent que la séparation mère-portée de 48 heures est une méthode efficace d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez lapine locale. Différentes hypothèses ont été avancées pour expliquer l'amélioration de la réceptivité après une séparation transitoire mère-portée. Ubilla et *al.* (2000) ont montré que la suppression d'un épisode de tétée réduisait la sécrétion de prolactine, hormone qui inhibe la décharge de FSH et LH. La baisse de la prolactinémie stimulerait alors la folliculogénèse et la stéroïdogénèse, d'où une sécrétion plus importante d'oestrogènes à l'origine de l'œstrus.

L'impact des séparations mère-portée sur le système endocrinien sera abordé dans l'expérimentation consacrée aux réponses hormonales (voir expérimentation n°6).

3.1.2. Effet AC48.

L'allaitement contrôlé de 48 heures (AC48) n'a pas modifié le taux d'acceptation de la saillie chez la primipare locale. Nos résultats sont conformes aux travaux menés sur la lapine Néo-Zélandaise Blanche (Bonnano et *al.*, 2004). En revanche, chez les multipares, ce traitement a amélioré la réceptivité des femelles au 11^{ème} jour postpartum. Pour Matics et *al.* (2004), seul l'allaitement contrôlé de 3 jours, et non de 2 jours, a permis d'augmenter la réceptivité des lapines de race Pannon Blanche. Cet auteur a néanmoins testé cette technique sur des effectifs formés de primipares et multipares, sans faire de distinction entre les différentes parités dans l'analyse des résultats. Une recherche plus récente a testé un allaitement contrôlé de 3 jours avant l'insémination à J 11 PP chez les multipares Pannon Blanche; cette étude a mis en avant l'importance du moyen de séparation utilisé : l'usage d'un grillage réduit significativement la réceptivité sans améliorer la fertilité, tandis que l'emploi d'une plaque

métallique ne modifie pas le comportement sexuel des lapines mais augmente la fertilité (Eiben *et al.*, 2013)

3.1.3. Réceptivité avant et après allaitement.

Notre étude a permis de tester l'impact de l'allaitement sur le taux d'acceptation du mâle. Chez les primipares, la réceptivité des lapines soumises à une séparation continue de 48 heures est meilleure après l'épisode d'allaitement. Bonnano *et al.* (1999) observe des faits similaires : chez des lapines séparées 40 heures de leur portée la réceptivité est plus élevée immédiatement après l'ouverture de la boîte à nid. L'accumulation de lait dans la glande mammaire, due à la suppression d'un épisode de tétée, pourrait induire un inconfort chez la lapine (Rebollar *et al.*, 2004a), et réduire de ce fait sa libido. En conséquence, nous recommandons de faire saillir les lapines immédiatement après la 1^{ère} tétée qui suit la séparation mère-portée de 48 heures.

3.2. Caractéristiques externes de la vulve à J11 postpartum

Les diverses études sur la séparation mère-portée ont, en majorité, évalué l'impact sur la réceptivité sexuelle sur la base des caractéristiques externes de la vulve. Les relations entre l'apparence de la vulve et le comportement sexuel de la lapine ont été analysées par différents auteurs (Gosalvez *et al.*, 1985; Diaz *et al.*, 1988). Chez la lapine, les vulves rouge ou rose et turgescents s'accompagnent d'un taux élevé d'acceptation de la saillie, tandis que les vulves blanches sont associées à un taux élevé de refus du coït. Nous avons pu confirmer ces données chez la lapine allaitante de population locale (voir expérimentation 2).

Les lapines du groupe S48, primipares et multipares, ont eu un taux plus élevé de vulves rougeâtre et turgescents, en comparaison des femelles Témoin. Nos résultats sont, sur ce point, en accord avec ceux de la bibliographie (Alvarño *et al.*, 1998 ; Maertens, 1998 ; Bonnano *et al.*, 1999). Les lapines du groupe AC48, et particulièrement les multipares, ont également montré un taux plus important de vulves rougeâtres et turgescents, en comparaison des femelles Témoin, en accord avec les résultats de Rebollar *et al.* (2008).

Nos résultats confirment ainsi que l'observation de la vulve constitue un indice fiable de la réceptivité sexuelle. Ils soulignent néanmoins que le taux de réceptivité évalué par l'observation de la vulve ne reflète pas toujours le taux réel d'acceptation de la saillie. En effet, si nous comparons la fréquence des vulves rougeâtres et turgescentes avec les taux d'acceptation du mâle, nous obtenons des valeurs relativement équivalentes chez les multipares (Témoin : 43,7% vs. 50,0% ; AC48 : 80,0% vs. 92,8% ; S48 : 86,6% vs. 80,0%, respectivement pour le taux d'acceptation du mâle et les taux de vulves rougeâtres turgescentes), tandis que chez les primipares, nous relevons des disparités particulièrement pour les groupes Témoin et S48 (Témoin : 55,8% vs. 21,2% ; AC48 : 57,5% vs. 40,0% ; S48 : 87,5% vs. 54,2%, respectivement pour le taux d'acceptation du mâle et les taux de vulves rougeâtres turgescentes).

3.3. Fertilité

Le taux de fertilité enregistré chez les primipares Témoin de population locale (53,3%) a été respectivement supérieur (Bonnano et *al.*, 2002 ; Castellini et *al.*, 1998) ou équivalent (Maertens et *al.*, 1998) à ceux relevés chez les primipares européennes en insémination artificielle. En saillie naturelle, la fertilité est supérieure à celle obtenue en insémination artificielle, étant donné que seules les femelles réceptives sont inséminées. Globalement, les deux techniques de biostimulation, AC48 et S48, ont amélioré la fertilité des lapines. Nos résultats sont, de ce point de vue, comparables à ceux de Bonnano et *al.* (2002).

3.3.1. Effet S48.

L'amélioration de la fertilité observée dans le groupe S48 a été plus marquée chez les multipares par opposition aux primipares (+38,1% contre +20,3%, respectivement). Bonnano et *al.* (2002) rapportent des observations similaires (+19,2%, + 32,5% et +35,0%, respectivement pour les parités 1, 2 et 3). Selon cet auteur, l'augmentation de la fertilité des lapines après une séparation temporaire de leur portée serait attribuée à une amélioration du statut métabolique, consécutif à une baisse de la sécrétion laitière. Cet auteur souligne par ailleurs l'inefficacité de cette technique chez les lapines de parité ≥ 4 . Différents travaux ayant expérimenté la séparation mère-portée confirment également la meilleure efficacité de cette technique chez les femelles de parité

inférieure (Scendrö et *al.*, 1999; Maertens et *al.*, 1998; Virag et *al.*, 1999 ; Rebollar et *al.*, 2004). Bonnano et *al.* (2002) attribue le manque d'efficacité, sur la fertilité les lapines de parité ≥ 4 , au meilleur statut énergétique de ces femelles. Cet auteur suggère, par ailleurs, que chez les lapines de parité supérieure, la production laitière étant plus importante, la réplétion des glandes mammaires occasionnerait un stress plus intense (Bonnano et *al.*, 1999). Dans notre expérimentation, les multipares avaient un ordre de lactation ≤ 4 .

3.3.2. Effet AC48.

Contrairement à nos résultats, Matics et *al.* (2004) n'a pas relevé d'effet positif de l'allaitement contrôlé de 48 heures sur la fertilité des lapines. Dans leur expérimentation, les femelles du groupe témoin avaient cependant une fertilité relativement élevée, en comparaison des femelles témoins de notre étude. Cet auteur a par ailleurs analysé l'effet de l'allaitement contrôlé sur un effectif constitué de primipares et de multipares, sans préciser l'effet parité. Selon nos résultats, l'allaitement contrôlé de 48 heures avant la saillie n'améliore pas la fertilité des primipares, mais augmente celle des multipares (parité ≤ 4). Selon Eiben et *al.* (2013), l'allaitement contrôlé appliqué trois jours avant la saillie augmente la fertilité et la taille des nés vivants des lapines multipares (respectivement +16,2% et +1,2), à condition toutefois qu'une plaque métallique soit utilisée pour la séparation et non simplement un grillage. Dans notre expérimentation, nous avons inséré une plaque en contre-plaqué entre la cage maternelle et la boîte à nid, ce qui a empêché la lapine de voir sa portée.

3.4. Poids des lapines allaitantes

Le poids moyen des lapines primipares (lot Témoin, AC48 et S48) a augmenté rapidement en début de lactation. Cette prise de poids est liée à une modification de l'ingestion alimentaire. En effet, en fin de gestation, les lapines réduisent leur ingéré, à cause de la pression croissante exercé par l'utérus sur l'estomac (Gidenne et Lebas, 2005). Dès le lendemain de la mise-bas, la lapine augmente son ingestion. La lapine de population locale accroît considérablement sa consommation en début de lactation (+76,2% entre la mise-bas et J1PP, et +54% entre J1- J17 PP (Ilès et *al.*, 2013). Notre étude révèle que les primipares du groupe Témoin ont eu une perte de poids plus marquée entre J14 et J28, en

comparaison des groupes AC48 et S48. Eiben et *al.* (2007) observe également des évolutions différentes des poids des lapines selon le type de traitement. Cet auteur souligne que les lapines multipares séparées de leur portée gagnent du poids entre J15 et J21, tandis que lapines ayant allaité librement leur portée perdent du poids. Cet auteur rapporte par ailleurs une baisse de poids entre J21 et J35, pour toutes les femelles. Nous ne retrouvons pas la même cinétique, du moins chez les primipares. Nous avons, en effet, noté pour l'ensemble des primipares une perte de poids entre J21 et J28 ; cependant, au cours de la dernière semaine de lactation (J28-J35), les lapines des groupes biostimulés ont maintenu leur poids tandis que celles du groupe Témoin ont eu un gain de poids.

Chez les multipares, nous relevons des faits similaires à ceux rapportés par Eiben et *al.* (2007) : toutefois, seules les lapines des lots Témoin et S48 ont eu une perte de poids durant la dernière semaine de lactation. Les multipares du groupe AC48 ont, au contraire, eu un gain de poids.

3.5. Prolificité, mortalité et productivité

3.5.1. Effet S48 sur la prolificité.

Dans notre étude, la séparation continue de 48 heures (S48) a augmenté la taille des nés vivants chez les multipares (+0,9 lapereaux) et réduit celle des primipares (-1,4 lapereaux). L'analyse statistique n'a toutefois pas été significative. Selon Maertens et *al.* (1998), une séparation mère-portée de 40 heures améliore la prolificité (+1,2 et +1,1, respectivement pour les nés totaux et les nés vivants), cependant l'auteur ne donne pas de précision sur l'effet parité. En revanche, Bonnano et *al.* (2002) ne décrit pas de modification de la prolificité chez les lapines soumises à une séparation mère-portée de 48 heures, quelle que soit la parité considérée.

3.5.2. Effet AC48 sur la prolificité.

Dans nos conditions expérimentales, l'allaitement contrôlé de 48 heures (AC48) n'a pas eu d'impact sur la taille de la portée à la naissance, quelle que soit la

parité considérée. Rebollar et *al.* (2008) et Matics et *al.* (2004) aboutissent aux mêmes conclusions chez, respectivement, les lapines de races Néo-Zélandaise Blanche et Pannon Blanche.

3.5.3. Influence de la parité sur la mortinatalité et la prolificité

Les techniques de biostimulation n'ont pas affecté le taux de mortinatalité. Ces taux ont été relativement élevés pour l'ensemble des 3 groupes expérimentaux, toute parité confondue (entre 9% à 17% en moyenne).

Nous avons observé une plus faible prolificité en 2^{ème} mise-bas en comparaison des 1ères mises-bas (respectivement 6,3 vs. 7,0 pour la taille des nés totaux). Chez la lapine locale, Belhadi (2004) observe également une plus faible taille des nés totaux chez les primipares allaitantes, en comparaison des nullipares (respectivement 6,8 et 7,2). Chez les primipares simultanément allaitantes et gestantes, le bilan énergétique, fortement négatif, affecte la taille et la vitalité des portées *in utero*. Selon Parigini et Xiccato (1993), les portées de seconde mise-bas ont, en comparaison avec celles de la première, une taille plus faible de nés totaux (-10%) et de nés vivants (-20%). Cette différence peut être également attribuée aux variations du taux d'ovulation en fonction de la parité. En effet, Belabbas (2010) a montré chez la lapine de population locale, un taux d'ovulation plus élevé chez les nullipares en comparaison des primipares (respectivement 9,9 vs. 7,1).

Selon nos données, les lapines de parités ≥ 3 ont eu des tailles de portées supérieures à celles des primipares, probablement la conséquence d'un meilleur statut métabolique.

3.5.4. Effet de la biostimulation sur la productivité.

Selon Bonnano et *al.* (1999), la séparation continue de 48 heures augmente la productivité chez les lapines de parité comprise entre 1- 4 (+58,3 %). Nos données, basées sur le calcul de l'indice de productivité, montrent des résultats similaires (+51,2%). L'allaitement contrôlé a également permis d'augmenter la productivité des lapines locales de parité ≤ 4 (+57,2%).

Conclusion

La séparation continue mère-portée de 48h (S48) constitue une technique efficace d'induction et de synchronisation des chaleurs chez la lapine locale. Elle a permis d'augmenter le taux d'acceptation de la saillie des primipares (+35,2%) et des multipares (+42,9%). Cette technique a également amélioré la fertilité des primipares (+20,3%) et des multipares (+35,0%). Elle n'a pas influencé de façon significative la prolificité à la naissance.

La pratique de l'allaitement contrôlé 48h avant la saillie (AC48) représente une méthode alternative d'induction de l'œstrus chez les lapines multipares uniquement. Cette technique a favorisé la fertilité des multipares (+40,5%), mais n'a pas eu d'impact sur les performances des primipares.

Moment de la saillie. Après une séparation mère-portée ou d'allaitement contrôlé de 48 heures, la réceptivité est meilleure si on présente les lapines immédiatement après le 1^{er} épisode de tétée suivant la séparation.

Effets de la séparation mère-portée sur la croissance des lapereaux

Introduction

Les méthodes d'induction de l'œstrus testées dans notre étude sont basées sur des séparations mère-portée. Ces séparations, bien que transitoires, sont appliquées à des périodes durant lesquelles les lapereaux dépendent totalement, d'un point de vue alimentaire, du lait maternel. L'expérimentation suivante se propose d'analyser les conséquences d'une modification de la fréquence d'allaitement sur la croissance des lapereaux avant sevrage. Notre objectif est d'analyser l'impact des techniques de séparation mères-portée, chez les primipares et les multipares, sur la croissance et la mortalité des lapereaux en pré-sevrage (1-35 Jours).

1. Matériel et méthodes

1.1. Animaux et conduite expérimentale

Les portées de 141 lapines (100 primipares et 41 multipares) des 3 lots expérimentaux Témoin, AC48 et S48 (voir expérimentation n°5) ont été suivies de J1 postpartum jusqu'au sevrage, effectué à l'âge de 35 jours.

1.1.1. Etude de la biostimulation sur la croissance et la mortalité en pré-sevrage.

La portée est pesée et dénombrée à J1 postpartum après égalisation, à J7, J9, J11, J14, J21, J28 et à J35 postpartum. A J35 (sevrage), les lapereaux sont pesés individuellement, et leur genre est défini. Pour les lots biostimulés (AC48 et S48), la pesée des portées à J9 PP a eu lieu après la fermeture de la boîte à nid. A J11PP, elle est effectuée avant l'ouverture de la boîte à nid, puis immédiatement après la tétée, afin de comparer l'effet du type de séparation sur la production laitière.

1.1.2. Etude de la biostimulation sur la production laitière.

La production laitière moyenne des lapines a été estimée selon la formule définie par Torres *et al.* (1979):

$$y \text{ (g)} = 276,91 + 1,831x ; (x = \text{Poids de la portée à J21} ; R^2 = 0,846).$$

Cette formule évalue la production laitière sur une période de 30 jours de lactation. La quantité de lait ingérée à J11 PP par les lapereaux est définie pour les 2 groupes biostimulés, par la pesée de la portée, avant l'ouverture de la boîte à nid, puis immédiatement après la 1^{ère} tétée qui suit l'ouverture de la boîte.

1.1.3. Etude de la biostimulation sur le comportement maternel

Ce paramètre a été défini dans les groupes biostimulés (AC48 et S48) suivant deux critères :

- allaitement ou absence d'allaitement après l'ouverture de la boîte à nid.
- le temps passé par la lapine dans la boîte à nid, immédiatement après son ouverture. Le chronomètre est déclenché dès que la lapine entre dans la boîte à nid, et arrêté dès qu'elle quitte le nid.

1.2. Analyse statistique

Une analyse de variance a été appliquée afin de comparer les différences du poids et de la taille de la portée selon les groupes (3 niveaux : Témoin, AC48 et S48), et l'âge des lapereaux (6 niveaux : J1, J9, J14, J21, J28 et J35). Les variations du gain moyen quotidien (GMQ) sont traitées par une analyse de variance, avec pour facteurs de classement : les groupes (3 niveaux : Témoin, AC48 et S48), et l'intervalle postpartum (5 niveaux : J1-J9, J9-J14, J14-J21, J21-J28, J28-J35). Les taux de mortalité observés dans les différents groupes sont comparés par un test Chi-deux. Le temps passé par la lapine avec sa portée après l'ouverture de la boîte à nid (à J11 PP) est analysé par un test non paramétrique pour 2 échantillons indépendants (Test de Mann Whitney). L'impact de l'essai sur la croissance et la mortalité des lapereaux est traité par une analyse de la variance. Les résultats sont exprimés par la moyenne \pm erreur

standard de la moyenne, et sont considérés comme significatifs pour $P < 0,05$ et proches de la significativité pour $P < 0,10$.

2. Résultats

2.1. Résultats chez les primipares

2.1.1. Effet sur le poids des lapereaux des primipares

Poids de la portée. A J1 PP, après égalisation des portées, et à J9 PP, les différents groupes ont des poids et des tailles de portée similaires (Tableau 9.1 ; Figure 9.1). A J11, avant l'ouverture des boîtes à nid, les portées des lapines du groupe S48 ont le poids le plus faible, en comparaison des 2 autres groupes. A J14 PP, le poids moyen des portées du groupe S48 demeurent encore les plus faibles, notamment en comparaison avec celui du groupe AC48. Au sevrage, les portées du groupe S48 tendent à avoir un poids inférieur à celui des autres groupes ($2719,8 \pm 130,5$ g vs. $2904,8 \pm 126,6$ g et $3122,5 \pm 128,5$ g, respectivement pour le groupe S48, Témoin et AC48, $P = 0,095$).

Poids individuel des lapereaux. A J1 PP, le poids individuel moyen enregistré dans les différents groupes sont de 54,8 g, 55,1 g et 54,2 g respectivement pour le groupe Témoin, AC48 et S48, $P > 0,05$).

Tableau 9.1. Impacts des méthodes de biostimulation sur les portées des primipares

Portées (n)	Témoin (34)	AC 48 (33)	S 48 (33)	
Age (Jour)	Taille de portée (n)			P
1	6,41 ± 0,16	6,36 ± 0,18	6,45 ± 0,17	0,937
9	6,17 ± 0,19	6,09 ± 0,18	6,21 ± 0,19	0,901
11	6,11 ± 0,21	6,06 ± 0,19	6,00 ± 0,26	0,935
14	6,02 ± 0,20	6,03 ± 0,19	5,93 ± 0,26	0,947
21	5,83 ± 0,23	5,87 ± 0,20	5,72 ± 0,26	0,900
28	5,79 ± 0,24	5,78 ± 0,21	5,30 ± 0,28	0,283
35	5,73 ± 0,24	5,75 ± 0,22	5,27 ± 0,28	0,321
Poids de la portée (g)				
1	350,7 ± 10,4	351,4 ± 10,5	352,0 ± 10,7	0,996
9	811,4 ± 26,2	829,6 ± 26,6	836,5 ± 27,0	0,786
11*	922,4 ± 29,9 ^a	868,3 ± 27,9 ^a	761,5 ± 27,6 ^b	0,001
11**	922,4 ± 29,9	966,1 ± 31,6	871,7 ± 31,3	0,107
14	1089,8 ± 33,2 ^{ab}	1133,5 ± 34,4 ^a	1004,6 ± 33,4 ^b	0,022
21	1423,9 ± 54,8	1512,1 ± 52,8	1348,7 ± 51,4	0,102
28	2072,6 ± 89,3 ^{AB}	2234,8 ± 86,2 ^A	1946,3 ± 95,9 ^B	0,085
35	2904,8 ± 121,3 ^{AB}	3122,5 ± 126,9 ^A	2719,8 ± 138,9 ^B	0,095
Poids individuel des lapereaux (poids calculé, g)				
1	54,82 ± 1,15	55,12 ± 1,16	54,25 ± 1,18	0,866
9	133,85 ± 4,19	137,30 ± 4,25	135,78 ± 4,32	0,845
11*	153,88 ± 5,56 ^a	145,10 ± 3,93 ^a	123,56 ± 3,90 ^b	0,001
11**	153,88 ± 5,56 ^{ab}	160,88 ± 4,20 ^a	141,53 ± 4,35 ^b	0,019
14	185,52 ± 6,03 ^a	190,78 ± 5,64 ^a	165,81 ± 6,22 ^b	0,013
21	251,05 ± 10,20 ^{AB}	261,96 ± 8,50 ^A	231,8 ± 8,47 ^B	0,070
28	366,26 ± 13,07	391,39 ± 11,47	359,80 ± 12,73	0,199
35	519,35 ± 18,60	550,69 ± 18,88	508,34 ± 19,17	0,266
Poids individuel des lapereaux (poids mesuré, g)				
Nombre (n)	194	188	170	
35	510,03 ± 8,90 ^a	541,43 ± 8,40 ^b	493,95 ± 9,54 ^a	0,001
Gain moyen quotidien (g)				
1-9	9,87 ± 0,53	10,27 ± 0,39	10,19 ± 0,49	0,827
9-14	10,33 ± 0,84 ^a	10,82 ± 0,62 ^a	6,00 ± 0,87 ^b	< 0,001
14-21	9,36 ± 0,84	10,16 ± 0,58	9,43 ± 0,87	0,649
21-28	16,45 ± 0,84	18,49 ± 0,83	18,28 ± 0,83	0,182
28-35	21,86 ± 1,15	22,75 ± 1,04	21,20 ± 1,44	0,673
9-35	14,82 ± 0,63	15,89 ± 0,58	14,32 ± 0,66	0,216
1-35	13,66 ± 0,56	14,58 ± 0,50	13,35 ± 0,57	0,274

Cette étude a porté sur les primipares des essais 1,2 et 3 ; * : avant la tétée ; ** : après la tétée ; (moyenne ± erreur standard de la moyenne)

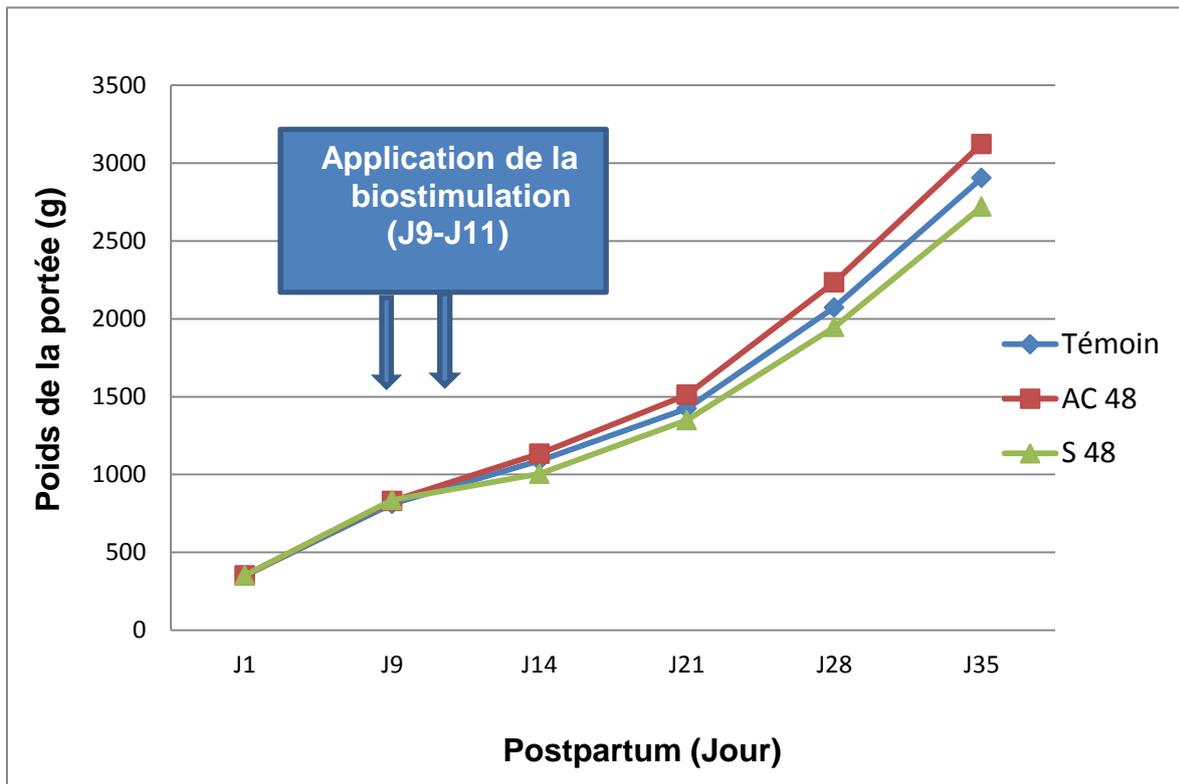


Figure 9.1. Evolution du poids de la portée allaitée chez les primipares.

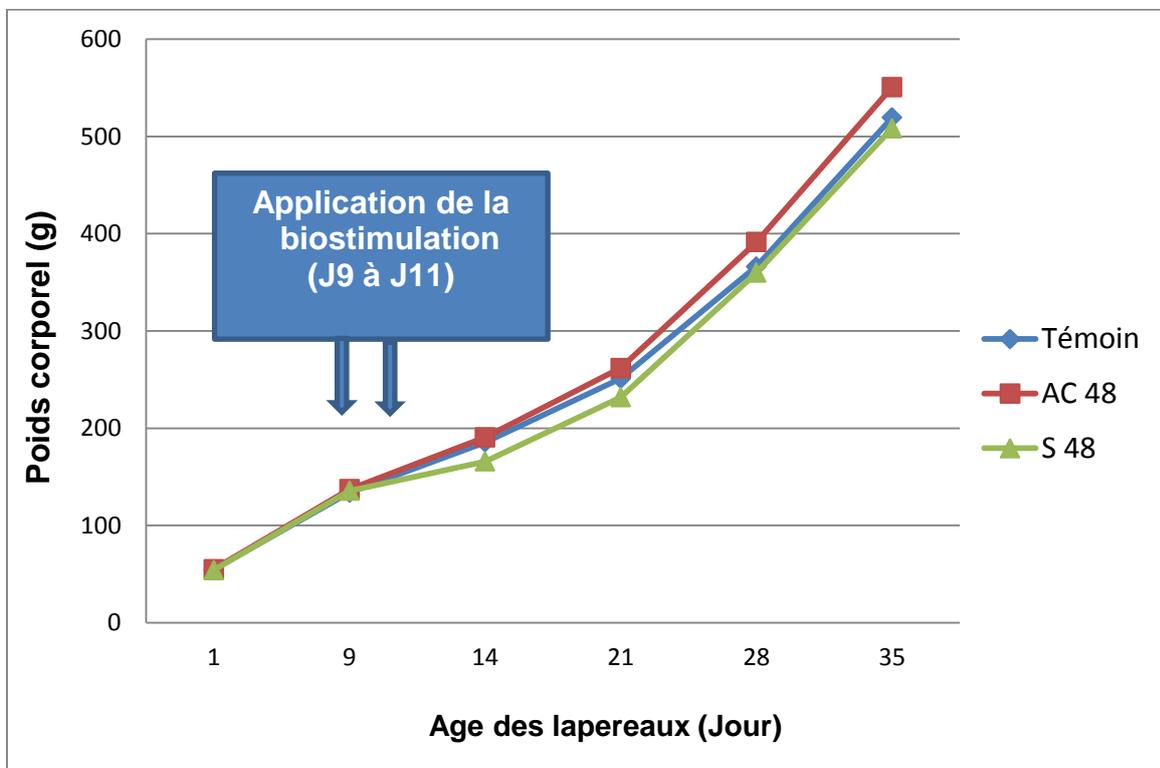


Figure 9.2. Evolution du poids individuel des lapereaux avant le sevrage (poids calculé).

A J11, avant l'ouverture des boîtes à nid, les lapereaux du groupe S48 sont les plus légers, et présentent un poids inférieur respectivement de 19,7% et 14,8% par rapport à celui des lapereaux des groupes Témoin et AC48 ($P = 0,001$). A J14, le poids individuel des lapereaux S48 reste significativement plus faible que celui des lapereaux des groupes Témoin et AC48 ($P < 0,05$). Au sevrage, les lapines AC48 ont les lapereaux les plus lourds, la différence n'est toutefois pas apparue significative pour le poids calculé des lapereaux (Figure 9.2). En revanche, les résultats se rapportant au poids réel des lapereaux au sevrage (poids mesuré sur un effectif total de 552 lapereaux) révèlent une différence significative entre les groupes ; les lapereaux du groupe AC48 ont les poids les plus élevés, tandis que ceux des groupes Témoin et S48 sont analogues ($510,03 \pm 8,90$ g, $541,43 \pm 8,40$ g et $493,95 \pm 9,54$ g, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48, $P < 0,001$).

Au sevrage (J35), les lapereaux mâles et femelles ont eu un poids similaire (Tableau 9.2). Le sex-ratio n'a pas varié selon le groupe, bien que le pourcentage de lapereaux mâles ait été plus faible dans le lot S 48 (50,0%, 50,6% et 47,4%, respectivement pour le groupe Témoin, AC 48 et S48).

Tableau 9.2. Poids au sevrage des lapereaux mâles et femelles (g) (moyenne \pm erreur standard de la moyenne).

	Moyenne	Mâle	Femelle	
Nb de lapereaux (n)	552	273	279	<i>P</i>
Poids au sevrage (g)	$515,77 \pm 5,21$	$515,15 \pm 7,75$	$516,38 \pm 7,01$	<i>0,907</i>

2.1.2. Effet sur la taille de la portée allaitée chez les primipares

L'égalisation des portées à 6-7 lapereaux réalisée à J1 PP a permis d'obtenir des tailles identiques de portées pour les 3 groupes expérimentaux (Tableau 9.1). A J9, avant l'application du traitement expérimental, les tailles de portées sont également semblables pour les 3 groupes. Entre J9 et J35 postpartum, les résultats montrent que les différentes méthodes de biostimulation n'ont pas eu d'influence significative sur la taille moyenne de la portée. Au sevrage, le

groupe S48 a néanmoins eu la plus petite taille de portée, en moyenne -0,46 lapereau sevré/ sevrage. Par ailleurs, le nombre de sevrés /mise-bas, paramètre zootechnique qui inclut les portées totalement disparues, a été plus faible dans le groupe S48 (-0,5 lapereau sevré/mise-bas). Dans le groupe S48, une portée entière a totalement disparue à J11 postpartum.

2.1.3. Effet sur le gain moyen quotidien (primipares)

De J1 à J9 PP, les lapereaux des 3 groupes expérimentaux ont eu un GMQ similaire (Tableau 9.1). Dans l'intervalle J9-J14 postpartum, la séparation de 48 heures a, comme attendu, significativement réduit le GMQ des lapereaux du groupe S48. Au cours des 3 dernières semaines de la lactation, nous n'avons, en revanche, pas relevé de différences significatives entre les groupes. Il est apparu que, de J21 à J28, les lapereaux des groupes biostimulés ont eu un meilleur GMQ en comparaison de ceux du lot Témoin, les différences n'ont toutefois pas été statistiquement significatives (18,28, 18,45 et 16,45 g/j, respectivement pour les groupes S48, AC48 et Témoin, $P = 0,188$)

2.1.4. Quantité de lait ingérée à J11 PP chez les lapereaux des primipares

Ce paramètre a été évalué chez les lapereaux des lots AC48 et S48.

A J11 PP, la production moyenne de lait a été légèrement supérieure (+ 8,6%) chez les lapines S48, la différence n'étant pas significative (101,5 vs. 110,2 g respectivement pour les lapines des groupes AC48 et S48, $P > 0,05$). Pour l'ensemble des lapereaux des groupes AC48 et S48, la quantité de lait ingéré à J11 postpartum a été positivement corrélée au poids du nouveau-né : plus le poids avant tétée du lapereau est élevé, plus sa consommation augmente ($R=0,27$, $P = 0,025$). A J11PP, la quantité de lait ingérée par les lapereaux des 2 groupes (ingestion moyenne individuelle) est similaire (17,1g et 17,9 g, respectivement pour le groupe AC48 et S48, $P > 0,05$). Cependant, la quantité de lait ingérée rapportée au poids du nouveau-né est significativement plus élevée

chez les lapereaux S48. En définitif, les lapereaux S48 ont ingéré, en une seule tétée, l'équivalent de 14,6% de leur poids corporel contre 11,7% pour les lapereaux du groupe AC48 ($P = 0,003$).

2.1.5. Effet sur le taux de mortalité (primipares)

Dans l'intervalle J1-J9 PP, le taux de mortalité des lapereaux est similaire pour les 3 groupes expérimentaux (Tableau 9.3). Dans l'intervalle J9-J35 PP, le type de biostimulation a exercé un impact sur le taux de mortalité des lapereaux (Figure 9.3). Les lapereaux du groupe S48 ont présenté le taux de mortalité le plus élevé (15,12% vs. 7,14% et 5,47%, respectivement pour S48, Témoin et AC48, $P < 0,001$). En comparaison des groupes Témoin et AC48, la mortalité chez les lapereaux séparés durant 48 heures, est notamment apparue plus importante entre J9 et J14 puis entre J21 et J28 PP. Dans le groupe S48, toute une portée (7 nouveau-nés) a été retrouvée morte à J11PP, à l'ouverture de la boîte à nid. Au cours de la dernière semaine de lactation (J28-J35), les lapereaux des 3 groupes ont montré un taux de mortalité identique.

Tableau 9.3. Effet de la biostimulation sur la mortalité des lapereaux avant sevrage chez les primipares

	Témoin	AC 48	S 48	<i>P</i>
Nb de lapereaux	218	210	213	
Intervalle (Jour)	Taux de mortalité (%)			
1-9	3,66	4,28	3,75	0,938
9-14	2,38	0,99	4,39	0,096
14-21	3,41	2,51	3,57	0,230
21-28	0,00 ^a	1,54 ^a	7,40 ^b	<0,0001
28-35	1,01	0,52	0,57	0,817
9-35	7,14 ^a	5,47 ^a	15,12 ^b	0,001
1-35	10,5 ^a	9,52 ^a	18,30 ^b	0,012

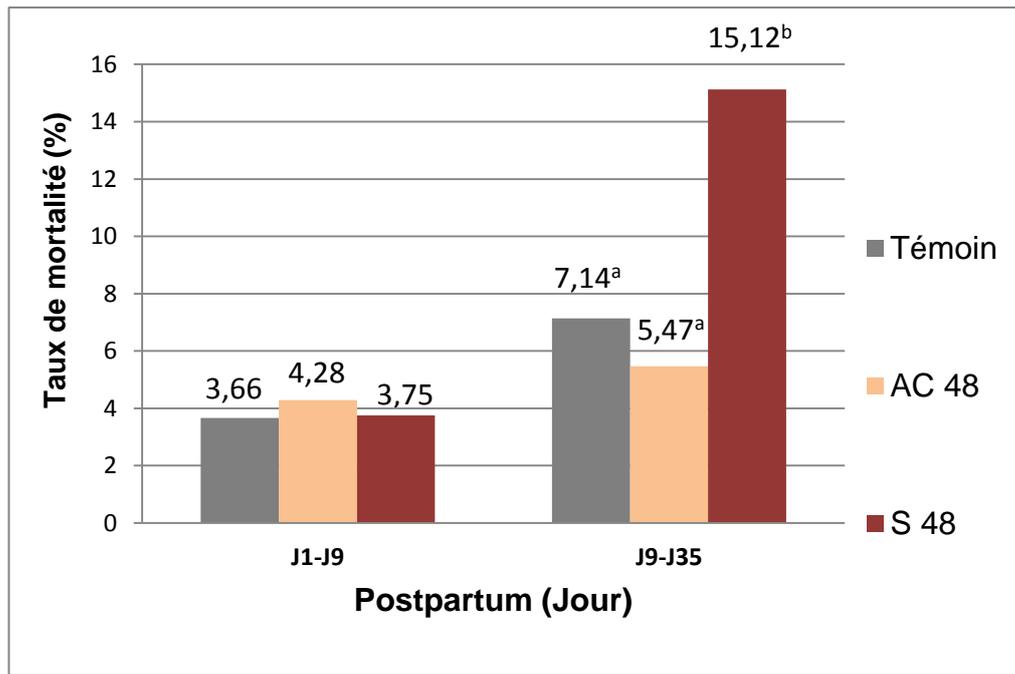


Figure 9.3. Taux de mortalité des lapereaux chez les primipares (%).
(Les colonnes affectées de lettres différentes représentent des pourcentages différents pour $P < 0,001$)

2.1.6. Comportement maternel à J11 PP (primipares)

A J11 PP, après l'ouverture des boîtes à nid, les lapines des 2 groupes biostimulés sont immédiatement entrées dans leur boîte et ont allaité leur portée. Toutefois, une lapine du groupe AC48 est restée près de 20 minutes devant l'entrée de la boîte à nid, à observer sa portée, sans y entrer. Cette femelle avait eu le même comportement à J10 PP, lors de l'ouverture de la boîte à nid. Nous l'avons placée dans la boîte et elle a allaité sa portée.

A J11 PP, immédiatement après l'ouverture des boîtes à nid, les lapines du groupe S48 ont passé significativement plus de temps avec leur portée que les lapines du groupe AC48 (respectivement $235,5 \pm 10,2$ sec vs. $192,3 \pm 5,2$ sec, $P < 0,001$).

2.1.7. Effet sur la production laitière des primipares

Les lapines du groupe AC 48 ont eu une production laitière significativement plus élevée (+ 10,8%) en comparaison des femelles du groupe S 48 (Tableau 9.4). L'analyse n'a pas révélé de différences significatives entre le groupe Témoin et les autres groupes.

Tableau 9.4. Effet de la biostimulation sur la production laitière des primipares (Moyenne \pm ESM)

	Moyenne	Témoin	AC 48	S 48	P
Production laitière* (g)	2893,4 \pm 56,9	2884,1 \pm 100,5 ^{ab}	3045,5 \pm 96,5 ^a	2746,4 \pm 94,2 ^b	0,033

*y (g) = 276,91 + (1,831 poids portée J21)
(Production de 30 jours ; Torres et al., 1979)

2.1.8. Effet de l'essai sur la croissance des lapereaux des Primipares

Au sevrage, les tailles de portée des 3 groupes n'ont pas montré de variation selon les 3 essais. L'analyse révèle en revanche un impact de l'essai sur le poids individuel au sevrage. Les lapereaux de l'essai 1 ont eu le poids le plus faible (470,20 \pm 6,4 vs. 556,29 \pm 9,12 et 524,26 \pm 10,69 g, respectivement pour les essais 1, 2 et 3, $P < 0,0001$). L'interaction « Groupe * Essai » a également été significative et est reportée dans le tableau 9.5. Au cours de l'essai 2, les lapereaux Témoin ont eu, au sevrage, le poids le plus faible. Nous n'avons pas relevé de variation significative du sex-ratio au sevrage selon l'essai. Il apparaît néanmoins que le taux de lapereaux mâles a été plus élevé au cours de l'essai 3.

Tableau 9.5. Effet de l'essai sur le poids des lapereaux au sevrage (primipares)

	Témoin	AC 48	S 48
Essai 1	493,4 ^a	486,9 ^a	430,3 ^b
Essai 2	521,9 ^a	577,7 ^b	565,5 ^b
Essai 3	519,3 ^{ab}	550,5 ^a	496,2 ^b
Moyenne	510,1 ^a	541,4 ^b	493,9 ^a

Dans une même ligne, les chiffres affectés de lettres différentes sont différents pour $P < 0,05$

2.2. Résultats chez les multipares

2.2.1. Effet sur le poids et la taille des lapereaux des multipares

Les principales caractéristiques des portées sont regroupées dans le tableau 9.6. L'analyse statistique n'a pas révélé de différences significatives concernant le poids et la taille des portées des 3 lots, respectivement à J1 et à J9 PP. A J11, avant l'ouverture des boîtes à nid, les portées des femelles AC48 et S48 ont un poids significativement plus faibles que celles du groupe Témoin ($P < 0,0001$). Après la 1^{ère} tétée suivant la séparation de 48 heures, les portées S48 demeurent les plus légères, en comparaison des autres groupes. Chez les multipares, la séparation continue de 48 h a significativement réduit le poids de la portée à J14, J21 et J28. A J35, les portées des lapines S48 ont eu ainsi un poids de 18.5% inférieur à celui des groupes Témoin et AC 48 ; les poids individuels des lapereaux au sevrage n'ont cependant pas montré de variation entre les groupes (539,8 g, 532,1 g et 529,5 g, respectivement pour les groupes Témoin, AC48 et S48, $P=0,965$). Le groupe S48 a présenté une plus petite taille de portée, en comparaison des autres groupes, particulièrement entre J14 et J35, les différences ne sont toutefois pas significatives.

Tableau 9.6. Effet de la biostimulation sur les caractéristiques de la portée avant sevrage chez les lapines multipares (Moyenne \pm ESM).

Portées (n)	Témoin (13)	AC 48 (12)	S 48 (16)	P
Age (Jour)				
Taille de portée (n)				
1	7,08 \pm 0,43	7,25 \pm 0,42	6,87 \pm 0,39	0,791
9	6,92 \pm 0,41	6,91 \pm 0,43	6,37 \pm 0,42	0,567
11	6,92 \pm 0,41	6,91 \pm 0,43	6,25 \pm 0,44	0,439
14	6,92 \pm 0,41	6,83 \pm 0,40	5,81 \pm 0,52	0,172
21	6,84 \pm 0,43	6,83 \pm 0,40	5,62 \pm 0,52	0,110
28	6,76 \pm 0,46	6,83 \pm 0,40	5,56 \pm 0,53	0,115
35	6,69 \pm 0,49	6,83 \pm 0,40	5,56 \pm 0,53	0,138
Taux de mortalité (%)				
J1-J9	3,2	4,5	7,2	0,422
J9-J14	0,0 ^a	1,2 ^a	8,8 ^b	0,017
J14-J21	1,1	0,0	3,2	0,330
J21-J28	1,1	0,0	1,1	0,999
J28-J35	1,1	0,0	0,0	0,656
J9-J35	3,3 ^a	1,2 ^a	12,7 ^b	0,002
J1-J35	6,4 ^a	5,7 ^a	19,1 ^b	0,004
Poids de la portée (g)				
1	421,4 \pm 24,5	402,5 \pm 13,3	394,9 \pm 20,5	0,642
9	951,74 \pm 61,4	939,9 \pm 43,6	910,8 \pm 67,5	0,881
11*	1118,6 \pm 71,9 ^a	974,9 \pm 41,3 ^b	811,8 \pm 251,4 ^b	<0,0001
11**	1118,6 \pm 71,9	1113,1 \pm 46,9	939,9 \pm 73,5	0,105
14	1398,4 \pm 100,0 ^a	1319,9 \pm 48,8 ^a	1039,1 \pm 100,6 ^b	0,016
21	1849,2 \pm 117,6 ^a	1786,5 \pm 84,3 ^a	1443,7 \pm 137,1 ^b	0,040
28	2756,6 \pm 218,6 ^a	2647,0 \pm 128,3 ^a	2055,1 \pm 202,3 ^b	0,025
35	3609,7 \pm 304,8	3604,4 \pm 218,1	2933,9 \pm 298,9	0,151
Poids individuel des lapereaux (poids calculé, g)				
1	59,5 \pm 3,0	57,1 \pm 3,0	58,2 \pm 1,91	0,777
9	139,1 \pm 6,7	139,3 \pm 7,1	146,1 \pm 9,8	0,754
11*	162,9 \pm 6,9 ^a	144,8 \pm 7,7 ^{ab}	133,2 \pm 9,1 ^b	0,043
11**	162,9 \pm 6,9	165,5 \pm 8,8	154,4 \pm 10,6	0,655
14	202,3 \pm 8,3	198,4 \pm 10,2	180,8 \pm 12,1	0,310
21	271,7 \pm 9,4	267,6 \pm 14,1	261,1 \pm 17,3	0,867
28	405,4 \pm 14,1	394,5 \pm 18,9	375,7 \pm 22,7	0,537
35	539,8 \pm 29,4	532,1 \pm 24,3	529,5 \pm 30,3	0,965

(* : avant la tétée ; ** : après la tétée).

2.2.2. Effet sur la mortalité des lapereaux des multipares

La technique S48 a augmenté le taux de mortalité des lapereaux entre J9 et J14 PP (Tableau 9.6). De J9 à J35, le taux de mortalité a été de 3,3%, 1,2 % et 12,7%, respectivement pour les groupes Témoin, AC 48 et S 48 ($P=0.002$). En conséquence, la taille de portée des lapines S48 a été inférieure à celle des autres groupes, à J14, J21, J28 et J35. L'analyse statistique n'a toutefois pas révélé de différences significatives.

2.2.3. Effet sur le gain moyen quotidien des lapereaux des multipares

Durant la période J9-J14 PP, les lapereaux S48 ont présenté un GMQ inférieur à celui des lapereaux Témoin et AC48 (6,8 vs. 12,6 et 11,8 g/j, respectivement pour les groupes S48, Témoin et AC48, $P < 0,0001$; Tableau 9.7). Entre J14-J21, les lapereaux S48 ont eu un meilleur GMQ en comparaison des lots Témoin et AC48 (respectivement +1,5 g/j et +1,6 g/j). Au final, le GMQ des lapereaux durant la période J9-J35 a été de 15,8 g/j, 15,1 g/j et 14,7 g/j, respectivement pour les lots Témoin, AC48 et S48 ($P = 0,664$).

Tableau 9.7. Effet de la biostimulation sur le gain moyen quotidien des lapereaux chez les multipares (Moyenne \pm ESM).

	Témoin	AC 48	S 48	
Portées (n)	(13)	(12)	(16)	<i>P</i>
Gain moyen quotidien (g)				
1-9	10,2 \pm 0,4	10,2 \pm 0,7	11,0 \pm 1,1	0,738
9-14	12,6 \pm 1,0 ^a	11,8 \pm 0,9 ^a	6,8 \pm 0,6 ^b	<0,0001
14-21	9,9 \pm 0,7	9,8 \pm 0,8	11,4 \pm 0,8	0,303
21-28	19,1 \pm 1,4	18,1 \pm 0,9	16,3 \pm 1,3	0,286
28-35	19,6 \pm 2,6	19,6 \pm 1,7	21,9 \pm 1,8	0,646
9-35	15,88 \pm 1,1	15,10 \pm 0,7	14,7 \pm 0,9	0,664
1-35	14,56 \pm 0,8	13,97 \pm 0,6	13,86 \pm 0,8	0,805

2.2.4. Effet sur le comportement maternel et la production laitière des multipares

Après l'ouverture des boîtes à nid, les lapines multipares du groupe S48 ont passé plus de temps auprès de leur portée, en comparaison des femelles du groupe AC48 (respectivement 213,5 sec vs. 184,6 sec, $P = 0,012$)

Tableau 9.8. Production laitière et durée de la tétée à J11 postpartum chez les multipares (Moyenne \pm ESM).

	AC 48	S 48	
Portées (n)	(12)	(16)	<i>P</i>
Production totale de lait (g)	138,1 \pm 9,9	128,1 \pm 12,6	0,486
Lait ingéré par lapereau (g)	20,7 \pm 1,6	20,1 \pm 2,8	0,852
Durée de la tétée (sec)	184,6 \pm 7,1 ^a	213,5 \pm 8,0 ^b	0,020

A J11 PP, les lapereaux des groupes AC48 et S48 ont ingéré une quantité similaire de lait (Tableau 9.8). Ils ont assimilé une quantité de lait équivalente à 14,2% et 15,6% de leur poids corporel, respectivement pour les lots AC48 et S48 ($P = 0,283$). La quantité moyenne ingérée par les lapereaux à J11 a été plus élevée chez les multipares, en comparaison des primipares (respectivement 20,8 vs. 17,5 g, $P = 0,021$). La production laitière moyenne, estimée sur la base du poids des portées à J21, a été plus faible dans le groupe S48 en comparaison des groupes Témoin et AC48 (Tableau 9.9)

Tableau 9.9. Effet de la biostimulation sur la production laitière des multipares (Moyenne \pm ESM).

	Moyenne	Témoin	AC 48	S 48	P
Production lait* (g)	3379,1 $\pm 133,1$	3662,8 $\pm 215,5^a$	3548,1 $\pm 154,4^{ab}$	2997,9 $\pm 255,2^b$	< 0,05

* $y (g) = 276,91 + (1,831 \text{ poids portée J21})$ (Production laitière de 30 jours) (Torres et al., 1979)

3. Discussion

3.1. Taille de portée allaitée.

Nos résultats soulignent que de J1 à J9 postpartum, les lapines des 3 groupes, quelle que soit la parité considérée, ont allaité des portées de taille et de poids similaires. Cette égalité de la taille de portée entre les 3 groupes, avant l'application du traitement expérimental, était un préalable à l'étude de l'effet de la biostimulation sur la réceptivité sexuelle. En effet, plusieurs études ont décrit les relations entre la taille de la portée allaitée et la réceptivité des lapines. Les femelles qui allaitent de petites portées ont généralement une meilleure réceptivité (Diaz et al., 1988). Ainsi, pour comparer l'effet d'une méthode sur la réceptivité des lapines allaitantes, les tailles de portées des différents lots expérimentaux doivent être identiques. Dans nos conditions expérimentales, la séparation continue de 48 heures n'a pas eu d'impact négatif sur la taille de la portée au sevrage. Nos résultats sont en accord avec ceux relevés par différents auteurs (Virag et al., 1999 ; Bonnano et al., 2004).

Nos résultats indiquent cependant que, chez les primipares, les différences entre le lot S48 et les lots Témoin et AC48 s'accroissent dans l'intervalle J21-J28 PP où la taille de portée du groupe S48 a été réduite de 7,3% contre seulement 3,1% et 2,6%, respectivement pour les groupes Témoin et AC48. Chez les multipares, la taille de portée du lot S48 a également été plus faible au sevrage, en comparaison des autres lots, les différences n'ayant cependant pas été statistiquement significatives.

Taux de mortalité des lapereaux. Dans le groupe Témoin, le taux de mortalité entre J1- J35 est proche de celui indiqué par Fellous et *al.* (2012) chez les lapines locales, élevées en station expérimentale. Avant l'application du traitement, soit entre J1 et J9 postpartum, les lapereaux des 3 groupes (primipares et multipares) ont eu un taux de mortalité légèrement inférieur à celui relevé dans les mêmes conditions, chez les Néozélandaises Blanches (7,3% en moyenne) (Bonnano et *al.*, 2002).

Effet S48. Contrairement à la majorité des travaux menés sur des lapines de race européenne qui ne révèlent pas d'influence sur la mortalité des lapereaux (Bonnano et *al.*, 2004), nous avons observé une influence négative de la séparation de 48 heures sur le taux de mortalité des lapereaux. Pour les deux parités, primipares et multipares, le taux de mortalité des lapereaux a été plus important durant la période de séparation. Bonnano et *al.* (2002) décrit, au contraire, une réduction du taux de mortalité chez les lapereaux séparés de leur mère durant 48 heures. Seul Moura et *al.* (2003) rapporte une augmentation de la mortalité chez les lapereaux ayant été soumis à une séparation de 48 heures entre J9-J11 PP. Selon cet auteur, l'impact négatif sur la mortalité des lapereaux s'observe uniquement chez les primipares (20,0% vs. 9,8%, respectivement pour la mortalité [intervalle séparation-sevrage] des lots séparés et témoins). Une séparation mère-portée pratiquée plus précocement, entre J2-J4 postpartum, entraîne également une mortalité plus importante des lapereaux durant la période de séparation (12,0 vs. 3,9%), particulièrement chez les primipares (Rebollar et *al.*, 2006b). En début de lactation, les primipares sont les plus exposées au déficit énergétique, et le statut énergétique des lapines allaitantes pourrait avoir un impact sur le taux de mortalité des lapereaux soumis à un jeûne temporaire.

L'élévation de la mortalité pourrait avoir pour origine la suppression d'un épisode de tétée. Cependant, selon Rebollar et *al.* (2004a), l'estomac des lapereaux nouveau-nés est généralement suffisamment rempli pour faire face à un jeûne de 48 heures. Il est alors probable que, dans le lot S48, les lapereaux décédés durant la séparation, aient été privés de plus d'un épisode de tétée. Nous avons en effet observé que certaines lapines allaitaient leur portée durant la matinée. Ainsi, pour certaines lapines du groupe S48, la séparation à J9, pratiquée à 10 heures a.m. a pu, sans doute, avoir été appliquée avant l'allaitement quotidien dispensé aux lapereaux. En conséquence, ces lapereaux

auraient été privés de 2 épisodes de tétée. Cette hypothèse pourrait expliquer la mortalité de toute une portée à J11 PP dans le groupe S 48, chez les primipares. Par ailleurs, chez la lapine, la fréquence d'allaitement est de 3 minutes/jour en moyenne (Zarrow *et al.*, 1965). La survie des lapereaux est de ce fait étroitement dépendante de leur capacité à s'adapter rapidement à ce laps de temps très court. La biostimulation affecte la production laitière des femelles, et après la période de séparation, les lapereaux disposent d'une quantité moins importante de lait (environ -40% de lait à J12PP) (Bonnano *et al.*, 1999 ; Rebollar *et al.*, 2004a). L'ensemble de ces observations expliquent le faible poids des lapereaux obtenu dans notre expérimentation à J14 PP.

Curieusement, chez les primipares, la mortalité des lapereaux du groupe S48 s'est révélée être également plus élevée durant l'intervalle J21-J28 postpartum, soit plus de dix jours après la fin de la séparation. Cette période correspond au moment où les lapereaux intensifient leur ingestion de granulés et réduisent celle de lait (Synthèse : Combes *et al.*, 2013). Le passage d'une alimentation majoritairement liquide à une alimentation à dominance solide pourrait être à l'origine de cette surmortalité des lapereaux du groupe S48 durant l'intervalle J21-J28 PP. Rebollar *et al.* (2004a) montre que le jeûne de 48 heures provoquait chez les lapereaux âgés de 9 jours une réduction de la taille des villosités intestinales. Ce phénomène pourrait avoir altéré les capacités digestives ultérieures des lapereaux, lors de la prise des aliments solides, avec pour conséquence une répercussion sur leur état général. Les lapereaux S48 âgés de 28 à 35 jours ont eu une faible mortalité, comparable à celle des autres groupes.

Ces données suggèrent que, chez les primipares, la phase critique pour les lapereaux de population locale soumis à une séparation de 48 heures est comprise entre l'âge de 21 à 28 jours. Maertens *et al.* (1998) indiquent que la consommation alimentaire des lapines soumises à une séparation de 40 heures baisse considérablement entre le 21^{ème} et 29^{ème} jour de lactation. Par ailleurs, chez la lapine, la production de lait décroît à partir du 22^{ème} jour postpartum (Lebas, 1972). La conjugaison de ces phénomènes ferait que les lapereaux S48 disposeraient de moins de lait, durant l'intervalle J21-J28, ce qui affecterait leur vitalité. Chez les multipares, nous n'avons pas observé d'élévation de la mortalité des lapereaux entre J21 et J28. Les multipares ont généralement une production laitière supérieure à celle des primipares et un meilleur statut métabolique.

Effet AC48. Dans nos conditions expérimentales, l'allaitement contrôlé n'a pas affecté le taux moyen de mortalité des lapereaux entre J9 et J35 postpartum, conformément aux résultats de Matics et *al.* (2004). Néanmoins cet auteur rapporte chez les lapereaux ayant été soumis à un allaitement contrôlé de 48 heures (J9-J11 PP) une mortalité plus marquée au cours de la 2^{ème} semaine postpartum.

3.2. Poids des lapereaux allaités.

Chez les primipares et les multipares, les portées S48 ont présenté, à J11 PP avant l'ouverture de la boîte à nid, et à J14 PP, le poids le plus faible, conformément aux résultats de Bonnano et *al.* (2004). Le lait ingéré quotidiennement par le lapereau représente environ 15 % à 20% de son poids corporel (Szendrö *et al.*, 2012). Cette particularité physiologique, que nous avons par ailleurs confirmée, permet d'expliquer la baisse importante du poids des lapereaux du groupe S48 relevée à J11 et à J14 postpartum, en comparaison des lapereaux des autres groupes. A J21 et à J28 PP, le poids moyen des portées du groupe S48 reste inférieur à celui des autres groupes. Virag et *al.* (1999) rapporte également à J21 PP un poids plus léger chez les portées séparées 48 heures de leur mère (J9-J11PP). Selon nos données au sevrage, le poids des portées du groupe S48 demeure inférieur de 18,7% à celui du groupe Témoin, la différence n'est toutefois pas statistiquement significative. L'impact négatif de la séparation sur la croissance s'atténue au sevrage (Alvarinò et *al.*, 1999). Nos résultats diffèrent des travaux menés sur des multipares par Alvarinò et *al.* (1998) qui ont observé un impact négatif de la séparation mère-portée sur le poids des lapereaux au sevrage. Cette différence de résultats pourrait, en partie être attribuée à l'effet parité. En effet, lors d'une séparation mère-portée de 48 heures, une baisse significative du poids au sevrage est notée uniquement chez les lapines de parité ≥ 5 (Bonnano et *al.*, 1999). Les lapines de notre étude ont un numéro de lactation ≤ 4 . L'impact de la séparation sur le poids des lapereaux pourrait également varier avec le génotype ou encore avec la catégorie du poids adulte des lapins. La majorité des travaux sur la biostimulation a en effet été menée sur des lapins de races européennes, classées parmi les catégories de races moyennes à lourdes. Le lapin de population locale fait partie des races légère ou moyenne (Berchiche et Kadi, 2002 ; Zerrouki et *al.*, 2005b).

3.3. Gain moyen quotidien des lapereaux.

Entre J1 –J9 postpartum, le gain moyen quotidien des lapereaux n'a pas montré de différence entre les 3 groupes expérimentaux, quelle que soit la parité considérée. Entre J9 et J14, la croissance des lapereaux soumis à une séparation de 48 heures s'est considérablement ralentie, en comparaison avec celle des lapereaux des groupes Témoin et AC48. Bonnano et *al.* (2004) décrivent des résultats analogues. Ce ralentissement de la croissance ne semble être que transitoire, puisqu'entre J14 et J35, les lapereaux du groupe S48 ont montré un GMQ identique à celui des autres groupes, en accord avec les travaux de Bonnano et *al.* (2004). Ce phénomène laisse supposer une bonne récupération des capacités métaboliques des jeunes lapereaux soumis à un jeûne de 48 heures. Par ailleurs, les lapereaux des primipares des groupes biostimulés ont eu un meilleur GMQ durant l'intervalle J21-J28, en comparaison du groupe Témoin. Des observations similaires sont rapportées par Eiben et *al.* (2004); cet auteur décrit un GMQ plus élevé entre J21- 35 PP chez les lapereaux soumis à un allaitement contrôlé à J9-J11 postpartum. Ce phénomène pourrait traduire une croissance compensatrice chez les lapereaux ayant été séparés de leur mère. La croissance compensatrice transitoire a permis aux lapereaux de récupérer la perte de poids induite par le jeûne de 48 heures ; les lapereaux du lot S48 ont ainsi au sevrage un poids de 17 g inférieur aux lapereaux du groupe Témoin, la différence n'étant pas significative. Notre étude a également montré que, chez les primipares, l'allaitement contrôlé (AC48), appliqué entre J9 et J11 du postpartum, a exercé un impact positif sur le poids des lapereaux au sevrage. Selon nos données, la vitesse de croissance des lapereaux du groupe Témoin, durant la période J1-J35 postpartum, a été légèrement plus faible que celle rapportée chez la lapine locale (15,6g/j ; Zerrouki et *al.*, 2005b) et considérablement inférieure à celle des lapereaux Néozélandais Blancs (24,8 g/j ; Eiben et *al.*, 2004).

3.4. Quantité de lait ingérée et comportement maternel à J11 PP après la période de séparation.

Quantité de lait ingérée. La quantité totale de lait ingérée par la portée à J11 PP est identique dans les groupes AC48 et S48. Rebollar et *al.* (2004) note que la

production laitière entre J9 et J11 du PP ne variait pas entre les lapines séparées de leur portée et celles en allaitement libre.

Comportement maternel à J11 PP. La séparation temporaire n'a pas induit de rejet de la portée chez la mère : toutes les lapines séparées de leur portée (Lots AC48 et S48) ont allaité leur portée dès l'ouverture de la boîte à nid. Nos résultats ont permis de souligner l'influence de la durée de séparation sur le comportement maternel des lapines. Ainsi à J11 PP, les lapines, ayant été séparées 48 heures de leur portée, et quelle que soit leur parité, ont passé plus de temps auprès des nouveau-nés que les lapines séparées durant 24 heures. Dans nos conditions expérimentales, il nous est impossible de confirmer que le temps passé par les lapines dans la boîte à nid corresponde à la durée de l'allaitement. Chez la lapine, la durée de l'allaitement est imposée par la mère. Les lapines ont pour habitude de quitter le nid brusquement, même si les lapereaux sont encore désireux de téter. L'augmentation de la durée de présence dans la boîte à nid chez les lapines S48 ne peut être expliquée par l'élévation de la production laitière, puisque les lapines des groupes S48 et AC48 ont eu une production équivalente à J 11 PP. Une hypothèse plausible serait que les lapereaux à jeun depuis 48 heures soient plus engourdis, avec pour conséquence des succions plus lentes. Néanmoins, l'observation des lapereaux après un jeûne de 48 heures ne nous a pas permis de déceler un engourdissement particulier, à quelques rares exceptions près. Nous sommes amenés à conclure que les lapines séparées durant 48 heures de leur portée modifient leur comportement maternel, sans relation avec l'allaitement proprement dit. Nos observations sont confortées par celles de Matics *et al.* (2004) qui signale qu'après une période de séparation, les lapines augmentent la fréquence des visites au nid.

3.5. Production laitière.

La production laitière a été évaluée sur la base du poids de la portée à J21PP selon la formule de Torres *et al.* (1979). Nos résultats indiquent une plus faible production laitière dans le groupe S48, en comparaison des groupes Témoin et AC48, notamment chez les multipares. Nos données sont en accord avec les travaux de Rebollar *et al.* (2004). Ces auteurs observent, chez la lapine multipare de souche croisée Californienne x Néozélandaise Blanche, une réduction significative de la sécrétion de lait durant les quatre jours qui suivent

la séparation de 48 heures (Jours 12, 13, 14 et 15 postpartum). Ce phénomène pourrait, en partie, expliquer l'importante mortalité des lapereaux S48 durant l'intervalle J9-J14. Les deux techniques d'induction de l'œstrus par interruption temporaire de l'allaitement n'ont pas entraînés de recrudescence des cas de mammites, conformément aux observations de Bonnano *et al.* (1999).

Conclusion

Chez la lapine de population locale, la séparation mère-portée de 48 heures (S48) a temporairement ralenti la croissance des lapereaux. Au sevrage, les différences de poids entre les lapereaux des groupes S48 et Témoin ne sont toutefois pas significatives, suggérant une éventuelle croissance compensatrice des lapereaux ayant été privés de lait durant 48 heures.

La séparation de 48 heures a significativement augmenté la mortalité des lapereaux entre J9-J14 du postpartum, quelle que soit la parité considérée.

Chez les primipares, l'allaitement contrôlé de 48 heures (AC48) a eu des effets positifs sur le poids des lapereaux au sevrage, sans aucune incidence sur le taux de mortalité.

Après 48 heures de séparation, les femelles S48 modifient leur comportement maternel : elles passent significativement plus de temps dans la boîte à nid en comparaison des lapines soumises à un allaitement contrôlé (AC 48).

Impacts des techniques de séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes et les paramètres métaboliques

Introduction

Les séparations mère-portée sont des techniques de biostimulation appliquées à la lapine dans l'objectif d'induire et de synchroniser l'œstrus. Chez les mammifères domestiques, l'œstrus résulte de l'augmentation du taux sanguin des œstrogènes d'origine ovarienne. Quelques travaux, consacrés aux séparations mère-portée chez la lapine, ont analysé l'effet de ces techniques sur les taux plasmatiques des œstrogènes et de la progestérone (Ubilla et *al.*, 2001, Rebollar et *al.*, 2004). A notre connaissance, aucune étude n'a encore évalué l'effet de ces méthodes sur la concentration sanguine des androgènes. Chez la lapine, l'action de la testostérone sur la réceptivité sexuelle est similaire à celle des oestrogènes (Beyer et Mc Donald, 1973). Par ailleurs, aucune recherche n'a encore défini si la séparation mère-portée était susceptible de générer un stress « social » chez la femelle. Chez les lapins, la concentration plasmatique du cortisol constitue un bon indicateur d'un état de stress (Szeto et *al.*, 2004). Enfin, très peu de données ont ciblé les effets d'une modification de l'allaitement sur les paramètres métaboliques de la lapine.

Cette expérimentation se fixe pour objectif d'analyser l'impact des techniques de séparation mère-portée sur :

- les taux plasmatiques des hormones stéroïdes : 17- β oestradiol (E2), testostérone (T), progestérone (P4) et cortisol (CORT).
- Les paramètres métaboliques sanguins : glucose, triglycérides, cholestérol et protéines totales.

1. Matériel et méthodes

Les caractéristiques des animaux testés ainsi que la conduite expérimentale ont été décrites dans l'expérimentation n°4.

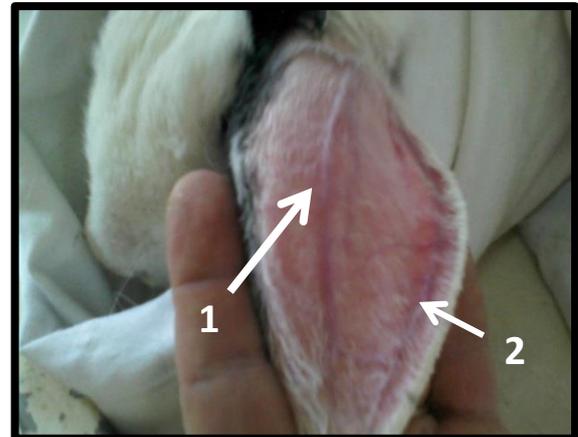
1.1. Contention des lapines et prélèvements sanguins.

Pour leur contention, les lapines sont délicatement emmaillotées dans une blouse (Figure 10.1). Selon nos observations, cette méthode offre plusieurs avantages en comparaison de l'utilisation de la boîte à contention pour lapins : elle réduit l'anxiété des femelles et évite les risques de fractures lorsque la femelle tente de se débattre.

Figure 10.1. Prélèvements de sang veineux chez la lapine (Photos personnelles)



A : Contention de la lapine par emmaillotage dans une blouse



B : Artère centrale (1) et veine marginale de l'oreille (2)



C : Collecte de 4 mL de sang veineux dans un tube hépariné.

Les collectes de sang ont été effectuées sur 10 primipares par groupe expérimental : Témoin, AC48 et S48 (se référer à l'expérimentation n°4). Elles sont réalisées au 9^{ème} jour postpartum, avant la fermeture des boîtes à nid, et au 11^{ème} jour postpartum, immédiatement avant l'ouverture des boîtes à nid (avant la saillie). Pour chaque groupe expérimental, ce sont les mêmes femelles qui ont été collectées à J9 puis à J11 PP. Afin d'éviter les variations circadiennes des hormones, les prélèvements sanguins ont toujours été prélevés dans la même tranche horaire (entre 11:00h et 12:00h a.m.). Le sang, prélevé au niveau de la veine marginale de l'oreille (4 mL), est collecté dans des tubes à héparine puis centrifugé (1000 tour/mn pendant 10 mn). Après la centrifugation, le plasma est aspiré grâce à des micropipettes (10-200 µL) puis aliquoté. Les aliquots sont identifiés et placés dans le congélateur (-20°C) jusqu'au jour de l'analyse.

1.2. Analyses hormonales

Les concentrations des hormones stéroïdes ont été analysées par radio-immunologie (RIA) dans le service d'endocrinologie du Centre Hospitalo-Universitaire de Bab El Oued (Ex- Hôpital Maillot). Les kits RIA I ¹²⁵ ont été fournis par Immunotech (Beckman Coulter Company: A21854, IM1188, IM1119 and IM1841 respectivement pour les kits d'E2, de P4, de T et de CORT). Les taux plasmatiques des stéroïdes ont été dosés en double pour chaque échantillon de plasma. La limite de détection est de 6 pg/mL pour E2, 0,025 ng/mL pour T, 0,05 ng/mL pour P4 et 10 nM/L (3,62 ng/mL) pour CORT. Les coefficients de variations intra et inter essais (%) sont respectivement ≤ 12,1 et 11,2 pour E2, 14,8 et 15 pour T, 5,8 et 9 pour P4, et 5,8 et 9,2 pour CORT (Annexe n°2).

1.3. Analyses des paramètres métaboliques sanguins

Les taux plasmatiques des paramètres suivants ont été définis, à J9 PP et à J11PP, par spectrophotométrie : Glucose, Triglycérides, Cholestérol et Protéines totales (Annexe n° 3).

1.4. Analyses statistiques

Pour chaque groupe expérimental, les variations hormonales et métaboliques entre J9 et J11 postpartum sont analysées par un test non paramétrique pour échantillons appariés (Test de Wilcoxon). Les variations entre groupes, respectivement à J9 et à J11 postpartum, sont analysées par un test non paramétrique pour plusieurs échantillons indépendants (Anova de Kruskal-

Wallis). Les résultats sont exprimés par la moyenne \pm erreur standard de la moyenne) et sont considérés comme significatifs pour $P < 0,05$.

2. Résultats

2.1. Effets sur les hormones stéroïdes

Les résultats sont reportés dans le tableau 10.1. A J9 postpartum, avant l'application des techniques de biostimulation, nous n'avons pas relevé de différence entre les 3 groupes expérimentaux concernant l'oestradiol, la testostérone et le cortisol, tandis que ceux de cortisol se sont révélés significativement supérieurs dans le groupe AC48.

Tableau 10.1. Estradiol, Testostérone, Progestérone et Cortisol plasmatique chez la lapine primipare allaitante (Moyenne \pm ESM).

	J 9 postpartum	J 11 postpartum	<i>P</i>
Témoin (n=10)			
Estradiol (pg/mL)	216,3 \pm 30,6	230,9 \pm 30,1	<i>NS</i>
Testostérone (pg/mL)	119,6 \pm 30,7	114,9 \pm 31,9	<i>NS</i>
Progestérone (ng/mL)	0,74 \pm 0,12	0,99 \pm 0,21	<i>NS</i>
Cortisol (ng/mL)	101,2 \pm 6,0	88,7 \pm 5,9	$< 0,10$
AC48 (n=10)			
Estradiol (pg/mL)	233,1 \pm 24,8	245,4 \pm 22,3	<i>NS</i>
Testostérone (pg/mL)	111,0 \pm 12,4	161,5 \pm 21,7	$< 0,05$
Progestérone (ng/mL)	0,84 \pm 0,19	1,10 \pm 0,48	<i>NS</i>
Cortisol (ng/mL)	133,8 \pm 11,3	100,5 \pm 10,2	$< 0,10$
S48 (n=10)			
Estradiol (pg/mL)	200,3 \pm 23,6	289,3 \pm 43,2	$< 0,01$
Testostérone (pg/mL)	103,8 \pm 20,9	165,5 \pm 27,1	$< 0,01$
Progestérone (ng/mL)	0,65 \pm 0,1	1,18 \pm 0,26	$< 0,05$
Cortisol (ng/mL)	111,8 \pm 11,2	95,6 \pm 13,1	<i>NS</i>

2.1.1. Effet sur la concentration plasmatique du 17- β oestradiol

A J9 PP, la concentration moyenne d'E2 enregistrées pour l'ensemble des groupes a été de $216,6 \pm 14,9$ pg/mL. La technique S48 a significativement augmenté le taux sanguin des E2 (+44,4%, $P < 0,01$; Figure 10.2). En revanche, l'évolution des taux plasmatiques d'E2 entre J9 et J11PP n'a pas varié pour les lapines des groupes Témoin (+6,7%, $P > 0,05$) et AC48 (+5,2%, $P > 0,05$). A J11PP, l'analyse statistique n'a pas révélé de différences significatives entre les 3 groupes expérimentaux, bien que les lapines S48 aient eu un taux d'E2 supérieur à celui des femelles Témoin (+25,3%) et AC48 (+18,0%).

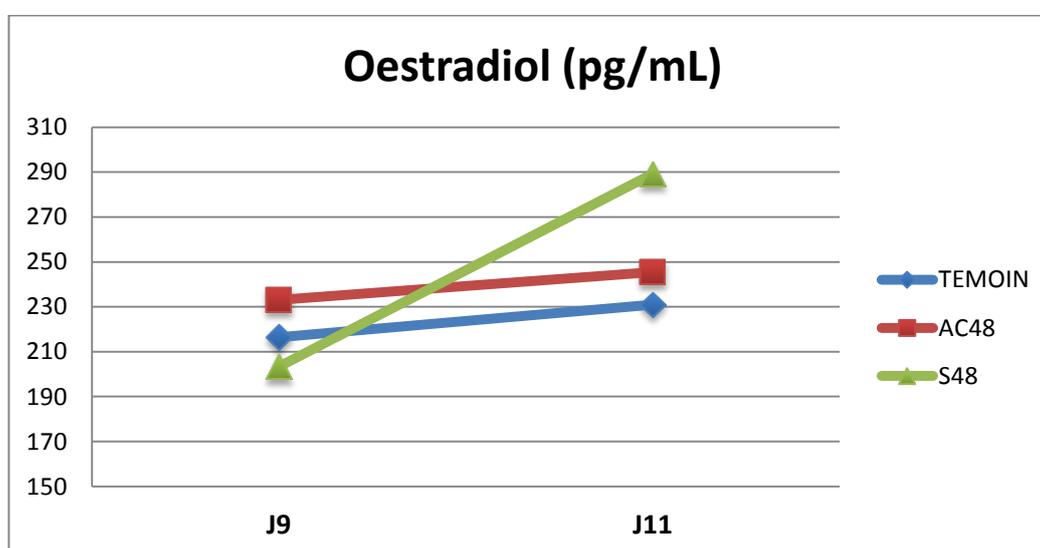


Figure 10.2. Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques d'oestradiol chez la lapine primipare allaitante

2.1.2. Effet sur la concentration plasmatique de la testostérone

La moyenne des concentrations plasmatiques de T enregistrées à J9PP pour l'ensemble des groupes a été de $111,5 \pm 12,6$ pg/mL. Entre J9 et J11PP, les taux plasmatiques de T ont sensiblement augmenté dans les groupes AC48 (+45,4%, $P < 0,05$) et S48 (+59,4%, $P < 0,01$), en comparaison du groupe Témoin (-3,9%, $P > 0,05$) (Figure 10.3). A J11PP, les taux de T chez les lapines S48 et AC48 ont été supérieurs à ceux des femelles Témoin ($P < 0,07$).

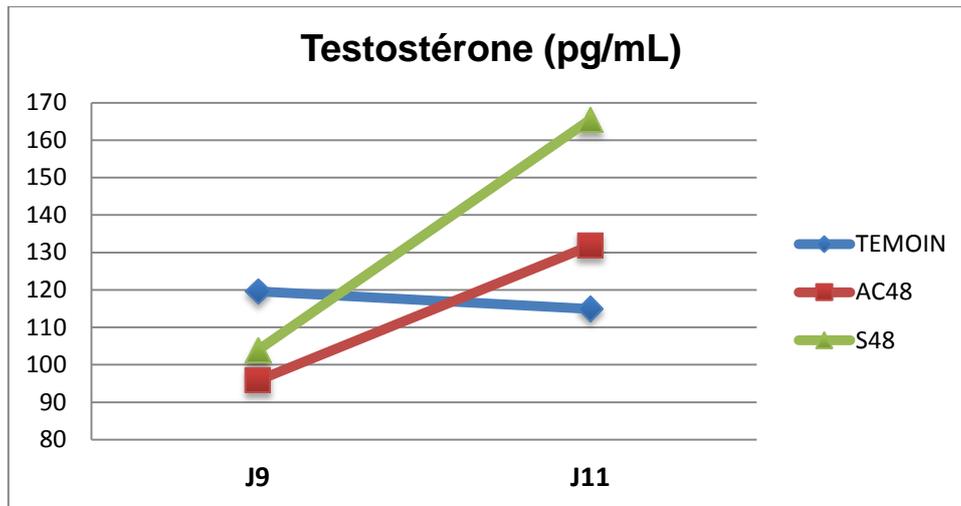


Figure 10.3. Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques de testostérone chez la lapine primipare allaitante

2.1.3. Effet sur la concentration plasmatique de la progestérone

La moyenne des concentrations plasmatiques de P4 enregistrées à J9PP pour l'ensemble des groupes est de $0,74 \pm 0,07$ ng/mL. A J11PP, seules les lapines du groupe S48 ont montré une augmentation significative de la progestéronémie, en comparaison des groupes Témoin et AC48 ($0,65$ ng/mL vs. $1,18$ ng/mL, $P < 0,05$). Les lapines des groupes Témoin et AC48 ont eu des variations très similaires de leur taux de P4 (respectivement $+33,7\%$ et $+28,9\%$; Figure 10.4)

2.1.4. Effet sur la concentration plasmatique du cortisol

La moyenne des concentrations plasmatiques de CORT enregistrées à J9PP pour l'ensemble des groupes est de $115,6 \pm 6,0$ ng/mL. Les lapines AC48 ont eu à J9PP un taux moyen du cortisol sanguin plus élevé que celui des lapines Témoin ($+32,2\%$, $P=0,01$). Entre J9 et J11PP, les concentrations sanguines de CORT ont montré une tendance à la baisse dans les 3 groupes expérimentaux (Témoin : $-12,3\%$; S48 : $-14,4\%$; AC48 : $-24,8\%$; Figure 10.5). Le jour de la présentation aux mâles (J11), les lapines des 3 lots ont eu un taux similaire de CORT.

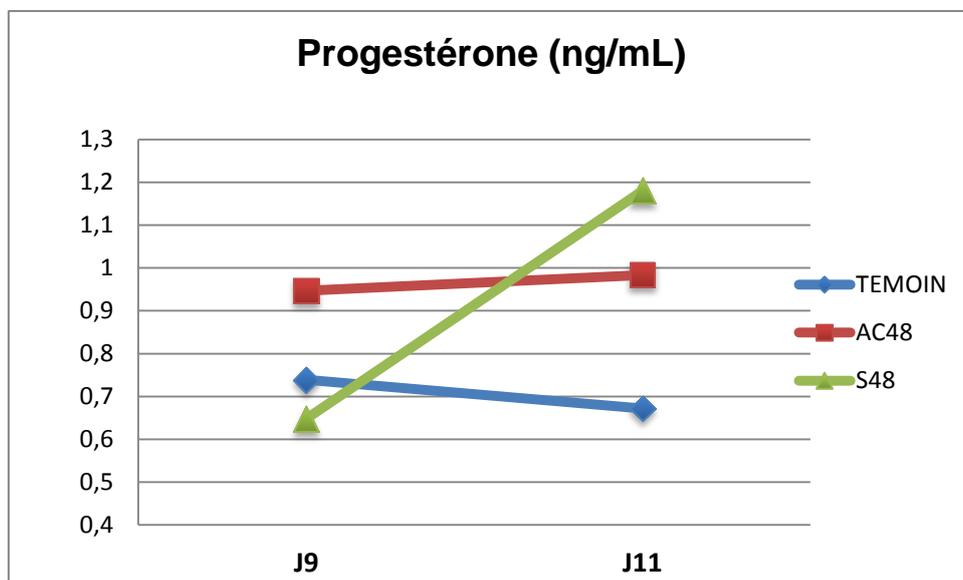


Figure 10.4. Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques de progestérone chez la lapine primipare allaitante.

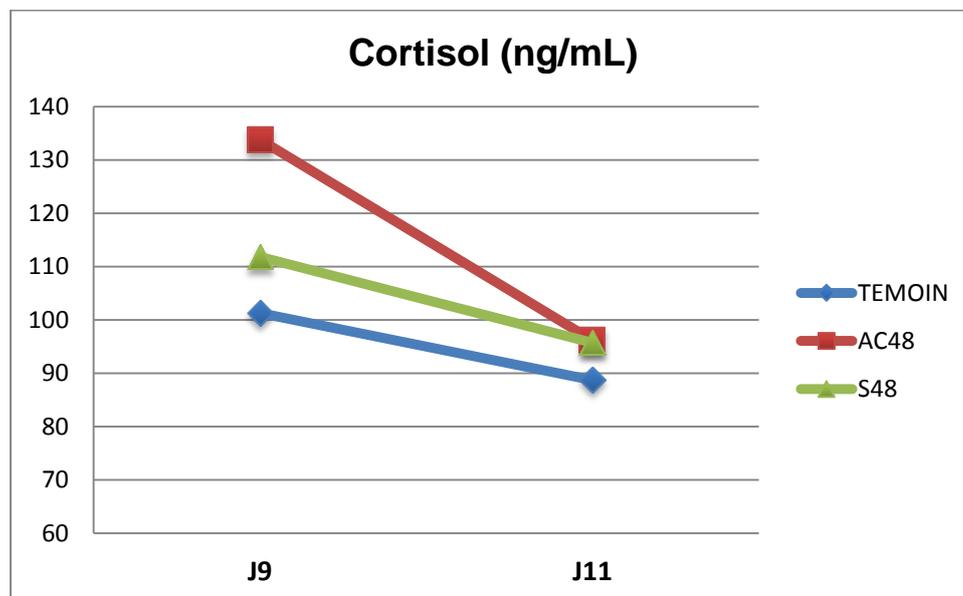


Figure 10.5. Effet de la biostimulation sur les taux plasmatiques de cortisol chez la lapine primipare allaitante.

2.1.5. Bilan global sur le taux plasmatique des stéroïdes sexuels

Le bilan global des variations plasmatiques des hormones sexuelles, exprimé en pourcentage, est reporté dans la figure 10.6. Pour l'E2, la T et la P4, les variations les plus importantes ont été observées dans le groupe S48. Les femelles des lots Témoin et AC48 ont eu des taux de variations très proches pour l'E2 et la P4.

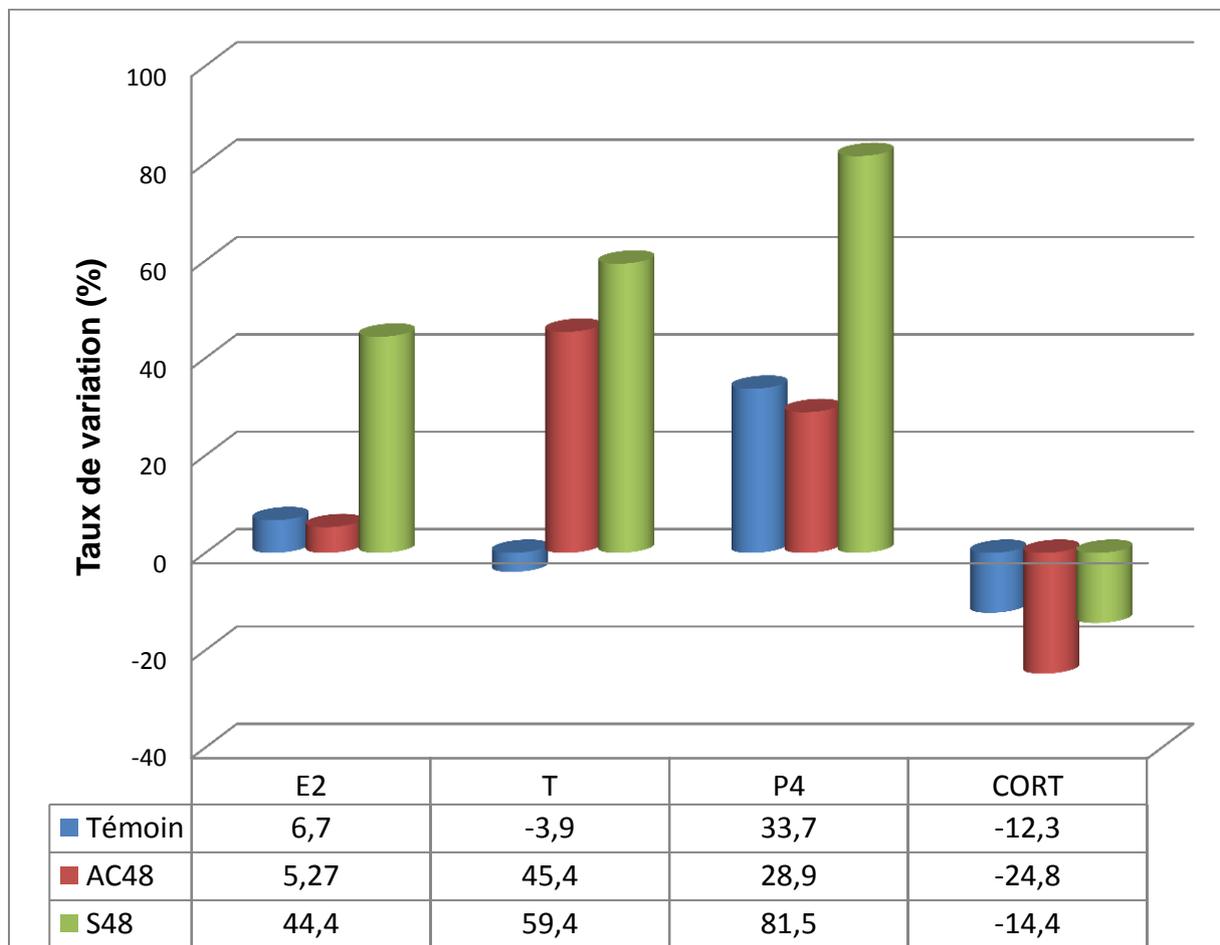


Figure 10.6. Taux de variation des hormones stéroïdes entre J9 et J11 PP (%)

2.2. Effet sur les paramètres métaboliques sanguins

Les résultats relatifs aux paramètres métaboliques sanguins figurent sur le tableau suivant (Tableau 10.2)

Tableau 10.2. Effets de la biostimulation sur les paramètres métaboliques des lapines primipares (moyenne \pm ESM).

	J 9 postpartum	J 11 postpartum	P
Témoin (n=9)			
Glucose (mg/dL)	96,8 \pm 9,2	106,8 \pm 7,9	NS
Triglycérides (mg/dL)	18,7 \pm 4,5	10,9 \pm 2,9	NS
Cholestérol (mg/dL)	41,6 \pm 6,3	32,5 \pm 3,6	NS
Protéines totales (g/dL)	6,5 \pm 0,3	6,8 \pm 0,2	NS
AC48 (n=7)			
Glucose (mg/dL)	117,9 \pm 6,3	98,1 \pm 8,1	NS
Triglycérides (mg/dL)	15,1 \pm 4,2	12,4 \pm 2,1	NS
Cholestérol (mg/dL)	27,9 \pm 4,9	30,5 \pm 5,6	NS
Protéines totales (g/dL)	6,2 \pm 0,3	6,5 \pm 0,2	NS
S48 (n=8)			
Glucose (mg/dL)	106,8 \pm 7,9	122,8 \pm 12,4	NS
Triglycérides (mg/dL)	14,2 \pm 4,3 ^a	116,1 \pm 18,7 ^b	<0,0001
Cholestérol (mg/dL)	46,6 \pm 9,4	43,2 \pm 4,2	NS
Protéines totales (g/dL)	6,1 \pm 0,2	6,7 \pm 0,5	NS

2.2.1. Effet sur le taux plasmatique de glucose

Le taux moyen enregistré sur l'ensemble des lapines allaitantes (J9 et J11 PP) a été de 107,7 \pm 3,6 mg/dL (Tableau 37). A J11 PP, les lapines du groupe AC48 ont montré, contrairement aux femelles des 2 autres groupes, une légère baisse de la glycémie (-16,7%); elles ont notamment eu une concentration de glucose significativement inférieure à celles du groupe S48 (P<0,04).

A J11 PP, la glycémie des lapines des groupes Témoin et S48 a augmenté respectivement de +10,2% et +15,0% (Figure 10.7).

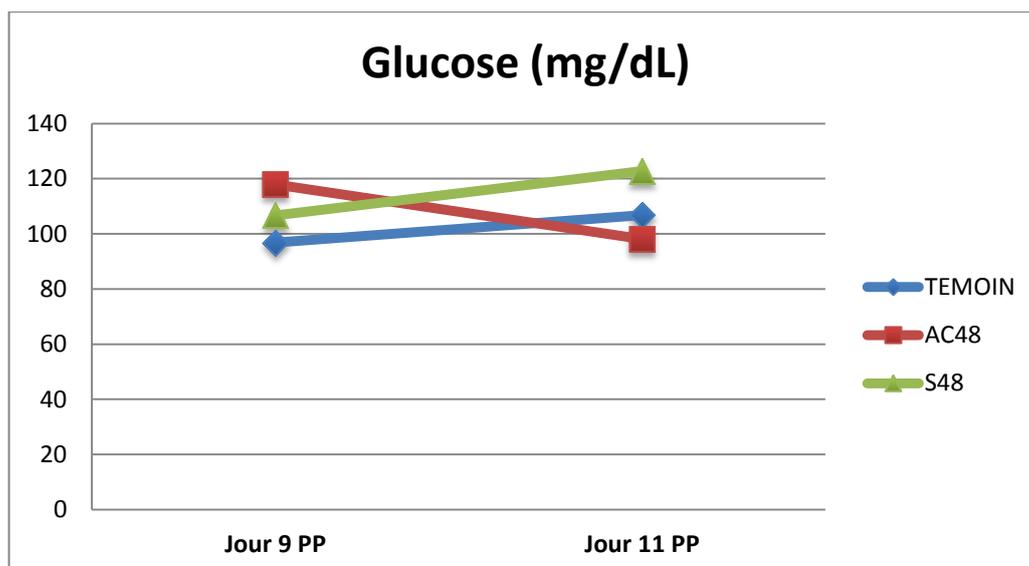


Figure 10.7. Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique de glucose

2.2.2. Effet sur le taux plasmatique des triglycérides

A J9 PP, les lapines des 3 lots expérimentaux ont eu des taux semblables de triglycérides, soit une moyenne de $16,1 \pm 2,2$ mg/dL. Entre J9- J11 PP, l'évolution des triglycérides sanguins a été identique pour les lapines des groupes Témoin et AC48 (Figure 10.8). Chez ces lapines, les taux de triglycérides n'ont pas varié. En revanche, chez les femelles séparées 48 h de leur portée, nous relevons une augmentation très importante des triglycérides (multipliée par 7), avec un taux atteignant la valeur de $116,1 \pm 18,7$ mg/dL.

L'analyse individuelle des données a montré que l'ensemble des lapines du lot S48 avaient eu un taux de TG > 55 mg/dL, et la moitié avec un taux > 100 mg/dL.

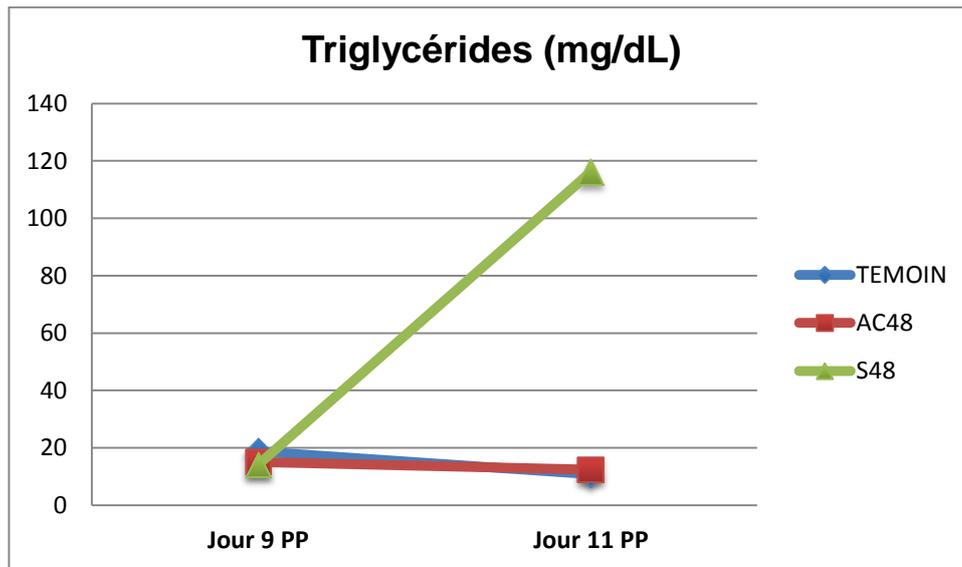


Figure 10.8. Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique des triglycérides

2.2.3. Effet sur le taux plasmatique du cholestérol

Les concentrations moyennes de cholestérol n'ont pas montré de différences significatives en fonction du jour PP ou du groupe expérimental (Figure 10.9). A J11 PP, ces taux sont de 32,5 mg/dL, 30,5 mg/dL et 43,2 mg/dL, respectivement pour les lots Témoin, AC48 et S48.

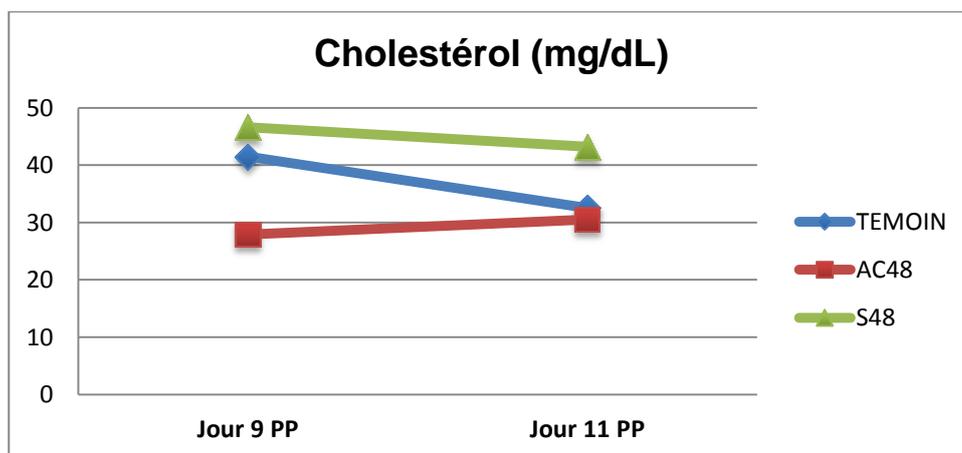


Figure 10.9. Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique du cholestérol

2.2.4. Effet sur le taux plasmatique des protéines totales

Dans les 3 groupes, nous observons une augmentation des protéines totales (Figure 10.10); néanmoins ces différences ne sont pas apparues statistiquement significatives. Les taux moyens relevés à J9 et J11 PP ont été respectivement de $6,33 \pm 0,17$ g/dL et $6,71 \pm 0,17$ g/dL.

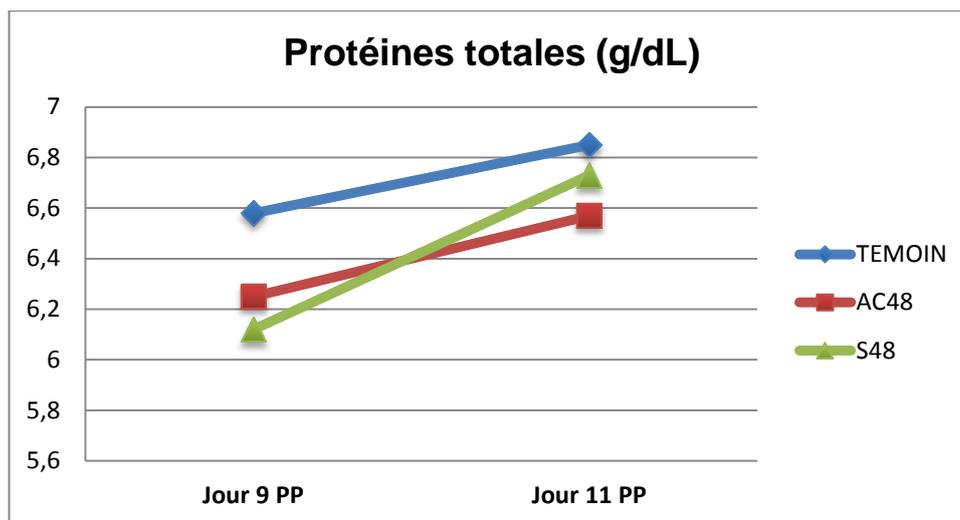


Figure 10.10. Effet de la biostimulation sur le taux plasmatique des protéines totales

3. Discussion

3.1. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique d'œstradiol.

Les taux plasmatiques moyen d'E2 enregistrés dans notre étude sont supérieurs à ceux rapportés par divers auteurs chez les lapines durant la période de lactation (Ubilla et Rebollar, 1994, 1995 : 11,7pg/mL ; Remas et Hadj-Bekkouche, 2005 : 36,4pg/mL). Ils sont néanmoins proches de ceux décrits par Rebollar et *al.* (2004, 2006) chez la lapine allaitante. En comparaison des groupes Témoin et AC48, les lapines du groupe S48 ont eu une importante augmentation du taux d'E2, ce qui explique l'important taux de réceptivité

observé dans ce lot (87,5% ; voir expérimentation n°4). Ubilla et *al.*, (2000) et Rebollar et *al.*, (2004) décrivent également une élévation des taux plasmatiques d'E2 chez des lapines multipares soumises à une séparation mère-portée de 48 heures. L'augmentation des concentrations plasmatiques d'E2 traduit une intensification de l'activité stéroïde des follicules ovariens (Ubilla et *al.*, 2000). Chez la lapine, à l'instar des femelles des autres espèces mammifères, les oestrogènes déclenchent la réceptivité sexuelle (Beyer et Mc Donald, 1973). L'évolution de l'oestradiol plasmatique entre J9 et J11PP a été très similaire pour les groupes Témoin et AC48 ; pour rappel, les femelles de ces groupes avaient eu un taux identique de réceptivité sexuelle (55,8% et 57,5%, respectivement pour Témoin et AC48 ; voir expérimentation n°4). A J11PP, les taux sanguin d'E2 du groupe S48 ont été supérieurs à ceux obtenus dans les groupes Témoin et AC48, les différences n'ont toutefois pas été significatives, du fait probablement de l'effectif réduit des échantillons. Rebollar (1992) souligne d'autre part, qu'on ne peut définir un taux plasmatique d'E2 capable de déclencher l'oestrus chez la lapine.

3.2. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique de testostérone

Les techniques de biostimulation (AC48 et S48) ont exercé un impact significatif sur les taux plasmatiques de T. Elles ont augmenté les taux de T à J11 PP, en comparaison de J9PP. A notre connaissance, l'effet des séparations mère-portée sur la concentration sanguine des androgènes n'a pas encore été investi par le passé. Chez la lapine, la testostérone est produite par les cellules de la thèque interne des follicules ovariens (Erikson et Rayan, 1976), par les glandes interstitielles de l'ovaire (Hilliard et *al.*, 1974b), et par le cortex surrénalien (Kolanowski et *al.*, 1985). Dans cette espèce, la testostérone est capable d'induire l'oestrus, grâce notamment à sa conversion en oestrogènes (Beyer et Mc Donald, 1973).

3.3. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique de progestérone

Les concentrations moyennes de P4 obtenues dans notre étude sont similaires à celles relevées par Arias-Alvarez *et al.*, (2010) chez la lapine primipare à J11PP, après une séparation mère-portée de 24 heures. Contre toute attente, notre étude a mis en évidence une augmentation significative de P4 dans le groupe S48. Nos résultats ne sont pas en accord avec ceux d'Ubilla *et al.*, (2001) qui n'ont décelé aucune variation de la progestéronémie chez les lapines multipares. Ces différences peuvent être due au fait que nos échantillons sanguins provenaient en totalité de lapines primipares. Les primipares sont, en comparaison des multipares, davantage susceptibles de présenter « le syndrome de progestérone élevé » (High Progesterone Syndrome) (respectivement 32,5% vs. 4,0% ; Theau-Clément *et al.*, 2005d). Ce syndrome, qui se caractérise par des taux sanguins élevés de P4, est plus fréquent chez les lapines allaitantes (36,5 vs. 18,9%, respectivement chez les primipares allaitantes et non-allaitantes ; Theau-Clément *et al.*, 2008).

Les concentrations élevées de P4 dépriment les performances reproductives de la lapine. La réceptivité sexuelle est notamment influencée par les taux de sanguins de P4 ; elle est significativement réduite pour des concentrations de P4 supérieures à 6 ng/mL. Dans notre expérimentation, les femelles S48 ont eu, à J11PP, un taux moyen de P4 de 1,18 ng/mL. Une hypothèse pourrait expliquer l'élévation plus marquée de P4 dans le groupe S48. Selon Boiti *et al.*, (2006), un stress « léger » (« mild » en anglais) active l'axe Hypothalamo-Hypophysaire-Surrénalien de la lapine, et provoque une augmentation de la sécrétion de P4 par le cortex des surrénales. La séparation mère-portée de 48 heures pourrait alors constituer un stress léger pour la femelle.

Aucune étude n'a encore exploré le comportement de la lapine durant la période de séparation. Dans nos conditions expérimentales, les lapines des groupes S48 et AC48 tentaient à plusieurs reprises d'ouvrir l'entrée de la boîte à nid durant la période de séparation.

3.4. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique du cortisol.

Les concentrations plasmatiques de cortisol enregistrées chez les lapines locales ont été plus élevées que celles rapportées chez les lapines non allaitantes (Szeto *et al.*, 2004). Chez les lapins, le cortisol plasmatique décrit une variation circadienne, avec le pic de sécrétion à 12:00 a.m., et le nadir à 6:00 a.m. Nos échantillons sanguins ont été collectés entre 11:00-12:00 a.m., soit au cours de la phase ascendante de la sécrétion du cortisol, ce qui pourrait expliquer ces taux relativement élevés. Chez le lapin, le cortisol et le corticostérone sanguins sont des indicateurs du stress (Szeto *et al.*, 2004). Selon nos données, les femelles des 3 groupes ont eu une baisse de cortisol entre J9-J11PP. Le stress lié à la contention et au prélèvement sanguin, a probablement été moins intense à J11 qu'à J9 PP, probablement du fait de l'habituation des lapines à être manipulées. Les techniques de séparation mère-portée n'ont pas modifié, de façon sensible, la sécrétion de cortisol. Selon Slattery et Neumann (2008), la lactation atténue les réactions au stress, notamment chez la femme et la ratte. La réponse au stress et la sensibilité de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien durant la lactation n'ont pas été complètement explorées chez la lapine.

3.5. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique du glucose.

Les valeurs moyennes de la glycémie relevées dans notre étude sont similaires à celles rapportées chez les lapines allaitantes NZB (Cardinalli *et al.*, 2009) et les lapines allaitantes de population locale algérienne (Saidj *et al.*, 2013). Chez la lapine locale, Saidj *et al.* (2013). observe une baisse de la glycémie entre J1 et J19 PP. Nous ne notons pas d'évolution similaire entre J9 et J11 PP, probablement du fait de l'intervalle de temps trop court. Néanmoins, les femelles du lot AC48 ont exprimé une légère baisse de leur glycémie.

Le glucose est un nutriment utilisé par la glande mammaire pour la synthèse des lipides du lait. Il représente également le principal substrat énergétique pour la folliculogénèse (Garcia-Garcia, 2012). Chez la primipare allaitante non-gestante,

la concentration plasmatique du glucose ne varie pas entre J11 et J25 PP (Garcia-Garcia et *al.*, 2012).

3.6. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique des triglycérides et du cholestérol

C'est sur les triglycérides sanguins que l'impact de la biostimulation s'est révélé être le plus marquant. Les lapines séparées 48 h de leur portée ont eu un pic très important des triglycérides plasmatiques. L'augmentation des TG reflète une mobilisation des lipides par les réserves énergétiques. La vie reproductive des lapines est positivement corrélée à leur capacité à mobiliser les réserves lipidiques. Chez la lapine allaitante, l'intensité de la lipomobilisation est dépendante des réserves de graisses corporelles ; les lapines qui disposent de peu de réserve ont une faible lipomobilisation (pour synthèse: Castellini et *al.*, 2010). Dans notre étude, l'élévation de la lipomobilisation serait probablement liée à l'arrêt de l'allaitement. En effet, selon Rebollar et *al.*, (2004a), l'importante accumulation de lait dans les glandes mammaires due à la suspension d'un épisode de tétée incommoderait la femelle, et se répercuterait sur son comportement alimentaire. Les lapines soumises à ce type de biostimulation montrent une baisse conséquente (- 42 %) de leur consommation durant toute la période de séparation (Rebollar et *al.*, 2004a). L'élévation significative des TG résulterait d'une mobilisation des substrats énergétiques, afin de compenser la réduction de l'ingéré. Selon Scendrö et *al.*, (1999), une séparation de 48 heures modifie la composition du lait, et augmente notamment son taux de graisse.

Nous n'avons pas relevé d'impact des techniques de biostimulation sur le taux de cholestérol. Chez la lapine, la cholestérolémie évolue différemment selon le stade physiologique. Elle baisse régulièrement durant la gestation, remonte rapidement après la mise-bas (Quid et Ziversmit, 1986) puis se stabilise entre J8 et J14 de la lactation (Viard-Drouet et *al.*, 1984). Chez la primipare de population locale algérienne, les taux plasmatiques de cholestérol baissent entre J1 et J19 PP (Saidj et *al.*, 2013).

3.7. Effet des techniques de biostimulation sur le taux plasmatique des protéines totales.

Chez la lapine, les concentrations plasmatiques des protéines totales varient entre 5,4 et 7,5g/dL (Mellilo 2007). Les taux des protéines totales relevés dans notre étude sont conformes à ceux reportés par Garcia-Garcia et *al.*, (2012) chez les primipares allaitantes de souche croisée Californienne et NZB. Cet auteur note que la protéinémie augmente de la mise-bas jusqu'au 11^{ème} jour PP, puis se stabilise jusqu'au 25ème jour PP. Nous retrouvons également une tendance à l'augmentation des taux entre J9 et J11. Dans nos conditions expérimentales, les techniques de biostimulation n'ont pas affecté les concentrations plasmatiques des protéines totales.

Conclusion

Oestradiol et Progestérone. Entre J9 et J11 PP, les lapines séparées 48 heures de leur portée (S48) ont une élévation importante des taux sanguins d'œstrogènes et de progestérone, tandis que l'évolution de ces hormones sexuelles n'a pas varié dans les groupes Témoin et AC48.

Testostérone. Entre J9 et J11 PP, les lapines des 2 groupes biostimulés ont eu une augmentation significative de la concentration plasmatique de testostérone.

Cortisol. Les méthodes de biostimulation basées sur des séparations transitoires mère-portée n'ont pas eu d'impact sur la production de cortisol.

Paramètres métaboliques. Les techniques de biostimulation n'ont pas affecté les taux sanguins de glucose, des protéines totales et de cholestérol. En revanche, l'application d'une séparation continue de 48 h a considérablement augmenté les concentrations des triglycérides à J11 postpartum

Discussion Générale

Cette étude a été menée dans l'objectif de tester des méthodes d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez la lapine allaitante de population locale algérienne. Les techniques expérimentées appartiennent aux méthodes dites de biostimulation. Le choix de ces techniques a été motivé par les avantages qu'elles présentent en comparaison des méthodes hormonales. Elles sont faciles d'application, n'utilisent aucune molécule chimique exogène et ne nécessitent pas de dispositif particulier ni de coût financier supplémentaire. Elles sont recommandées en tant que méthodes alternatives à l'emploi des hormones pour la maîtrise de la reproduction chez la lapine (Castellini et *al.*, 2010). Le recours à des techniques d'induction de l'œstrus chez la lapine allaitante est motivé par les faibles performances de reproduction chez ce type de femelle (Parigini-Bini et Xiccato, 1993). L'influence négative de la lactation est particulièrement marquée chez la primipare. La jeune lapine doit en effet couvrir les besoins énergétiques liés à la lactation et ceux liés à sa propre croissance encore inachevée.

En Algérie, les élevages cunicoles sont en majorité gérés selon un mode « traditionnel ». Les lapines sont notamment soumises à des saillies naturelles et la technique de l'insémination artificielle en est à ses premiers essais expérimentaux (Nabi, 2012). De ce fait, la maîtrise de la reproduction des lapines n'a pas encore trouvé tout son intérêt dans notre pays. Néanmoins, même en saillie naturelle, les techniques d'induction et de synchronisation de l'œstrus améliorent les performances reproductives des femelles et surtout permettent une conduite en bandes, avec pour principal avantage, un regroupement des mises-bas et des sevrages. Elles facilitent de ce fait la gestion de l'élevage.

1. Aspects méthodologiques.

1.1. Les animaux.

Dans cette étude, les lapines sur lesquelles ont été testées des techniques d'induction de l'œstrus appartiennent à la population locale algérienne, de phénotype coloré. Les performances zootechniques de ces lapines en première portée ont été analysées (expérimentation n°1), et, d'une manière générale, les résultats correspondent aux données bibliographiques relatives à ce type de

Tableau 11.1. Performances zootechniques de la lapine de population locale algérienne : caractéristiques de la portée à la naissance (Synthèse bibliographique et résultats de l'étude).

NT (n)	NV (n)	Poids du NN (g)	Poids portée (g)	Morti natalité (%)	Auteurs
6,7	6,6	45,5	--	7,5	Abdelli et Berchiche* 2012
7,2	6,5	--	--	8,6	Belhadi** 2004
7,4		51,9	356,5	4,0	Moumen 2007
7,3	5,6		298,1		Moulla et al.* 2005
7,2	6,1	49,4	292,0	16,4	Zerrouki et al.* 2005c
7,5	--	--	341,0	12,7	Berchiche et Kadi* 2002
6,6	5,8	46,4	259,0	14,2	Zerrouki et al.** 2005c
6,7	6,2	61,0	357,0	13,4	Gacem et al.* 2013
7,9	7,5	52,1	--	5,0	Fellous et al.* 2012
7,2	6,3	48,1	324,2	11,4	Saidj * 2006
7,4	6,4	51,3	363,4	13,6	Remas* 2001
7,0	6,1	52,1	361,2	13,2	Nos résultats**

*NT : nés totaux ; NV : nés vivants ; NN : nouveau né ; PPN : Poids de la portée à la naissance ; * : toute parité confondue ; ** en première portée ; Les données personnelles sur les caractéristiques des portées à la naissance ont été évaluées sur 168 femelles, tandis que celles se rapportant au sevrage ont été enregistrées sur 34 portées (lot Témoin)*

lapines (Zerrouki et *al.*, 2005 ; Berchiche et *al.*, 2005 ; Fellous et *al.*, 2012, Belhadi, 2004 ; Mazouzi-Hadid et *al.*, 2012). L'échantillon d'animaux qui a participé à notre expérimentation peut, de ce fait, être considéré comme représentatif de la population cunicole locale (Tableaux 11.1 et 11.2).

Tableau 11.2. Performances zootechniques de la lapine de population locale algérienne : caractéristiques de la portée au sevrage (Synthèse bibliographique et résultats de l'étude)

Taille portée sevrage (n)	Poids portée sevrage (g)	Mortalité Naissance sevrage (%)	Poids individuel au sevrage (g)	Auteurs
5,0 (J30)	--	42,4	434,4 (J30)	Abdelli et Berchiche* (2012)
5,8	--	11,6	--	Belhadi** (2004)
6,1 (J28)		2	408,0 (J28)	Moumen (2007)
2.9	2084,7	> 50	579.3	Moulla et <i>al.</i> * (2005)
5,4 (J28)	2289,0 (J28)	13,3	451,0 (J28)	Zerrouki et <i>al.</i> * (2005c)
5.6	2258,0	--	--	Berchiche et Kadi* (2002)
5,2 (J28)	2125,0 (J28)	14,6	444,0 (J28)	Zerrouki et <i>al.</i> ** (2005c)
5,4 (J35)	2864,0 (J35)	11,0	565,0 (J35)	Gacem et <i>al.</i> * (2013)
--	--	12,2	650,0 (J35)	Fellous et <i>al.</i> * (2012)
4,2 (J35)		37,3	536,2 (J35)	Saidj* (2006)
3,9 (J35)	3575,7	39,2	629 (J35)	Remas* (2001)
5,7 (J35)	2904,8 (J35)	10,5	519,3 (J35)	Nos résultats**

* : toute parité confondue ; ** : première portée

1.2. La gestion de la reproduction.

Notre protocole expérimental s'est porté sur le choix d'un allaitement libre des portées, exception faite durant les périodes de séparation. La majorité des travaux soulignent, en effet, le manque d'efficacité des techniques de séparations lorsque les lapines sont soumises, avant la biostimulation, à un allaitement contrôlé (Scendrö et *al.*, 1999).

1.3. L'égalisation des portées.

Tester différentes techniques d'induction de la réceptivité sexuelle chez des lapines allaitantes requiert en premier lieu l'homogénéisation des portées. En effet, la taille des portées allaitées influence le comportement sexuel des lapines ; les femelles allaitant de petites portées sont les plus réceptives (Diaz et *al.*, 1988). Pour l'égalisation des portées, nous avons procédé à l'adoption des lapereaux (6-7 pour les primipares ; 7-8 pour les multipares). Ce procédé a donné des résultats très satisfaisants chez la lapine locale, puisque nous n'avons pas relevé de rejet des lapereaux mis en adoption. Dans certains cas, le nombre de nouveau-nés ne permettait pas d'obtenir les tailles de portée désirées ; nous avons alors procédé à une répartition équitable des portées de [4-5] lapereaux, et exclu du protocole celles ayant un nombre ≤ 3 lapereaux. Dans nos procédés d'égalisation des portées, nous n'avons toutefois pas tenu compte du poids des lapereaux. Szendrö (2008) recommande de pratiquer l'adoption en prenant en compte le nombre mais également le poids des lapereaux. L'auteur souligne l'intérêt d'homogénéiser le poids des lapereaux. Cette pratique permettrait de réduire la mortalité naissance-sevrage.

1.4. Les techniques de biostimulation testées.

Notre étude a ciblé les techniques basées sur des séparations ponctuelles mère-portée. Selon Castellini et *al.* (2010), ces techniques offrent les meilleurs résultats, similaires à ceux obtenus avec l'eCG. Nous avons opté pour des durées de séparations de 48 heures, les durées de 24 heures n'ayant pas toujours été

concluantes selon les données bibliographiques (Alvariño et *al.*, 1998 ; Theau-Clément et Mercier, 2002). La séparation a été appliquée entre J9-J11PP, avec une saillie réalisée à J11 PP. Ce planning correspond au rythme semi-intensif, qui est le rythme de reproduction le plus répandu en élevage cunicole, tant dans les pays européens, qu'en Algérie.

Les moyens de séparation mère-portée. Pour l'ensemble des séparations, nous avons fermé le clapet métallique qui sépare la cage maternelle de la boîte à nid. Toutefois, ce procédé permettait aux lapines de voir leur portée. Nous avons alors inséré entre la cage maternelle et la boîte à nid une plaque en contre-plaqué confectionnée à cet effet. Avec ce procédé, seuls les stimuli auditifs et olfactifs issus de la boîte à nid pouvaient parvenir aux lapines, tandis que les stimuli visuels étaient abolis. Selon Eiben et *al.* (2007), les moyens de séparations exercent une influence sur les taux de réceptivité : les meilleurs résultats sont obtenus lorsque l'ensemble des stimuli émanant des lapereaux sont supprimés, grâce à un déplacement de la femelle. Ce type de manipulation est néanmoins difficile à mettre en application dans les élevages intensifs.

Le choix du moment de la saillie (avant ou après le 1^{er} allaitement suivant la séparation). La majorité des travaux sur les effets des séparation-mère-portée ont utilisé des inséminations artificielles. Dans ces conditions, le moment de la saillie (avant ou après le 1^{er} allaitement suivant la séparation) n'interférait pas avec la réceptivité de la lapine, qui était évaluée grâce aux caractéristiques externes de la vulve. Dans nos conditions expérimentales (saillie naturelle), le moment de la présentation aux mâles pouvait exercer un impact sur le taux d'acceptation de la saillie. Nous avons de ce fait choisi de tester la réceptivité des lapines biostimulées avant la tétée, et pour les femelles non-réceptives, de les tester à nouveau immédiatement après la tétée.

2. Effets des techniques de biostimulation

Les tableaux 11.3 à 11.8 présentent une synthèse des données bibliographiques ainsi que des principaux résultats de notre étude.

2.1. La technique S48.

La séparation mère-portée appliquée entre J9-J11 PP a donné des résultats différents selon la parité des lapines. L'effet parité a été rapporté par plusieurs travaux (Virag, 1999 ; Scendro et *al.*, 1999 ; Bonnano et *al.*, 1999 ; Rebollar et *al.*, 2006). Dans notre étude, cette technique, même si elle a significativement amélioré la réceptivité des primipares (+31,7%), n'a pas eu d'impact sur leur fertilité (Tableau 11.3), conformément aux données de Bonnano et *al.* (2002). En revanche, les multipares séparées 48 h ont vu accroître leur taux de réceptivité (+42,9%) et de fertilité (+35,0% ; Tableau 11.4). Selon Maertens et *al.* (1995), l'insémination après sevrage (rythme de reproduction extensif) serait plus adaptée au statut métabolique particulier des primipares, qui se caractérise par un important déficit durant la lactation.

Nos résultats ont montré que les lapines avaient une meilleure réceptivité après la tétée. Une observation analogue a été relevée par Bonnano et *al.* (1999), néanmoins cet auteur n'a pas communiqué, sur ce point, de chiffres précis. Selon Rebollar et *al.* (2004a), la suppression d'un épisode d'allaitement aboutirait à l'accumulation de lait dans les glandes mammaires, ce qui provoquerait une malaise chez les lapines. Cette gêne pourrait réduire la libido des femelles, et expliquer la meilleure réceptivité immédiatement après la tétée.

L'élément négatif de cette technique est lié au taux élevé de mortalité des lapereaux, particulièrement entre J21-J28 PP chez les primipares (+6,9%) et entre J9-J14 chez les multipares (+8,0%). Nous l'expliquons par des réserves énergétiques insuffisantes des jeunes lapereaux, qui ne leur permettraient pas de supporter un jeûne prolongé. A l'exception des travaux de Moura et *al.* (2003) et Rebollar (2006b), les études sur ce type de biostimulation ne relèvent pas d'augmentation de la mortalité des lapereaux. Selon nos données, le traitement S48 n'a cependant pas affecté de manière significative la taille moyenne des portées au sevrage. Les portées S48 présentaient à J35 un poids inférieur à ceux des autres groupes, la différence n'est cependant pas apparue significative. Ces données sur la taille et le poids des portées au sevrage concordent avec celles de la bibliographie (Alvarinò et *al.*, 1999 ; Virag et *al.*, 1999 ; Bonnano et *al.*, 2004).

Chez les lapines S48, nous avons noté à J11PP une augmentation des taux plasmatiques d'œstradiol, de progestérone et de testostérone, traduisant une

stimulation de l'activité stéroïde de l'ovaire (Tableau 11.7). Notre étude est, à notre connaissance, la première à mettre en évidence l'effet de la séparation sur les taux plasmatiques de testostérone. Chez la lapine, l'œstradiol et la testostérone induisent la réceptivité sexuelle (Beyer et Mc Donald, 1973). L'augmentation de la progestérone, bien que significative dans le lot S48, n'a pas été suffisamment importante pour inhiber l'œstrus. Des taux de P4 \geq 6ng/mL sont nécessaires pour annihiler le comportement sexuel des lapines (Theau-Clément et *al.*, 2008). La concentration moyenne de P4 relevée chez les lapines S48 à J11PP a été de 1,18 ng/mL. Enfin, la séparation n'a pas modifié la sécrétion de cortisol ; cette technique ne constituerait pas, en conséquence, un stress suffisamment important pour activer l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien de la femelle. L'analyse des paramètres métaboliques a montré une très nette élévation des taux sanguins des triglycérides, tandis que ceux du glucose, du cholestérol et des protéines n'ont pas varié. A notre connaissance, la bibliographie ne comporte pas d'études sur les effets métaboliques des techniques de séparation. L'augmentation des triglycérides traduirait une mobilisation des lipides, consécutive probablement à une baisse de l'ingestion alimentaire chez les lapines séparées. En effet, les lapines soumises à une séparation de 48h réduisent leur consommation de manière conséquente (- 42% ; Rebollar et *al.*, 2004a).

2.2. La technique AC48.

L'allaitement contrôlé appliquée 48h avant la saillie a eu des effets positifs sur la réceptivité (+36,3%) et la fertilité (+43,6%) des lapines multipares (Tableau 11.6). Il y a lieu cependant de noter que la fertilité des multipares Témoin a été particulièrement faible (33,3%). Des taux similaires de fertilité (37,0%) ont été décrits chez la lapine multipare allaitante de population locale (Mazouzi-Hadid, 2008). Theau-Clément et *al.* (2005d) souligne la grande variabilité de la fertilité du lot témoin reportée dans les différentes recherches (de 33% à 82 %), malgré des conditions expérimentales similaires. L'origine de ces disparités n'est pas expliquée.

Dans nos conditions expérimentales, la technique d'allaitement contrôlé n'a pas amélioré les performances des primipares. Nos résultats rejoignent, dans l'ensemble, ceux rapportés par diverses études (Bonnano et *al.*, 2004 ; Eiben et

al., (2013). Chez la primipare, l'allaitement contrôlé (AC48), appliqué entre J9 et J11 du postpartum, a toutefois positivement influencé le poids des lapereaux au sevrage (+31,4 g en comparaison des lapereaux Témoin, $P < 0,001$). Cet effet bénéfique sur le poids des lapereaux au sevrage n'a pas été observé chez les multipares. Nos données révèlent également que les lapereaux des lapines AC48, primipares et multipares, avaient le plus faible taux de mortalité entre J9-J35 PP.

L'allaitement contrôlé (AC48) a augmenté significativement la sécrétion de testostérone tandis que le taux d'œstradiol n'a pas varié (Tableau 11.7). Nous précisons que les analyses hormonales ont été réalisées uniquement sur des primipares. Pour cette parité, l'allaitement contrôlé n'a pas modifié la réceptivité sexuelle, ce qui concorde avec les résultats obtenus sur l'œstradiolémie. L'évolution des triglycérides, du cholestérol et des protéines n'a pas varié après 48 h d'allaitement contrôlé (Tableau 11.8).

Entre J9-J11, l'évolution de ces paramètres a été similaire dans les lots AC48 et Témoin. Ces données suggèrent que le statut métabolique des lapines AC48 et Témoin serait identique. Nous expliquons cela par le fait que l'allaitement contrôlé implique un seul épisode de tétée par jour, ce qui représente la fréquence d'allaitement physiologique de la lapine (Zarrow et *al.*, 1965). Néanmoins, des études plus récentes montrent qu'un faible pourcentage de lapines (15%) allaite sa portée deux fois par jour, particulièrement durant la deuxième semaine de lactation (Synthèse : Gidenne et Lebas, 2005)

Tableau 11.3. Effets d'une séparation mère-portée de 36-48 h avant insémination chez la lapine primipare (synthèse de données bibliographiques et résultats de l'étude)

PP (jour)	Durée (heure)	Parité	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Prolificté (nés totaux)	Auteurs
J9-J11	48 h	Primipare	-	+42,9% [61,5 vs. 18,6]	Ns [8,9 vs. 7,9]	Virag et al. (1999)
J9-J11*	48 h	Primipare	Ns [43,2 vs. 32,6]	Ns [61,5 vs. 51,0]	Ns [8,8 vs. 8,1]	Szendrö et al. (1999)
J9-J10	39 h	Primipare	Ns [87,5 vs. 87,9]	Ns [53,1 vs. 57,6]	-	Moura et al. (2003)
J9-J11	48 h	Primipare	+31,7% [87,5 vs. 55,8]	Ns [73,6 vs. 53,3]	Ns [5,7 vs. 6,6]	Nos résultats

(*Allaitement contrôlé avant et après la séparation. Ns : non significatif pour $P < 0,05$; - : non communiqué; P : primipare; M : multipare; lapine biostimulée vs. lapine témoin)

Tableau 11.4. Effets d'une séparation mère-portée de 36-48 h avant insémination chez la lapine multipare (synthèse de données bibliographiques et résultats de l'étude)

PP (jour)	Durée (heure)	Parité	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Proliféricité (nés totaux)	Auteurs
J2-J4	48 h	Multipare	-	+ 34,4% [81,8 vs. 47,4]	+0.7 [8,3 vs. 7,6]	Alvarinò et al.(1998)
J9-J11	48 h	Multipare	-	Ns [81,6 vs. 75,1]	Ns [8,9 vs. 9,3]	Alvarinò et al.(1998)
J9-J11	48 h	Multipare	+35% [58,0 vs. 23,0]	Ns [100 vs. 83,3]	Ns [9,1 vs. 9,2]	Ubilla et al.(2000)
J9-J10	39 h	Multipare (<5)	Ns [92,6 vs. 93,6]	Ns [68,8 vs. 70,1]	-	Moura et al.(2003)
J9-J11	48 h	Multipare (<5)	+42,9% [86,6 vs. 43,7]	+38,1% [71,4 vs. 33,3]	Ns [8,0 vs. 7,6]	Nos résultats

(*Allaitement contrôlé avant et après la séparation. Ns : non significatif pour $P < 0,05$; - : non communiqué ; P : primipare ; M : multipare ; lapine biostimulée vs. lapine témoin)

Tableau 11.5. Effets d'une séparation mère-portée de 36-48 h avant insémination chez les lapines primipares et multipares (synthèse de données bibliographiques et résultats de l'étude)

PP (jour)	Durée (heure)	Parité	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Proliféricité (nés totaux)	Auteurs
J9-J11	40 h	Primipare & Multipare	+ 38% [78,8 vs. 40,8]	P : + 30,3% M : Ns	+ 1,2 [8,5 vs. 7,5]	<u>Maertens</u> et al.1998
J9-J11	48 h	Primipare & Multipare	+ 20,5% [74,2 vs. 53,7]	+ 22,6% [69,2 vs. 46,6]	Ns [8,6 vs. 8,1]	Bonnano et al. 2000
J9-J11	48 h	Primipare & Multipare	Ns [65,5 vs. 58,2]	+ 23,9% [67,2 vs. 43,3]	Ns [7,5 vs. 7,0]	Bonnano et al. 2002
J9-J11	48 h	Primipare & Multipare	Ns 62,7 vs. 70,6	+15,3% 60,9 vs. 44,1	Ns 9,0 vs. 8,8	Bonnano et al.2004
J2-J4	48 h	Primipare & Multipare	-	+ 19,0% 77,1 vs. 58,1	+ 1,5 8,4 vs. 6,9	<u>Rebollar</u> et al.2006
J9-J11	48 h	Primipare & Multipare	+ 18,1% 76,3 vs. 58,2	+14,7% 63,1 vs. 48,4	NS 7,8 vs. 8,7	<u>Rebollar</u> et al.2008
J10-J12	48 h	Primipare & Multipare	Ns 75,6 vs. 78,7	+ 9,0% 71,1 vs. 61,7	+ 0,6 6,5 vs. 5,9	<u>Kouinhouin</u> et al.2009
J9-J11	48 h	Primipare & Multipare	+35,2% 87,2 vs. 52,0	+28,3% 72,7 vs. 44,4	Ns 6,7 vs. 6,9	Nos résultats

(*Allaitement contrôlé avant et après la séparation. Ns : non significatif pour $P < 0,05$; - : non communiqué ; P : primipare ; M : multipare ; lapine biostimulée vs. lapine témoin)

Tableau 11.6. Effets de l'allaitement contrôlé chez la lapine inséminée à J11 postpartum (synthèse de données bibliographiques et résultats de l'étude)

PP (jour)	Durée (heure)	Parité	Réceptivité (%)	Fertilité (%)	Proliféricité (nés totaux)	Auteurs
J9-J10	2 x 24 h	Primipare & Multipare	Ns 64,9 vs. 70,6	+16,8% 59,4 vs. 44,1	Ns 8,4 vs. 8,8	Bonnano et al. 2004
J9-J10	2 x 24 h	Primipare & Multipare	Ns 48,0 vs. 35,0	Ns 78,5 vs. 77,8	Ns 8,7 vs. 8,6	Matics et al. 2004
J8-J10	3 x 24 h	Primipare & Multipare	+21% 56,0 vs. 35,0	Ns 78,5 vs. 80,3	+1,2 9,8 vs. 8,6	Matics et al. 2004
J9-J11	3 x 24 h	Multipare	Ns 80,0 vs. 82,9	+16,2% 87,8 vs. 71,6	+1,2 9,0 vs. 7,8*	Eiben et al. 2013
J9-J11	2 x 24 h	Primipare	Ns 57,5 vs. 55,8	Ns 47,3 vs. 53,3	Ns 6,8 vs. 6,6	Nos résultats
J9-J11	2 x 24 h	Multipare	+36,3% 80,0 vs. 43,7	+43,6% 76,9 vs. 33,3	Ns 7,8 vs. 7,6	Nos résultats
J9-J11	2 x 24 h	Primipare & Multipare	Ns 64,5 vs. 52,0	Ns 60,0 vs. 44,4	Ns 7,4 vs. 6,9	Nos résultats

(PP : postpartum ; Ns : non significatif pour $P < 0,05$; * : nés vivants ; lapine *biostimulée* vs. lapine témoin).



Tableau 11.7. Effets de la séparation mère-portée sur les hormones stéroïdes sexuelles chez la lapine de population locale (Résultats de l'étude)

Jour PP	Durée* (Témoïn)	Estradiol (pg/mL)	Testostérone (pg/mL)	Progestérone (pg/mL)	Cortisol (ng/mL)
J9-J11	0 h				
		Ns	Ns	Ns	Ns
J9-J11	48 h	+ 89,3 pg/mL	+ 61,7 pg/mL	+ 0,53 ng/mL	
	(S48)	289,3 vs. 200,3	165,5 vs. 103,8	1,18 vs. 0,65	Ns
J9-J11	2 x 24h		+ 50.5 pg/mL		
	(AC48)	Ns	161,5 vs. 111,0	Ns	Ns

(*durée de la séparation mère-portée; Valeurs J11 vs. J9 ; PP : Postpartum ; h : heure ; Ns : non significatif pour $p > 0,05$)

□

Tableau 11.8. Effets de la séparation mère-portée sur les paramètres métaboliques chez la lapine de population locale (Résultats de l'étude)

Jour	Durée*	Glucose	Triglycérides	Cholestérol	Protéines totales
PP	(h)	(mg/dL)	(mg/dL)	(mg/dL)	(g/dL)
J9-J11	0 h	Ns	Ns	Ns	Ns
	(Témoin)				
J9-J11	48 h	Ns	+109,1 mg/dL	Ns	Ns
	(S48)		14,2 vs. 116,1		
J9-J11	2 x 24h	Ns	Ns	Ns	Ns
	(AC48)				

(*durée de la séparation ; Données J11 vs. J9 ; PP : Postpartum ; h : heure ; NS : non significatif pour $p > 0.05$)

Conclusion générale

Les techniques de biostimulation basées sur une modification de l'allaitement 48h avant la saillie, offrent des perspectives très intéressantes, en tant que méthodes d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez la lapine de population locale. Elles ont permis d'augmenter la productivité des lapines.

Les résultats dépendent néanmoins de la parité des femelles. Chez la lapine multipare, les deux techniques testées, allaitement contrôlé appliqué 48h avant la saillie et séparation continue de 48h, ont significativement amélioré les taux de réceptivité et de fertilité. Chez la primipare, seule la séparation continue de 48h a permis d'augmenter le taux de lapines en œstrus, sans amélioration significative de la fertilité. Pour cette parité, un allaitement contrôlé pratiqué 48 heures avant la saillie, a influencé positivement la croissance des lapereaux.

Chez la lapine locale, l'augmentation de la mortalité des lapereaux soumis à un jeûne de 48h nous conduit néanmoins à ne pas recommander la séparation continue de 48h en tant que technique d'induction de l'œstrus. Les méthodes de biostimulation doivent, en effet, répondre à divers critères, dont celui du bien-être animal (Castellini et *al.*, 2010). Dans la séparation continue, il y a privation de toute alimentation durant 2 jours successifs sur des lapereaux âgés de 9 jours. Selon nous, ce jeûne imposé à de très jeunes lapereaux ne sied pas à la notion de bien-être animal. En revanche, l'allaitement contrôlé appliqué 48h avant la saillie a amélioré les performances reproductives des lapines multipares, sans affecter la croissance des lapereaux. L'allaitement contrôlé reproduit par ailleurs le comportement maternel physiologique des lapines.

Recommandations

Sur la base des résultats obtenus dans notre étude, nous préconisons les recommandations suivantes :

- La mise à la reproduction des lapines ayant une **vulve rouge turgescente ou rose turgescente**, afin d'optimiser les performances de reproduction.

- La présentation des lapines à un **2^{ème} mâle** en cas de refus du premier, permet d'augmenter le nombre de femelles réceptives de 10% environ.
- Le choix du jour de la saillie en fonction **du rythme reproductif adopté**. En rythme semi-intensif de la reproduction, les jours 10 et 11 postpartum offrent les meilleurs taux d'acceptation du mâle. En rythme extensif de la reproduction (saillie en postsevrage), il est préférable de présenter les lapines aux mâles 72 heures après le sevrage, afin d'avoir un taux optimal de femelles réceptives. En rythme intensif de la reproduction, la saillie des lapines doit être fixée au lendemain de la mise-bas (J1 postpartum) ; la réceptivité sexuelle est en revanche à son niveau le plus bas entre J2 et J7 postpartum.
- Le **placement des boîtes à nid** doit de préférence avoir lieu au moins une semaine avant la date présumée de mise-bas, pour que la femelle puisse extérioriser un comportement maternel naturel (creusement, construction du nid).
- **Les copeaux** utilisés pour tapisser les boîtes à nid ne doivent pas être trop fins et filamenteux. Les lapines peuvent les ingérer et souffrir de troubles digestifs souvent mortels.
- **L'homogénéisation de la taille et du poids** des portées après la mise-bas.
- **L'application d'une méthode d'induction de l'œstrus grâce à un allaitement contrôlé entre J9-J11 postpartum** (dans le rythme de reproduction semi-intensif, avec saillie à J11 postpartum). Avant la fermeture des boîtes à nid au 9^{ème} jour postpartum, placer la lapine avec ses lapereaux, pour lui donner la possibilité d'allaiter sa portée.
- **Les moyens de séparation utilisés** doivent empêcher la lapine de voir sa portée (insertion d'une plaque en contre-plaqué entre la cage maternelle et la boîte à nid).
- **A J11 postpartum**, présenter les lapines biostimulées aux mâles, immédiatement après l'épisode de tétée.

Perspectives

Les méthodes de biostimulations appliquées dans notre recherche ont donné des résultats satisfaisants chez les multipares (Parité ≤ 4). En revanche, elles n'ont pas amélioré la fertilité des primipares. Des recherches devront être entreprises afin de définir une technique de biostimulation plus efficace chez cette catégorie de lapine, par exemple, en modifiant la durée de l'allaitement contrôlé. Nous proposons ainsi de tester chez les lapines primipares de population locale un allaitement contrôlé durant les 3 jours qui précèdent la saillie, soit entre J8-J11. Ce procédé a permis d'améliorer significativement la fertilité et la prolificité des lapines multipares (Eiben et *al.*, 2013).

Des travaux doivent par ailleurs être menés afin de tester la durabilité des méthodes de biostimulation et d'évaluer leur impact à long terme sur la productivité globale des lapines (Theau-Clément, 2005a). En parallèle, la formulation d'un aliment qui réponde spécifiquement aux besoins énergétiques des lapines allaitantes de population locale, mais également à ceux des lapereaux sous la mère, contribuera à optimiser la productivité des élevages cynicoles en Algérie.

Liste des Références Bibliographiques

1. **Abdel-Ghaffar A.E., Aggag M.A., 1994.** Relation between vulva color and reproduction performance in rabbits using A.I. technique. *CIHEAM, Options Méditerranéennes*, 299-302.
2. **Abdelli O., Berchiche M., 2012.** Effet du phénotype de la lapine, de la qualité du nid et de la saison de mise bas sur la viabilité et la croissance des lapereaux de la population locale algérienne. *3ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*, 6 -10 novembre 2012 Marrakech, Maroc.
3. **Abdelli-Larbi O., Mazouzi-Hadad F., Berchiche M., Bolet G., Garreau H., Lebas F., 2014.** Pperformance re-weaning growth of kits of a local Algerian rabbit population: influence of dam coat color, parity and kindling season. *World Rabbit Science*, 22, (1), 231-240.
4. **Alvariño J.M.R., Del Arco J.A., Bueno A., 1998.** Effect of mother-litter separation on reproductive performance of lactating rabbit females inseminated on day 4 or 11 postpartum. *World Rabbit Science*, 6, (1), 191-194.
5. **Alvariño, J.M.R., Bueno A., Santiago M.E., Del Arco J.A. 1999.** Effect of doe-litter separation on survival and growth of young rabbits. *World Rabbit Science*, 7(3), 161-163.
6. **Anonyme 1.** Page web consultée le 15 janvier 2014 <http://classconnection.s3.amazonaws.com/6/flashcards/2136006/jpg/physio454-13E9E80821022ABE934.jpg>
7. **Anonyme 2.** Page web consultée le 14 avril 2014 http://www.cndp.fr/entrepot/fileadmin/docs/themadoc/Vivre_sa_sexualite/ThemaDoc_vivre-sa-sexualite.pdf
8. **Arias-Álvarez M., García-García RM., Torres-Rovira L., Gonzàles-Bulnes A., Rebollar P.G., Lorenzo PL., 2010.** Influence of non hormonal estrus synchronization methods on follicular and oocyte quality in primiparous lactating does at early postpartum period. *Theriogenology*, 73, 26-35.
9. **Azard A., 2006.** La production cunicole française : caractérisation des systèmes de production et perspectives d'évolution. *Rapport de l'Institut technique de l'aviciculture (ITAVI)*. http://www.itavi.asso.fr/economie/etudes/etude_cunicole2006.pdf
10. **Baker J., Baum M.J., 2000.** Neuroendocrine regulation of GnRH release in induced ovulators. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 21, 220-262.
11. **Balthazard J., Fabre-Nys C., 2001.** Le comportement sexuel. In : *La reproduction chez les mammifères et chez l'homme*, INRA Édition, Collection ellipses, 611-637.
12. **Batra S., Källstrand K., 1979.** Are there cyclic variations in estradiol secretion in the non-pregnant rabbits ? *Experientia*, 35 (5), 699-701.
13. **Baum M.J., Everitt B.J., Herbert J., Keverne E.B., 1977.** Hormonal basis of proceptivity and receptivity in female primates. *Archives of Sexual Behaviour*, 6 (3), 173-192.
14. **Beach F.A., 1976.** Sexual attractivity, proceptivity and receptivity. *Hormones and Behaviour*, 7,105-138.
15. **Bekyürek T., 1998.** The effects of GnRH on the fertility of angora rabbits in summer. *CIHEAM- Options méditerranées*. 123-126.
16. **Belabbas R., 2010.** Etude des principales composantes biologiques de la prolificité et facteurs de variation du poids fœtal chez la lapine de population locale (*Oryctolagus*

- cuniculus*). Mémoire de magister en sciences vétérinaires, Option Elevage et pathologie avicole et cunicole, ENSV, Alger.
17. **Belabbas R., Ilès I., Ainbaaziz H., Theau-Clément M., Berbar A., Boumahdi H., Boulbina I., Benali N., Temim S., 2013.** Characterisation of local algerian population of rabbit : factors influencing fetal and placental development. *Journal of Agricultural Science*, Volume 5 (3), 76-82.
 18. **Belhadi S., 2004.** Characterisation of local rabbit performances in Algeria: Environmental variation of litter size and weights. In: *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla (Mexico) Sept. 2004, WRSA ed (pp. 218-223).
 19. **Benali N., Ain Baziz H., Lounaouci G., Kaddour R., Belabas R., Djellout B., Temim S., 2011.** Caractérisation de deux populations de lapin local: performances de croissance, utilisation digestive, rendement à l'abattage et histométrie intestinale. *Livestock Research for Rural Development*, 23, Article #252.
 20. **Bennett A., Blasberg M.E., Blaustein J.D., 2002.** Mating stimulation required for mating reduced estrus abbreviation in female rats: effects of repeated testing. *Hormones and Behaviour*, 42, 206-211.
 21. **Berardinelli J.G., Tauck S.A., 2007.** Intensity of the biostimulatory effect of the bull on resorption of ovulatory activity in primiparous suckled beef cows. *Animal Reproduction Science*, 99 (1-2), 24-33.
 22. **Berchiche M., Cherfaoui D., Lounaouci G., Kadi S.A., 2012.** Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie. *3ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie*, 6 - 10 novembre 2012 Marrakech, Maroc
 23. **Berchiche, M., Kadi, S.A., 2002.** The kabyle rabbits (Algeria). *Options Méditerranéennes. Série B: Etudes et Recherches (CIHEAM)*, 15-19.
 24. **Berchiche M., Zerrouki N., Bolet G., 2005.** Evaluation des performances de reproduction des lapines de population locale. *3èmes Journées des Sciences Vétérinaires*, 10 et 11 Décembre 2005, ENSV, Alger.
 25. **Beyer C. et Mc Donald P., 1973.** Hormonal control of sexual behaviour in the female rabbit. *Advances in Reproductive Physiology*, 6, 185-219.
 26. **Beyer C., Hoffman K.L., González-Flores O., 2007.** Neuroendocrine regulation of estrous behavior in the rabbit: similarities and differences with the rat. *Hormones and Behaviour*, 52 (1), 2-11.
 27. **Biostat TGV (Biostatistique en ligne).** <http://marne.u707.jussieu.fr/biostatgv/>
 28. **Bodensteiner K.J., Sawyer H.R., Moeller C.L., Kane C.M., Pau K-Y. F., Klinefelter G.R., Veeramachaneni D.N.R., 2004.** Chronic exposure to dibromoacetic acid, a water disinfection by product, diminishes primordial follicle populations in the rabbit. *Toxicological Sciences*, 80, 83-91.
 29. **Boiti C., Castellini C., Canali C., Zampini D., Monaci M., 1995.** Long term effect of PMSG on rabbit does reproductive performance. *World Rabbit Science*, 3 (2), 51-55.
 30. **Boiti C., Canali C., Monaci M., Stradaoli G., Verini Supplizi A., Vacca C., Castellini C., Facchin E., 1996.** Effect of postpartum progesterone levels on receptivity, ovarian response, embryo quality and development in rabbits. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse*, 2, 45-50.
 31. **Boiti C., 1998.** International collaboration in rabbit reproduction research: presentation to the IRRG group. *World Rabbit Science*, 6 (1), 175-178.
 32. **Boiti C., Bonnanno A., Brecchia G., Alabiso M., Di Grigoli A., Zampini D., 2001.** Influence d'une séparation mère-portée pendant 48 heures sur la croissance des lapereaux

- et leur sensibilité à un stress. *Résumé des 9^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, France.
33. **Boiti C., 2004.** Underlying physiological mechanisms controlling the reproductive axis of rabbit does. In: *Proceeding of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico.
 34. **Boiti C., Besebfelder U., Brecchia G., Theau-Clément M., Zerani M., 2006.** Reproductive physiopathology of the rabbit doe. In *L. Maertens and P. Coudert: Recent advances in rabbit sciences. Cost action*, 848, 3-20.
 35. **Bonanno A., Budetta G., Alabiso M., Alicata M.L., 1990.** Effeti del trattamento PMSG-GnRH sull' efficienza ovulatoria delle coniglie. *Acta of Medicine Veterinary*, 36, 441-451.
 36. **Bonnano A., Alabiso M., Di Grigoli A., Alicata M.L., 1999.** Effect of change of cage and/or 44H mother-litter separation on productivity of non-receptive lactating rabbit does. Preliminary investigation. *World Rabbit Science*, 7 (2), 107-111.
 37. **Bonnano A., Alabiso M., Di Grigoli A., Alicata ML., Montalbano L., 2000.** Effect of a 48-hour doe-litter separation on performance of free or controlled nursing rabbit does. In: *Proceedings 7th World Rabbit Congress*, volume A, 97-103
 38. **Bonnano A., Di Grigoli A., Alabiso, M., Boiti C., 2002.** Parity and number of repeated doe-litter separation treatments affect differently the reproductive performances of lactating does. *World Rabbit Science*, 10 (2), 63-70.
 39. **Bonanno, A., Mazza, F., Alabiso, M., Di Grigoli, A., Alicata, M. L., 2003.** Effects of bio-stimulation induced by the presence of buck on reproductive performance of rabbit does. *Italian Journal of Animal Science*, 2(1S), 133-135.
 40. **Bonnano A., Mazza F., Di Grigoli A., Alabiso M., 2004.** Effects of a split 48H doe-litter separation on productivity of free nursing rabbit does and their litter. *Livestock Production Science*, 89, 287-295.
 41. **Boulbina I., 2011.** Caractérisation de la semence du lapin de population locale (*Oryctolagus cuniculus*). Mémoire de magister. Option Elevage et pathologie avicole et cunicole, ENSV, Alger.
 42. **Boulbina I., Ainbaaziz H., Ilès I., Belabbas R., Benali N., Zenia S., Temim S., 2012.** Effect of season of birth on onset of puberty and semen characteristics in male rabbits of local Algerian population (*Oryctolagus cuniculus*). *Livestock Research for Rural Development*, Volume 24 (1), 2012.
 43. **Boumahdi-Merad Z., 2012.** Etude de l'ovulation et des caractéristiques ovariennes chez les lapines de population locale en fonction de la réceptivité sexuelle dans la région de la Mitidja. Thèse de Doctorat, spécialité physiologie animale, Université Saad Dahleb, Blida, p. 324.
 44. **Boussit D., 1989.** Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. *Edition AFC*, 240 pages.
 45. **Brecchia G., Bonnano A., Galeati G., Dall'Aglio C., Di Grigoli A., Parrillo F., Boiti C., 2004.** Effects of short and long-term fasting on the ovarian axis and reproductive performance on rabbit does. *Proceeding of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 231-237.
 46. **Brecchia G., Bonnano A., Galeati G., Federici D., Maranesi M., Gobbetti A., Zerani M., Boiti C., 2006.** Hormonal and metabolic adaptation to fasting: effects on the hypothalamic-pituitary-ovarian axis and the reproductive performance of rabbit does. *Domestic Animal Endocrinology*, 31 (2), 105-122.
 47. **Brecchia, G., Bonanno, A., Dall'Aglio, C., Mercati, F., Zerani, M., Di Grigoli, A., Boiti, C. 2009.** Neuroendocrine responses in neonatal mother-deprived rabbits. *Brain Research* 1304:105-112.

48. Brice G., 2003. Le désaisonnement lumineux en production caprine. *Institut de l'élevage*. Page web consultée le 10 janvier 2014 : www.inst-elevage.asso.fr
49. Caillol M., Dauphin-Villemant C., Martinet L. 1983. Estrus behavior and circulating progesterone and estrogen levels during pseudopregnancy in the domestic rabbit. *Journal of Reproduction and Fertility*, 69, 179-186.
50. Caillol M., Solari A., Lefèbvre J., 1984. Changes in steroid concentrations in follicular fluid and sexual behavior during pseudopregnancy in the rabbit. *Reproduction, Development and Nutrition*, 24 (2), 85-105.
51. Cano, P., Jiménez-Ortega, V., Álvarez, M.P., Alvariño, M., Cardinali, D. P., Esquifino, A.I., 2005. Effect of rabbit doe-litter separation on 24-hour changes of luteinizing hormone, follicle stimulating hormone and prolactin release in female and male suckling pups. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 3(1), 50.
52. Cardinalli R., Dal Bosco A., Castellini C., Boiti C., Brechia G., 2009. Serum level of hormone and metabolites in pregnant rabbit doe. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (2), 778-780.
53. Castellini C., 1996. Recent advance in rabbit artificial insemination. In: *Proceeding of the 6th World Rabbit Congress*, 2, 13-26
54. Castellini C., Canali C., Boiti C., 1998. Effect of mother-litter separation for 24 hours by closing the nest-box or change of cage on rabbit doe reproduction performance. *World Rabbit Science*, 7 (3), 155-159.
55. Castellini, C., Dal Bosco, A., Arias-Álvarez, M., Lorenzo, P.L., Cardinali, R., Rebollar, P.G., 2010. The main factors affecting the reproductive performance of rabbit does: a review. *Animal Reproduction Science*, 122 (3), 174-182.
56. Cerbón MA., Camacho-Arrovo I., González-Mariscal G., 1996. The rabbit submandibular gland: sexual dimorphism, effects of gonadectomy, and variations across the female reproductive cycle. *Journal of Comparative Physiology A*, 178 (3), 351-357.
57. Challis J.R.G., Davies J., Ryan K.J., 1973. The concentrations of progesterone, estrone and estradiol-17- β in the plasma of pregnant rabbits. *Endocrinology*, 93, 971-973.
58. Chemineau P., Cognié Y., Thimonier J., 2001. La maîtrise de la reproduction des mammifères domestiques. In : *La reproduction chez les mammifères et chez l'homme*, INRA Édition, Collection ellipses, 793-815.
59. Cherfaoui D.J., Theau-Clément M., Zerrouki N., Berchiche M., 2013. Reproductive performance of male rabbits of algerianlocal population. *World Rabbit Science*, 21, 91-99.
60. Combes S., Gidenne T., Boucher S., Fortun-Lamothe L., Bolet G., Coureaud G., 2013. Lapereaux de la naissance au sevrage : quels outils pour des lapereaux plus robustes ? 15^{ème} Journée de la Recherche Cunicole, Le Mans, France, 63-77
61. Coudert P., Lebas F., 1984. Effets du rationnement alimentaire avant et après la première gestation sur la productivité et la morbidité des lapines reproductive. In : *Proceedings of the 3th World Rabbit Congress*, Rome, Italie.
62. Csatadi K., Altbacker V., Lengyel E., 2004. Vulva color and ano-genital distance as prediction of breeding status in the European rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Allatani Közlemenyek*, 891, 55-66.
63. Dahm-Kahler P., Löfman C., Axelsson P., Janson P.E., Bränntröm M., 2006. An intravital microscopy method permitting continuous long term observation of ovulation. *Human Reproduction*, 21 (3), 624-631.
64. Diaz P., Rodriguez J.M., Gosalvez L.F., Roman M.R., 1987. Cyclic ovarian activity in postpartum rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research* 10 (3),122-125
65. Diaz P., Gosalvez L.F., Rodriguez J.M., 1988. Sexual behaviour in the postpartum period of domestic rabbits. *Animal Reproduction Science*, 17, 251-257.

66. Djellal F., Mouhous A., Kadi S. A., 2006. Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development*, 18, Article #100.
67. Drion P.V., Remy B., Houtain J.Y., McNamara M., Baril G., Cognie Y., Theau-Clément M., Leboeuf B., Ectors F., Segers K., Beckers J.F., 1998. Utilisation répétée des gonadotropines exogènes dans le contrôle de la reproduction: justifications, relations, structure-activité biologique, effets secondaires potential. Une synthèse. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 142, 373-396.
68. Dufy-Barbe L., Dufy B., Vincent L.D., 1978. Serum gonadotropin levels in variectomized rabbit: effect of acute and chronic administration of estradiol. *Biology of Reproduction*, 18, 118-24.
69. Dupperay J., Eckenfelder B., Thebault T., Provost J.P., 1999. Effet du regroupement des lapines avant l'insémination sur leurs performances de reproduction. 8^{ème} Journées de Recherche Cunicole, Paris, France, 167-170.
70. Eiben C., Kustos K., Gódor-Surmann K., Kotány S., Theau-Clément M., Szendrő Z. 2004. Effect of nursing method on productivity of lactating rabbits. In : *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 263-269.
71. Eiben C.S., Tobias G., Kustos K., Gódor-Surmann K., Kotani S.Z., Gulyas B., Szira G., 2007. The change of nursing for oestrus induction (biostimulation). Effect of contact between rabbit doe and its young. *Livestock Science*, 111 (3), 193-203.
72. Eiben C., Gódor-Surmann K., Kustos K. 2013. Effect of a transitory controlled nursing on days 9–11 or a 24-h fast on the production of free-nursing rabbits. *Livestock Science*, 155(1), 148-156.
73. Eiler H., Bahr J., Nalbandov A.V., 1977. Ovarian steroids in the uterine lumina. I. Effect of LH injection and mating in rabbits. *Biology of Reproduction*, 17, 459-64.
74. Elsaesser F., 1980. Effects of active immunization against oestradiol-17 beta, testosterone or progesterone on receptivity in the female rabbit and evaluation of specificity. *Journal of Reproduction and Fertility*, 58, 213-218.
75. Erickson G.F., Ryan K.J., 1976. Stimulation of testosterone production in isolated rabbit thecal tissue by LH/FSH dibutyryl cyclic AMP, PGF₂ and PGE₂. *Endocrinology*, 99, 452-458.
76. Espinosa A., Rebollar P.G., Carabaño R., 2002. Effect of doe-litter separation on young rabbit's growth during lactating period. *Cost action 848 and ECVAM, Proceedings of Joint Scientific Meeting, Reproduction working group*, Varese, 2002, Italy.
77. F.A.O, 1988. Better Farming Series 37 - Raising Rabbits 2: Feeding Rabbits; Raising Baby Rabbits; Further Improvement (FAO, 1988, 49 p.). Page web consultée le 2 mars 2014
http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/lstock/001/minor_stock/faorabbits2/B102_3.HTM
78. Fellous N., Bereksi Reguig K., Ain Baziz H., 2012. Evaluation des performances zootechniques de reproduction des lapines de population locale Algérienne élevées en station expérimentale. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 24, Article #51.
79. Fortun-Lamothe L., Bolet G., 1995. Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. *INRA Productions Animales*, 8, 49-56.
80. Fortun-Lamothe A., Prunier A., 1999. Effects of lactation, energetic deficit and remating interval on reproductive performance in primiparous rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 55, 289-298.

81. Fortun-Lamothe L., 2006. Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 93, 1-15.
82. Frye C.A., Baron L.E., Pursnani N.K., Purdy R.H., 1998. The neurosteroids, progesterone and 3 alpha, 5 alpha THP, enhance sexual motivation, receptivity and proceptivity in females rats. *Brain Research*, 12, 808 (1), 72-83.
83. Frye C.A., Vongher J.M., 2001. Progesterone and 3 alpha, 5 alpha TPH enhance sexual receptivity in mice. *Behavioural Neurosciences*, 115 (5), 1118-28.
84. Gacem M. et Bolet G., 2005. Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 29 et 30 novembre 2005, Paris.
85. Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2009. Comparaison des performances de production d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie. *13èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 17 et 18 novembre, Le Mans, France.
86. Garcia-Garcia R.M., 2012. Integrative control of energy balance and reproduction in females. *ISNR Veterinary Science*, volume 2012, Article ID 121389, 1-13.
87. Garcia-Garcia R.M., Sakr O.G., Arias-Alvarez M., Velasco B., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. 2012. Metabolic and reproductive status are not improved from 11 to 25 day post-partum in non-weaned primiparous rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 131: 100-106.
88. Gidenne T., Lebas F., 2005. Le comportement alimentaire du lapin. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 novembre, Paris.
89. Gómez R.B., Becerril P., Torres H.G., Pro M.A., Rodriguez De Lara F., 2005. Relationship among feeding level, change of cage and fasting with vulva color and sexual receptivity in New Zealand White and Californian nulliparous does. *Proceeding of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 270-275.
90. Gonçalves, H., Alves, P. C., Rocha, A., 2002. Seasonal variation in the reproductive activity of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus algirus*) in a Mediterranean ecosystem. *Wildlife Research*, 29(2), 165-173.
91. Gonzalez-Mariscal G., Diaz-Sanchez V., Melo A.I., Beyer C., Rosenblatt J.S., 1994. Maternal behavior in New Zealand white rabbits: quantification of somatic events, motor patterns, and steroid plasma levels. *Physiology of Behaviour*, 55, 6, 1081-1089.
92. González-Mariscal G., Albonetti M.E., Cuamatzi E., Beyer C., 1997. Transitory inhibition of scent marking by copulation in male and female rabbits. *Animal Behaviour*, 53(2), 323-333.
93. Gonzalez-Mariscal G., 2012. Review: How can research in laboratory contribute to cuniculture on the farm? *Tropical and subtropical agroecosystems*, 15 (1), 71-78.
94. Gosalvez L.F., Rodriguez J.M., Díaz P. 1985. Comportamiento sexual de la coneja en post-parto. *X Symposium de Cunicultura*, 19-20 November, Barcelona, 29-44.
95. Graphpad InStat Software, Inc. 2236 Avenida de la Playa, La Jolla, CA 92037 USA <http://www.graphpad.com/company/>
96. Hilliard J., Pang C.N., Scaramuzzi R.J., Penardi R., Sawyer C.H., 1974a. Secretion rates of estradiol, testosterone and progesterone from right and left rabbit ovaries cannulated concurrently or successively. *Biology of Reproduction*, 10, 364-369.
97. Hilliard J., Scaramuzzi R.J., Pang C.N., Penardi R., Sawyer C.H., 1974b. Testosterone secretion by rabbit ovary in vivo. *Endocrinology*, 94, 267-271.
98. Hoffman K.L., González-Mariscal G., 2006. Progesterone receptor activation signals behavioral transitions across the reproductive cycle of the female rabbit. *Hormones and Behaviour*, 50 (1), 154-168.

99. Hoffman K.L., Gonzalez-Mariscal G., 2007. Relevance of ovarian signaling for the early behavioral transition from oestrus to pregnancy in the female rabbit. *Hormones and Behavior*, 52 (4), 531-539.
100. Holt J.A., 1989. Regulation of Progesterone production in the rabbit corpus luteum. *Biology of Reproduction*, 40, 201-208.
101. Hudson R., Gonzalez-Mariscal G., Beyer C., 1990. Chin marking behavior, sexual receptivity and pheromone emission in steroid-treated, ovariectomized rabbits. *Hormones and behaviour*, 24 (1), 1-13.
102. Hudson R., Vodermayr T., 1992. Spontaneous and odour-induced chin marking in domestic female rabbits. *Animal Behaviour*, 43 (2), 329-336.
103. Hughes R.L., Myers K., 1966. Behavioural cycle during pseudopregnancy in confined populations of domestic rabbits and their relation to the histologie of the female reproduction. *Australian Journal of Zoology*, 14 (2), 173-183.
104. Hutt K.J., Mc Laughlin E.A., Holland M.K., 2006. KIT/KIT ligand in mammalian oogenesis and folliculogenesis: roles in rabbit and murine ovarian follicle activation and oocyte Growth. *Biology of Reproduction*, 75 (3), 421-433.
105. Ilès I., Bouchareb S., Bouchène T., Boudina F.Z., Zenia S., Ainbaziz H., 2013. Cinétique de la consommation alimentaire au cours du premier cycle reproductif chez la lapine de population locale algérienne. *11^{èmes} Journées Internationales des Sciences Vétérinaires, 30 novembre & 1^{er} décembre 2013, ENSV, El-Harrach, Alger.*
106. Imwalle DB et Katz LS, 2004. Divergent roles for estrogens and androgens in the expression of female goat sexual behaviour. *Hormones and Behavior*, 46 (1), 54-58.
107. IRRG, 2005. **International Rabbit Reproduction Group**. Recommendations and guidelines for applied reproduction trials with rabbit does. *World Rabbit Science*, 13, 147-164
108. Joly T., Theau-Clément M., 2000. Reproduction et physiologie de la reproduction. Synthèse du 7^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture, Valence, Italie.
109. Katz L.S., 2007. Sexual behaviour of domesticated ruminants, *Animal Sciences*, 52 (1), 56-63.
110. Kaynard A.H., Pau K.Y., Spies H.J., 1990. Gonadotropin-releasing hormone and norepinephrine release from the rabbit mediobasal and anterior hypothalamus during the mating-induced Luteinizing Hormone induced surge. *Endocrinology*, 127 (3), 1176-85.
111. Kolanowski J., Ortega N., Ortiz T., Crabbe J., 1985. Enhanced androgen production by rabbit adrenocortical cells stimulated chronically with corticotropin: evidence for increased 17-alpha-hydroxylase activity. *Journal of Steroid Biochemistry*, 23, 6A, 1071-1076
112. Koutinhoun G.B., Youssao A.K.I., Kpodekon T.M., Djago Y., Houenon R., 2009. Incidence de la séparation mère-portée sur la fertilité des lapines allaitantes et la taille de la portée au Sud du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 63, 13-18.
113. Kranzfelder D., Korr H., Mestwerdt W., Maurer-Schultze B., 1984. Follicle growth in the ovary of the rabbit after ovulation-inducing application of human chorionic gonadotropin. *Cell Tissue Research*, 238(3), 611-620.
114. Lakabi, D., Zerrouki, N., Berchiche, M., Lebas, F., 2004. Growth performances and slaughter traits of a local Kabyle population of rabbits reared in Algeria: Effects of sex and rearing season. In Proc. *8th World Rabbit Congress*, 2004 September, Puebla, Mexico, 1396 (Vol. 1402).

115. Lebas F., 1972. Effet de la simultanéité de la lactation et de la gestation sur les performances laitières chez la lapine. *Annales de Zootechnie*, 21 : 129-131.
116. Lebas F., Coudert P., Rochambeau H., Thébault R.G., 1996. Le lapin : élevage et pathologie. *Collection FAO : Production et santé animales*, ISBN92-5-203441-2.
117. Lebas F., La biologie du lapin. Page web consultée le 16 avril 2014 : <http://www.cuniculture.info/Docs/Biologie/biologie-07-3.htm>.
118. Lee V.H., Fields P.A., 1991. Rabbit relaxin: the influence of pregnancy and ovariectomy during pregnancy on the plasma profile. *Biology of Reproduction*, 45 (2), 209-214.
119. Lefèvre B., Moret B., 1978. Influence d'une modification brutale de l'environnement sur l'apparition de l'œstrus chez la lapine nullipare. *Annales de Biologie Animale, Biochimie et Biophysique*. 18 (3), 695-698.
120. Lefèvre B., Caillol M., 1978. Relationship of estrus behaviour with follicular growth and sex steroid concentration in the follicular fluid in the domestic rabbit. *Annales de Biologie Animale, Biochimie et Biophysique*, 18 (6), 1435-1441.
121. Loussouarn V., Robert R., Garreau H., 2013. Paramètres génétiques du poids du lapereau à la naissance dans une lignée sélectionnée sur les performances de reproduction. *15^{ème} Journée de la Recherche Cunicole*, Le Mans, France, 83-86.
122. Luzi F., Barbieri, S., Lazzaroni, C., Cavani, C., Zecchini, M., Crimella, C. 2001. Effets de l'addition de propylène glycol dans l'eau de boisson sur les performances de reproduction des lapines. *World Rabbit Science*, 9 (1), 15-18.
123. Lopez M., Sierra I., Vicente F., Conesa A., 1994. The effects of changing the remating interval according to the previous litter size on the reproductive performance of the doe rabbit. *CIHEAM, Cahier Option Méditerranéenne* n°8, 1994, 337-345.
124. M.A.D.R. (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural). Rapport national sur les ressources génétiques animales en Algérie. Octobre 2003. Page web consultée en octobre 2009. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1250e/annexes/CountryReports/Algeria.pdf>
125. Maertens L., Luzi F., Grilli G., 1995. Effect of PMSG induced oestrus on the performances of rabbit does: a review. *World Rabbit Science*, 3 (4), 191-199.
126. Maertens L., 1998. Effect of flushing, mother-litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performance of their litter. *World Rabbit Science*, 6 (1), 185-190.
127. Maertens L., Bousselmi H., Pandey V.S., 2000. Efficiency of different methods to synchronize the oestrus in artificially inseminated lactating does. *World Rabbit Science*, 8 (1), 185-190.
128. Mammeri G., Kerrache M., 2006. Reproduction chez la lapine : évaluation des performances de reproduction chez la laine de population locale (*Oryctolagus cuniculus*). Mémoire pour l'obtention du titre de docteur vétérinaire, ENSV. 94 p.
129. Manal A. F., 2010. Flushing or doe relocation as biostimulation methods for improvement of sexual behaviour and performance of multiparous rabbit doe after a summer resting period. *World Rabbit Science*, 18 (1), 151-158.
130. Marai F.M. et Rashwan A.A., 2003. Rabbit behaviour under modern commercial production conditions – a review. *Arch Tierz*, 46 (4), 357-376.
131. Matics Z.S., Scendro Z.S., Theau-Clément M., Biro-Németh E., Radnai I., Gyovai M., Eiben C.S., 2004. Modifications of the nursing system as a biostimulation. In: *Proceeding of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico 298-302.
132. Mattaraia V.G.M., Bianospino E., Fernandes S., Vasconcelos J.L.M., Moura A.S., 2005. Reproductive responses of rabbit does to a supplemental lighting program. *Livestock Production Science*, 94 (3), 179-187

133. Mayor P., Guimaraes DA., Lopez-Gatius F., Lopez-Bejar M., 2007. Serum estradiol-17B, vaginal cytology and vulva appearance as predictors of oestrus cyclicity in the female collared peccary (*Tayassu tajacu*) from the eastern amazon region. *Animal Reproduction Science*, 97 (1-2), 165-174.
134. Mazouzi-Hadid, F., Theau-Clement, M., Berchiche, M., 2011. Sécrétion de 17 β oestradiol au moment de la saillie chez la lapine, en fonction de la réceptivité et de la saison. 14^{èmes} Journées de la recherche Cunicole, 22 et 23 novembre 2011, Le Mans, France.
135. Mazouzi-Hadid, F., Lebas, F., Berchiche, M., Bolet, G., 2012. Influence of coat colour, season and physiological status on reproduction of rabbit does of an algerian local population. In: *Proceeding of the 10th World Rabbit Congress*, 3-6 September, Sharm El Sheikh, 425-429.
136. Mc Neilly A.S., Glasier A., Jonasen J., Howei P.W., 1982. Evidence for direct inhibition of ovarian function by prolactin. *Journal of Reproduction and Fertility*, 65 (2) 559-569.
137. McNeilly A.S., Friesen H.C., 1978. Prolactin during pregnancy and lactation in the rabbit. *Endocrinology*, 102 (5), 1548-1554.
138. McDonald P.G., 1970. Sexual behavior in the ovariectomized rabbit after treatment with different amounts of gonadal hormones. *Hormone and Behaviour*, 1 (2), 161-172.
139. McNitt J., Moody G.L., 1989. The use of vulva color as a breeding tool in the rabbitry. *Journal of Applied Rabbit Research*, 12 (1), 33-35.
140. McNitt J.I., 1992. Endocrinological approaches for commercial rabbit production. *Journal of Applied Rabbit Research*, 15 (A), 364-377. ref 367
141. Mefti-Korteby H., Kaidi R., Sid S., Boukhalfa M., Kouaouci A., 2005. Etude des corrélations sur les performances de croissance et de reproduction d'une population de lapin local. 3^{èmes} Journées des Sciences Vétérinaires, 10 et 11 Décembre 2005, ENSV, Alger
142. Mellilo A., 2007. Rabbit clinical pathology. *Journal of Exotic Pet Medicine*, 16, 135-145.
143. Mills T.M., Gerardot R.J., 1984. Dissociation of copulation from ovulation in pregnant rabbits. *Biology of Reproduction*, 30, 1243-1252.
144. Mills TM., Copland A., Osteen K., 1984. Factors affecting the postovulatory surge of FSH in the rabbit. *Biology of Reproduction*, 25, 530-535.
145. Mills T.M., Stopper V.S., 1989. The intraovarian progesterone modulation on the follicle development in the rabbit ovary. *Steroids*, 54 (5), 471-80.
146. Min K., Munarriz R., Kim N., Golstein I., Traish A., 2002. Effect of ovariectomy and estrogen and androgen treatment on sildenafil-mediated changes in female genital blood flow and vaginal lubrication in the animal model. *American Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 187: 5.
147. Mollo A., Veronesi M.C., Battocchio M., Cairoli F., Brecchia G., Boiti C., 2003. The effect of alphaprostol (PGF2 analogue) and eCG on reproductive performances in postpartum rabbits. *World Rabbit Science*, 11, 63-74.
148. Monniaux D., Mandon-Pépin D., Monget P., 1996. L'atrésie folliculaire, un gaspillage programmé. *Médecine et Sciences*, 15, 157-166
149. Moret B., 1980. Comportement d'oestrus chez la lapine. *Cuniculture*, 33, 159-161.
150. Morin JM., 2000. La testostérone, ses précurseurs et ses promoteurs naturels. *Nutranews*, Juillet 2000, (édition Association, Nutrition et Prévention). Page web consulté le 1 mars 2014. <http://www.nutranews.org/data/pdf/numeros/fr/nutranews200007.pdf>

151. **Moulla F., Yakhlef H., Ziki B., 2005.** Performances de reproduction des lapines locales de la ferme expérimentale de l'institut technique des élevages (ITELV). *3èmes Journées des Sciences Vétérinaires*, 10 et 11 Décembre 2005, ENSV, Alger.
152. **Moumen S., 2007.** Effet du rythme de reproduction sur les performances de reproduction de la lapine de population locale *Oryctolagus cuniculus*. Mémoire pour l'obtention de diplôme de magister, option zootechnie. ENSV d'Alger.
153. **Moura A.S., Fernandez S., Moraes J.L., Vasconcelos J.L.M., Bianospino E., 2003.** Biostimulation of the reproductive activity of lactating rabbit does in a natural mating system. *R. Bras Zootec.*, 32 (2), 315-324.
154. **Myers K., Poole W.E., 1958.** Sexual behaviour cycle in the wild rabbit, *Oryctolagus cuniculus* (L.). *CSIRO Wildlife Research* 3(2) 144-145 ref 76
155. **Nabi I., 2012.** Etude des performances de reproduction chez le lapin local de population blanche : contribution à l'essai de l'insémination artificielle dans un élevage rationnel (région de Tizi-Ouzou). Mémoire de magister, ENSV, Option : Elevage, pathologie et industrie des animaux de basse-cour, 2012.
156. **Negatu Z., McNitt J. 2002.** Hormones profiles and nest-building behaviour during the periparturient period in rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 72, 125-135.
157. **Ola I., Oyegbade M.O., 2012.** Buck effect on rabbit œstrus : vulva color, vaginal lumen cells and ovarian follicle populations. *World Rabbit Science*, 20, 71-79.
158. **Ola S.I., Olatunbosun O.S., 2013.** Effect of buck presence on sexual receptivity and kindling performance of rabbit doe. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 25, Article 135.
159. **Ordinola P., Martínez-Gómez M., Manzo J., Hudson R., 1997.** Response of male domestic rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) to inguinal gland secretion from intact and ovariectomized females. *Journal of Chemical Ecology*, 23 (9), 2079-2091.
160. **Orstead K.M., Spies H.G., 1987.** Inhibition of hypothalamic gonadotropin-releasing hormone release by endogenous opioid peptides in the female rabbit. *Neuroendocrinology*, 46(1), 14-23.
161. **Osteen K.G., Mills T.M., 1980.** Changes in the size, distribution and steroid content of rabbit ovarian follicles during early pseudo-pregnancy. *Biology of Reproduction*, 22, 1040-1046.
162. **Othmani-Mecif K., Benazzoug Y., 2005.** Caractérisation de certains paramètres plasmatiques et histologiques chez la population locale de lapin (*Oryctolagus cuniculus*) non gestante et au cours de la gestation. *Science et Technologie C*, 23 : 91-96.
163. **Ouyed A., Maignel L. 2010.** Mise en place d'un programme d'évaluation génétique pour l'espèce cunicole. Rapport final. 44 pages.
164. **Paci, G., Lisi, E., Maritan, A., Bagliacca, M., 2003.** Reproductive performance in a local rabbit population reared under organic and conventional system. *Annali della Facoltà di Medicina veterinaria*, 56, 115-126.
165. **Pacs I., Szabó L., 1990.** Sexual ethology of rabbits. *In : Proceedings of the 3rd World Rabbit Congress, Rome, Italy*, 468-472.
166. **Parigi Bini R., Xiccato G., 1993.** Recherches sur l'interaction entre alimentation, reproduction et lactation chez la lapine, une revue. *World Rabbit Science*, 1 (4), 155-161.
167. **Pau F., Orstead K.M., Hess D.L., Spies H.G., 1986.** Feedback effects of ovarian steroids on the hypothalamic-hypophyseal axis in the rabbit. *Biology of Reproduction*, 35, 1009-1023.
168. **Pavois V., Le Naour J., Ducep O., Perrin G., Duperray J. 1994.** Une méthode naturelle pour améliorer la réceptivité et la fertilité des lapines allaitantes en insémination artificielle. *6èmes Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle*, 1, 525-535.

169. Plă M., Baselga M., Garcia F., Deltoro J., 1984. Mating behaviour and induction of ovulation in meat rabbit. *Proceedings of the 3th World Rabbit Congress*. 437-445
170. Poigner J., Szendrő Z., Lévai A., Radnai I., Bíró-Németh E., 2010. Effect of birth weight and litter size at suckling age on reproductive performance in does as adults. *World Rabbit Science*, 8(3), p-103.
171. Questel G., 1984. Contribution à l'étude de la fertilité chez le lapin domestique. Mémoire de fin d'études, INA Paris-Grignon, France.
172. Quid D.W., Zilversmit D.W., 1986. Parallele change in cholesterol and lipid transfer activity in pregnant rabbits. *Proc Soc Exp Biol Med*, 182 (3), 386-392.
173. Quintela, L., Peña, A., Barrio, M., Vega, M. D., Diaz, R., Maseda, F., Garcia, P., 2001. Reproductive performance of multiparous rabbit lactating does: effect of lighting programs and PMSG use. *Reproduction Nutrition Development*, 41(3), 247-258.
174. Quinton H., 2001. Maîtrise de la reproduction chez la lapine. *Le Point Vétérinaire*, Vol 32, n°218, 28-33.
175. Rebollar P.G., Milanés A., Pereda N., Millan P., Cano P., Esquifino A.I., Villarroel M., Silvan G., Lorenzo P.L., 2006. Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe-litter separation or eCG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Animal Reproduction Science*, 93, (3-4), 218-230.
176. Rebollar P.G., Ubilla E., Alvarino J.M., Illera J.C., Silvan G., 1992. Effect of the level of sexual receptivity on plasma estradiol and the ovulatory response during the postpartum period in the rabbit. *Rev Esp Fisiol.*, 48, (1), 13-17
177. Rebollar P.G., Ubilla E., Lorenzo P.L., Sanchez-Davila M., Sanchez J., Tucker L., Alvarino J.M.R., 2000. Ovulation and embryo implantation rate in synchronized artificial inseminated multiparous lactating does. *Proceeding of the 7th World Rabbit Congress*, WRSA, Valancia, Spain, Vol A, 239-244.
178. Rebollar P.G., Espinosa A., Lorenzo P.L., Carabaño R., 2004a. Transitory disturbances in growing lactating rabbits after transient doe-litter separation. *Reproduction Nutrition and Development*, 44, 437-447.
179. Rebollar P.G., Milanés A., Esquifino A.I., Millán P., Lorenzo, P.L., 2004b. Plasma oestradiol and prolactin in synchronized multiparous rabbit does. In *Proc.: 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 7-10.
180. Rebollar P.G., Milanés A., Pereda N., Millán P., Cano P., Esquifino A. I., Lorenzo P.L., 2006a. Oestrus synchronisation of rabbit does at early post-partum by doe-litter separation or ECG injection: Reproductive parameters and endocrine profiles. *Animal Reproduction Science*, 93(3), 218-230.
181. Rebollar P.G., Pereda, N., Villarroel M., Millán P., Lorenzo, P.L. 2006b. Oestrus synchronization of rabbit does at early post-partum by dam-litter separation or eCG injection: Effect on kit mortality and growth. *Livestock Science*, 103(1), 13-22.
182. Rebollar P.G., Bonanno A., Di Grigoli A., Tornambè G., Lorenzo P.L., 2008. Endocrine and ovarian response after a 2-day controlled suckling and eCG treatment in lactating rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 104, 2, 316-328.
183. Rebollar P.G., 2012. Metabolic and reproductive status are not improved from 11 to 25 day post-partum in non-weaned primiparous rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 131: 100-106.
184. Reece-Engel C., 1988. Female choice of resident male rabbits *Oryctolagus cuniculus*. *Animal Behaviour*, 36 (4), 1241-1242
185. Remas K., 2001. Caractéristiques zootechniques et hormones sexuelles chez les populations locales du lapin domestique (*Oryctolagus cuniculus*). Mémoire de Magistère, ENV, El-Harrach, Option Zootechnie.

186. **Remas R., Hadj-Bekkouche F.Z., 2005.** Caractéristiques zootechniques et hormones sexuelles chez les populations locales du lappin domestique (*Oryctolagus cuniculus*). *3èmes Journées des Sciences Vétérinaires*, 10 et 11 Décembre 2005, ENSV, Alger.
187. **Rodriguez De Lara R., Lopez-Fallas M., Rangel-Santos R., Mariscal Aquavo V., 2003.** Influence of short term relocation and male exposure on sexual receptivity, and reproduction in artificially inseminated lactating rabbit does. *Animal Reproduction Science*, 78 (1-2), 111-121.
188. **Rodriguez J.M., Agrasal C., Esquifino A., 1989.** Influence of sexual receptivity on LH, FSH and prolactin release after GnRH administration in females rabbits. *Animal Reproduction Science*, 20 (1), 57-65.
189. **Rommers J.M., Meijerhof J.P.T.M., Noordhuizen J.P., Kemps B., 2002.** Relationships between body weight at first mating and subsequent body development, feed intake, and reproductive performance of rabbit does. *Journal of Animal Science*, 80: 2036-2042.
190. **Rommers J.M., Boiti C., De Jong I., Brechia G., 2006.** Performance and behaviour of rabbit does in a group housing system with natural mating or artificial insemination. *Reproduction Nutrition and Development*, 46 (6), 677-687.
191. **Saidj D., 2005.** Amélioration génétique de la prolificité chez la lapine locale : *Oryctolagus cuniculus*. *3èmes Journées des Sciences Vétérinaires*, 10 et 11 Décembre 2005, ENSV, Alger.
192. **Saidj D., 2006.** Performances de reproduction et paramètres génétiques d'une lignée maternelle d'une population de lapin local sélectionné en G0. Mémoire de Magistère, ENV, El-Harrach, Option Zootechnie.
193. **Saidj D., Aliouat S., Arabi F., Kirouani S., Merzem K., Merzoud S., Merzoud I., Ain Baziz H. 2013.** La cuniculture fermière en Algérie : une source de viande non négligeable pour les familles rurales. *Livestock Research for Rural Development*, 25, Article #138.
194. **Saidj D., Ammour M., Snacel F., Salhi O., Moula N., Temim S., Ainbaaziz H., 2013.** Etude des paramètres sanguins de la lapine locale primipare allaitante à J1 et J19 postpartum. *11^{èmes} Journées Internationales des Sciences Vétérinaires, 30 novembre & 1^{er} décembre 2013, ENSV, El-Harrach, Alger.*
195. **Salissard M., 2013.** La lapine, une espèce à ovulation provoquée. Mécanismes et dysfonctionnement associé : la pseudo-gestation. Thèse d'exercice, Médecine vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2013, 102 p.
196. **Sawyer C.H., Everett J.W., Markee J.E., 1950.** " Spontaneous" ovulation in the rabbit following combined estrogen-progesterone treatment. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 74, 185-186.
197. **Schober J.M., Pfaff D., 2007.** The neurophysiology of sexual arousal. *Best. Pract. Res. Clin. Endocrinol. Metab*, 21 (3), 445-61.
198. **Sengupta A., Tosini G., 2011.** A neuroendocrine transducer of light information. Page web consultée le 20 janvier 2014: <http://www.photobiology.info/Tosini.html>
199. **Shearer M.K., Katz L.S., 2006.** Female-female mounting among goats stimulates sexual performance in males. *Hormones and Behaviour*, 50 (1), 33-37.
200. **Signoret J.P., Levy F., Nowak R., Orgeur P., Schaal B., 1997.** Le rôle de l'odorat dans les relations interindividuelles des animaux d'élevage. *INRA Productions Animales*, 10, 339-348.
201. **Sirotkin A.V., Rafay J., Kotvica J., 2009.** Leptin controls ovarian function in vivo and in vitro : possible interrelationships with ghrelin. *Theriogenology* 72, 765-772.

202. Slattery A.D., Neumann I.D., 2008. No stress please! Mechanisms of stress hyporesponsiveness of the maternal brain. *Journal of Physiology*, 586, 377-385.
203. Smelser G.K., Walton A., Whetham E.O., 1934. The effect of light on ovarian activity in the rabbit. *The journal of Experimental Biology*, 11, 352-363.
204. Smith DA., Smith L.C., 1974. Œstrus, copulation, and related aspects of reproduction in female Eastern Chipmunks (*Tamias striatus*). *Canadian Journal of Zoology*, 53 (1), 756-767.
205. Smith S., 1984. Effects of the intensity of the suckling stimulus and ovarian steroids on pituitary gonadotropin-releasing hormone receptors during lactation. *Biology of Reproduction*, 31 (3), 548-555.
206. Soaje M., de Di Nasso E.G., Deis R.P., 2002. Regulation by endogenous opioids of suckling-induced prolactin secretion in pregnant and lactating rats: role of ovarian steroid. *Journal of Endocrinology*, 172 (2), 255-261.
207. Soto M.A., Reynoso M., Beyer C., 1984. Sexual dimorphism in the motor mounting pattern of the New Zealand white rabbit: steroid regulation of vigor and rhythmicity of pelvic thrusting. *Hormones and Behaviour*, 18 (3), 225-234.
208. Staples R.S., 1967. Behavioural induction of ovulation in the oestrus rabbit. *Journal of Reproduction and Fertility*, 13, 429-435.
209. Stat Soft France 2003 ; Statistica (version 6). 31 cours des Juilliottes, 94 700 Maisons-Alfort, France
210. Stoufflet C., Caillol M. 1988. Relation between circulating sex steroid concentrations and sexual behaviour during pregnancy and postpartum in the domestic rabbit. *Journal of Reproduction and Fertility*, 82, 209-218.
211. Szendrő Z.S., Jovanczai Z.S., Theau-Clément M., Radnai I., Biro-Németh E., Milisits G., 1999. The effect of doe-litter separation on production performance in rabbit does and their kits. *World Rabbit Science*, 7 (3), 165-169.
212. Szendrő Z.S., Rashwan A., Birone Nemeth E., Radnai I., 2006. Effect of vulva colour and turgidity on conception rate and litter size of rabbit does. *World Rabbit Science*, 14: 265-276.
213. Szendrő Z.S., 2008. Improving of reproductive performance of rabbit does in small and medium scales rabbit farms. Recommendations for developing countries. *Acta Agraria Kaposváriensis*, Vol 12 (1), 1-23.
214. Szendrő, Z.S., Szendrő, K., Dalle Zotte, A., 2012. Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms: a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25, 738-748.
215. Szeto A., Gonzales J.A., Spitzer J.E., Levine J.E., Zaias J., Saab P.G., Schneiderman P.M., McCabe P.M., 2004. Circulating levels of glucocorticoid hormones in WHHL and NZW rabbits: circadian cycle and response to repeated social encounter. *Psychoneuroendocrinology*, 29, 861-866.
216. Theau-Clément M., Roustan A., 1992. A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performances. *Journal of Applied Rabbit Research*, 15, 412-421.
217. Theau-Clément M., Lebas F., 1996. Effect of systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science*, 4 (2), 47-56.
218. Theau-Clément M., Castellini C., Maertens L., Boiti C., 1998. Biostimulations applied to rabbit reproduction : Theory and practice. *World Rabbit Science*, Vol. 6 (1), 179-184.

219. **Theau-Clément M., Mercier P., 1999.** Effect of a 24 hour doe-litter separation on rabbit doe reproductive performance and growth of the young. *World Rabbit Science*, Vol. 7 (3), 177-179.
220. **Theau-Clément M., Boiti C., Mercier P., Falières J., 2000.** Description of the ovarian status and fertilising ability of primiparous rabbit does at different lactation stages. Dans les "Proceedings des 7èmes World Rabbit Congress", 4-7 july, Valence, Espagne, 259-266.
221. **Theau-Clément M., Mercier P., 2002.** Is a 24h dam-litter separation before insemination an alternative to hormonal treatment to improve receptivity and consequently rabbit doe productivity ? Preliminary results. *Cost action 848 and ECVAM, Proceedings of Joint Scientific Meeting, Reproduction working group, Varese, 2002, Italy*
222. **Theau-Clément, 2005a.** Préparation de la lapine à l'insémination : analyse bibliographique. Dans les : *Proceedings des 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 novembre, Paris, France.
223. **Theau-Clément M., Fortun-Lamothe L., 2005b.** Proceedings des 11èmes Journées de la recherche cunicole, 29-30 novembre, 2005, Paris, France.
224. **Theau-Clément M., Mercier P., 2005c.** Influence of lighting programs on the productivity of rabbit does of two genetics types. In: *Proceeding of the 8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 358-364.
225. **Theau-Clément M., Boiti C., Bonnano A., Eiben C., Maertens L., Szendrö Z., 2005d.** Alternatives methods for the synchronisation of oestrus in lactating rabbit does. In *L. Maertens and P. Coudert: Recent advances in rabbit sciences. Cost action, 848*, 21-37.
226. **Theau-Clément M., Bolet G., Fortun-Lamotte L., Brecchia G., Boiti C., 2008a.** High plasmatic progesterone levels at insemination depress reproductive performance of rabbit does. *The 9th World Rabbit Congress- June 10-13, Verona-Italy*, 459-463.
227. **Theau-Clément M., Lebas C., Boiti C., Brecchia G., Mercier P., 2008b.** Influence of different eCG doses on sexual receptivity and productivity of rabbit does. *World Rabbit Science*, 16, 65-72.
228. **Theau-Clément M., Malpaux B., Lamothe E., Milcent N., Juin H., Bodin L., 2008c.** Influence of photoperiod on the sexual behaviour of non-lactating rabbit does: preliminary results. In: *Proceeding of the 9th World Rabbit Congress*, 10-13 Juin 2008, Verone, Italie, 465-469.
229. **Theau-Clément M., Tircazes A., Saleil G., Monniaux D., Bodin L., Brun J.M., 2011.** Etude préliminaire de la variabilité du comportement d'oestrus de la lapine, *14^{ème} Journées de la Recherche Cunicole*, Le Mans, France, 69-72.
230. **Torres A., Fraga M. J., De Blas C., 1979.** Milk production and kit death rates in New Zealand breed rabbits. *An. Inia Ser. Prod. Anim*, 10, 25-30.
231. **Traish M., Kim N., Munarriz R., Goldstein I., 2004.** Female genital sexual arousal: biochemical mediators and potential mechanism of dysfunction. *Drug Discovery Today: Disease Mechanisms*. 1 (1), 91-97.
232. **Tsiligianni T., Saratsis A., Besebfelder U., Anastasiadis A., Vainas E., Saratsis P., Brem E., 2004.** The use of cytological examinations of vaginal smears (CEVS) in the selection of rabbits for superovulation. *Theriogenology*, 61 (6), 989- 995.
233. **Tudela F., 1997.** Effet de la taille de portée allaitée sur les performances de reproduction des lapines. <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2880931.pdf>
234. **Tůma, J. Tůmová E., Valášek V., 2010.** The effect of season and parity order on fertility of rabbit does and kit growth. *Czech Journal of Animal Science*, 55(8), 330-336.
235. **Ubilla E., Alvarino J.M.R., Esquifino A., Agrasal C., 1992.** Effects of induction of parturition by administration of prostaglandine F2 α analogue in rabbits: possible

- modification of prolactin, LH and FSH secretion patterns. *Animal Reproduction Science*, 27 (1), 13-20.
236. **Ubilla E., Rebollar P.G., 1995.** Influence of the postpartum day on plasma estradiol-17- β levels, sexual behaviour, and conception rate, in artificial inseminated lactating rabbits. *Animal Reproduction Science*, 38, 337-344.
237. **Ubilla E., Rebollar P.G., Pazo D., Esquifo A., Alvarino J.M.R., 2000a.** Effects of doe-litter separation on endocrinological and productivity variables in lactating rabbits. *Livestock Production Science*, 67, 67-74.
238. **Ubilla E., Rebollar P.G., Pazo D., Esquifo A., Alvarino J.M.R., 2000b.** Pituitary and ovarian response to transient doe-litter separation in nursing rabbits. *Journal of Reproduction and Fertility*, 118, 361-366.
239. **Ubilla E., Rebollar P.G., Pazo D., Esquifo A., Alvarino J.M.R., 2001.** Endocrine profiles during doe-litter separation and the subsequent pregnancy in rabbits. *Journal of Physiology and Biochem.*, 57 (1), 23-29.
240. **Vaissaire J-P., 1977.** Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoire. Maloine s.a. éditeur, 457 p.
241. **Van Den Broeck L., Lampo P.H., 1979.** Influence de l'âge au premier accouplement sur la fertilité de jeunes lapines et leurs performances en première portée. *Annales de Zootechnie*, 28(4), 443-452.
242. **Verga M., Dell'Orto V., Carenz C., 1978.** A general review and survey of maternal behaviour in the rabbit. *Applied Animal Ethology*, 4(3), 235-252.
243. **Viard-Drouet F., Provot F., Coudert P., 1984.** Evolution de paramètres plasmatiques chez des lapines reproductrices en fonction de l'état physiologique et du rationnement alimentaire. *Annales de Recherches Vétérinaires*, 15 (3), 417-424.
244. **Villars T.A., Erskine M.S., Lambert G.M., Jacobson D., Weaver CE., Baum J.M., 1990.** Endocrine correlates of mating-induced reductions in oestrus behaviour in an induced ovulatory, the ferret. *Hormones and Behavior*, 24 (2), 98-214.
245. **Virag G.Y., Kustos K., Szabo L., 1999.** Effect of a 48 hours doe-litter separation on rabbit does's reproductive performance and offspring's growth. *World Rabbit Science*, 7 (3), 155-159.
246. **Walton A., Hammond J., 1928.** Observations on ovulation in the rabbit. *The Journal of Experimental Biology*, 6, 190-204.
247. **Waterston J.W., Mills T.M., 1976.** Peripheral blood steroid concentrations in the preovulatory rabbit. *Journal of Steroid Biochemistry*, 7 (1), 15-7.
248. **Wilson W.K., Dudley F.G., 1952.** The duration of gestation in rabbit breeds and crosses. *Journal of Genetics*, 50 (3), 384-391.
249. **Xiccato G., 1996.** Nutrition of lactating does. *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 1*, 29-47.
250. **Yashine T., Mena F., Beyer C., 1967.** Gonadal hormones and mounting behaviour in the female rabbit. *American Journal of Physiology*, 231, 867-872.
251. **Ypsilantis P., Tsiligianni T.H., Karagiannidis A., 1996.** The use of cytological examination of vaginal smears for the determination of domestic rabbit's estrus cycle. *Bulletin of the Hellenic of Veterinary Medical Society*. 47, 186-190.
252. **Zarrow M.X., Denenberg V.H., Anderson C.O., 1965.** Rabbit: Frequency of suckling in the pup. *Science*, 150, 1835-1836.
253. **Zerrouki N., Kadi SA., Berchiche M., Bolet G., 2005a.** Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. *11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, Paris, Novembre 2005, 29-30.

- 254. Zerrouki N., Kadi S.A., Berchiche M., 2005b.** Evaluation de la croissance des lapereaux sous la mère : cas de la population locale kabyle. *3èmes Journées des Sciences Vétérinaires*, 10 et 11 Décembre 2005, ENSV, Alger.
- 255. Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F., 2005c.** Evaluation of breeding performance of a local Algerian rabbit population raised in the Tizi-ouzou area (kabylia). *World Rabbit Science*, 13, 29 – 37.
- 256. Zerrrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F., 2004.** Breeding performance of local Kabyle rabbits does in Algeria. In Proc.: *8th World Rabbit Congress*, Puebla, Mexico, 7-10 Sept. 371-377.
- 257. Zerrouki N., Bolet G., Theau-Clément M., 2009.** Étude des composantes biologiques de la prolificité de lapines de population locale algérienne. *13ème Journées de la Recherche Cunicole*, Le Mans, 17-18 Novembre 2009, 153-156.

Annexes

Publications et communications

Publications

- 2013** - Ilès I., Benazzoug Y., Messili A., Boukhari S., Boiti C., 2013. Oestrus Induction in primiparous lactating rabbits by a 48 hours mother-litter separation: endocrine and behavioural responses. *World Rabbit Science*, 2013, Volume 21 (3), 161-168.
- 2013** - Ilès I., Boukhari S., Belabbes R., Boulbina I., Zenia S., Ain Baaziz H., 2013. Relationships between sexual behaviour and vulva external characteristics in Algerian domestic rabbits. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 25 (8), 2013.

Communications

- 2012** - Ilès I., Benazzoug Y., Messili A., Boukhari S., Boiti C., 2012. Oestrus Induction in primiparous lactating rabbits by a 48 hours mother-litter separation : endocrine and behavioural responses. In: *Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt*, 379 – 383 (Communication orale)
- 2013** - Ilès I., Belabbas R., Boulbina I., Zenia S., Ainbaziz H., 2013. Evolution de la réceptivité sexuelle au cours d'une période d'allaitement de 41 jours chez la lapine primipare non-gestante, *15^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 19 et 20 novembre 2013, Le Mans, France. (Communication orale)
- 2013** - Ilès I., Bouchareb S., Bouchene T., Boudina F., Zenia S., Ainbaziz H., 2013. Cinétique de la consommation alimentaire au cours du premier cycle reproductif chez la lapine de population locale algérienne. *11^{èmes} Journées Internationales en Sciences Vétérinaires*, 30 novembre et 1^{er} décembre 2013, ENSV, Alger. (Communication affichée)
- 2014** - Ilès I., 2014. Pregnancy enhances frequency of vocalizations in rabbits does exposed to male. In: *Proceedings of 48th International Symposium of Applied Ethology*, Vitoria-Gasteiz, 29 July-2 August 2014, Spain. (Communication orale)

Publications et communications en co-auteur

Publications

- 2011 - **Belabbas, R., Ainbaaziz H., Ilès I., Zenia S., Boumahdi Z., Boulbina I., Temim S., 2011.** Etude de la prolificité et de ses composantes biologiques chez la lapine de population locale algérienne (*Oryctolagus cuniculus*). *Livestock Research for Rural Development*, Volume 23 (3), 2011.
- 2012 - **Boulbina I., Ainbaaziz H., Ilès I., Belabbas R., Benali N., Zenia S., Temim S., 2012.** Effect of season of birth on onset of puberty and semen characteristics in male rabbits of local Algerian population (*Oryctolagus cuniculus*). *Livestock Research for Rural Development*, Volume 24 (1), 2012.
- 2013 - **Belabbas R., Ilès I., Ainbaaziz H., Theau-Clément M., Berbar A., Boumahdi H., Boulbina I., Benali N., Temim S., 2013.** Characterisation of local algerian population of rabbit : factors influencing fetal and placental development. *Journal of Agricultural Science*, Volume 5 (3), 76-82.

Communications

- 2011 - **Belabbas, R., Ainbaaziz H., Ilès I., Zenia S., Boumahdi Z., Boulbina I., Benali N., Temim S.** Etude de la position et de la vascularisation intra-utérine sur le poids du fœtus, des placentas et sur l'espace vital chez la lapine domestique. *14^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, Le Mans, France, 2011. (Communication affichée)
- 2011 - **Boulbina I., Ainbaaziz H., Ilès I., Belabbas R., Temim S., 2011.** Détermination de l'âge d'entrée en puberté et caractérisation de la semence chez le lapin mâle de population locale Algérienne (*Oryctolagus cuniculus*). *6^{èmes} Journées de Recherche sur les Productions Animales*, Université de Tizi-Ouzou, 2011. (Communication affichée)
- 2012 - **Belabbas, R., Ilès I., Ainbaaziz H., Zénia S., Boumahdi Z., Boulbina I., Benali N., Temim S., 2012.** Influence of parity order on available uterine space per fetus, placental and fetal development in rabbits. In : *Proceedings 10th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh – Egypt*, 363 – 366. (Communication affichée)
- 2012 - **Ainbaaziz H., Boulbina I., Ilès I., Belabbas R., Zenia S., Temim S., 2012.** Influence of environmental temperature and relative humidity on semen characteristics in male rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) of local Algerian population. In : *Proceedings 10th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt*, 347 – 350. (Communication affichée)

Traduction anglais-français

A

Anterior pituitary: Antéhypophyse

B

Blood : Sang

Brain : Cerveau

D

Day : Jour

F

Follicle : Follicule

G

Gut: Estomac

Growth : Croissance

K

Kit : Lapereau

L

Liver : Foie

M

Mare : Jument

N

Night : nuit

Nursing : Allaitement

Nutrients : Nutriments

P

Pregnant : Gestante

S

Spinal cord : Moëlle rachidienne



CHOLESTEROL

Cholesterol

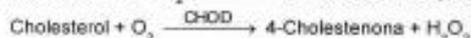
CHOD-POD. Enzymatic colorimetric

Quantitative determination of cholesterol IVD

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

The cholesterol present in the sample originates a coloured complex, according to the following reaction:



The intensity of the color formed is proportional to the cholesterol concentration in the sample^{1,2}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Cholesterol is a fat-like substance that is found in all body cells. The liver makes all of the cholesterol the body needs to form cell membranes and to make certain hormones.

The determination of serum cholesterol is one of the important tools in the diagnosis and classification of lipemia. High blood cholesterol is one of the major risk factors for heart disease^{3,4}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R 1	PIPES pH 6.9	90 mmol/L
Buffer	Phenol	26 mmol/L
R 2	Cholesterol esterase (CHE)	300 U/L
Enzymes	Cholesterol oxidase (CHOD)	300 U/L
	Peroxidase (POD)	1250 U/L
	4 - Aminophenazone (4-AP)	0.4 mmol/L
CHOLESTEROL CAL	Cholesterol aqueous primary standard 200 mg/dL	

PREPARATION

Working reagent (WR): Dissolve (→) the contents of one vial R 2 Enzymes in one bottle of R 1 Buffer.

Cap and mix gently to dissolve contents.

(WR) is stable: 4 months at 2-8°C or 40 days at 15-25°C.

Avoid direct sunlight.

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 505 nm ≥ 0.1.

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 505 nm (500-550).
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or plasma^{1,2}. Stability of the sample for 7 days at 2-8°C or freezing at -20°C will keep samples stable for a few months.

PROCEDURE

- Assay conditions:
Wavelength: 505 nm (500-550)
Cuvette: 1 cm light path
Temperature: 37°C /15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
WR (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ⁽¹⁾⁽²⁾ (µL)	--	10	--
Sample (µL)	--	--	10

- Mix and incubate for 5 min. at 37°C or 10 min. at room temperature.

- Read the absorbance (A) of the samples and Standard, against the Blank. The colour is stable for at least 60 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)\text{Sample}}{(A)\text{Standard}} \times 200 (\text{Standard conc.}) = \text{mg/dL cholesterol in the sample}$$

Conversion factor: mg/dL x 0.0258= mmol/L

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES

Risk evaluation^{5,6}:

Less than 200 mg/dL	Normal
200-239 mg/dL	Borderline
240 mg/dL and above	High

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0.6 mg/dL to linearity limit of 600 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
Mean (mg/dL)	90.1	305	90.4	301
SD	0.64	3.30	1.12	2.30
CV (%)	0.71	1.06	1.24	0.76

Sensitivity: 1 mg/dL = 0.002 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.995.

Regression equation: y = 1.004x - 0.931

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

Hemoglobin up to 5 g/L and bilirubin up to 10 mg/dL, do not interfere^{1,2}.

A list of drugs and other interfering substances with cholesterol determination has been reported by Young et al.^{3,4}.

NOTES

- CHOLESTEROL CAL: Proceed carefully with this product because due its nature it can get contaminated easily.
- LCF (Lipid Clearing Factor) is integrated in the reagent.
- Calibration with the aqueous Standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Naito H K. Cholesterol. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1194-11206 and 437.
- Maiatini F. et al. The 4-hydroxybenzoate/4-aminophenazone Chromogenic System. Clin Chem 1978; 24 (12): 2161-2165.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PACKAGING

Ref: 1001090	R1, R2 (Lyo.): 10 x 50 mL, CAL: 1 x 5 mL
Ref: 1001091	R1, R2 (Lyo.): 10 x 20 mL, CAL: 1 x 5 mL
Ref: 1001092	R1, R2 (Lyo.): 4 x 125 mL, CAL: 1 x 5 mL
Ref: 1001093	R1, R2 (Lyo.): 4 x 250 mL, CAL: 1 x 5 mL

Cont





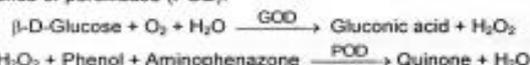
GLUCOSE -TR

Glucose-TR
Trinder. GOD-POD**Quantitative determination of glucose IVD**

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Glucose oxidase (GOD) catalyses the oxidation of glucose to gluconic acid. The formed hydrogen peroxide (H₂O₂), is detected by a chromogenic oxygen acceptor, phenol-aminophenazone in the presence of peroxidase (POD):



The intensity of the color formed is proportional to the glucose concentration in the sample^{1,2}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Glucose is a major source of energy for most cells of the body; insulin facilitates glucose entry into the cells.

Diabetes is a disease manifested by hyperglycemia; patients with diabetes demonstrate an inability to produce insulin^{1,3,4}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R 1	TRIS pH 7.4	92 mmol/L
Buffer	Phenol	0.3 mmol/L
R 2	Glucose oxidase (GOD)	15000 U/L
Enzymes	Peroxidase (POD)	1000 U/L
	4 - Aminophenazone (4-AP)	2,6 mmol/L
GLUCOSE CAL	Glucose aqueous primary standard	100 mg/dL

PREPARATION

Working reagent (WR): Dissolve (→) the contents of one vial R 2 Enzymes in one bottle of R 1 Buffer.

Cap and mix gently to dissolve contents.

The reagent is stable 1 month after reconstitution in the refrigerator (2-8°C) or 7 days at room temperature (15-25°C).

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 505 nm $\geq 0,10$.

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 505 nm.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or plasma, free of hemolysis¹ and CSF.

Serum should be removed from the clot as quickly as possible.

Stability: Glucose is stable at 2-8°C for 3 days.

PROCEDURE

- Assay conditions:
Wavelength: 505 nm (490-550)
Cuvette: 1 cm light path
Temperature: 37°C / 15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
WR (mL)	1,0	1,0	1,0
Standard ^(near 12) (µL)	--	10	--
Sample (µL)	--	--	10

- Mix and incubate for 10 min at 37°C or 20 min at room temperature (15-25°C).

- Read the absorbance (A) of the samples and standard, against the Blank. The colour is stable for at least 30 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)\text{Sample}}{(A)\text{Standard}} \times 100 (\text{Standard conc.}) = \text{mg/dL glucose in the sample}$$

Conversion factor: mg/dL x 0,0555= mmol/L.

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINTROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES¹

Serum or plasma:

$$60 - 110 \text{ mg/dL} = 3,33 - 6,10 \text{ mmol/L}$$

CSF:

$$60 - 80\% \text{ of the blood value}$$

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0,04 mg/dL to linearity limit of 500 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
Mean (mg/dL)	96,8	241	98,4	248
SD	0,81	1,43	1,55	3,73
CV (%)	0,83	0,59	1,58	1,50

Sensitivity: 1 mg/dL = 0,0036 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0,99.

Regression equation: y = 1,0x + 0,12.

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

Haemoglobin up to 4 g/L, bilirubin up to 20 mg/L, creatinine up to 100 mg/L and galactose up to 1g/L do not interfere.

A list of drugs and other interfering substances with glucose determination has been reported by Young et. al.^{5,6}

NOTES

- GLUCOSE CAL: Proceed carefully with this product because due its nature it can get contaminated easily.
- Calibration with the aqueous standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Kaplan L.A. Glucose. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis, Toronto, Princeton 1984; 1032-1036.
- Trinder P. Ann Clin Biochem 1969, 6, 24-33.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PACKAGING

Ref:1001190	Cont	R1: 4 x 125 mL, R2: 4 → 125 mL, CAL: 1 x 5 mL
Ref:1001191		R1: 4 x 250 mL, R2: 4 → 250 mL, CAL: 1 x 5 mL
Ref:1001192		R1: 10 x 50 mL, R2: 10 → 50 mL, CAL: 1 x 5 mL



TOTAL PROTEIN

Total protein
Biuret. Colorimetric**Quantitative determination of total protein IVD**

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Proteins give an intensive violet-blue complex with copper salts in an alkaline medium. Iodide is included as an antioxidant. The intensity of the color formed is proportional to the total protein concentration in the sample^{1,4}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

The proteins are macromolecular organic compounds, widely distributed in the organism. They act like structural and transport elements. The proteins of the serum are divided in two fractions, albumin and globulins.

The determination of total proteins is useful in the detection of:

- High protein levels caused by hemoconcentration like in the dehydrations or increase in the concentration of specific proteins.
- Low protein level caused by hemodilution by an impaired synthesis or loss (as by hemorrhage) or excessive protein catabolism^{1,2}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R	Sodium potassium tartrate	15 mmol/L
	Sodium iodide	100 mmol/L
	Potassium iodide	5 mmol/L
	Copper (II) sulphate	19 mmol/L
T PROTEIN CAL	Bovine albumin primary standard 7 g/dL	

PRECAUTIONS

Corrosive (C); R35: Causes severe burns.

Copper (II) sulphate: Environmentally dangerous (N); R50/53: Harmful to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

S22: Do not breathe dust. S60: This material and its container must be disposed of as hazardous waste. S61: Avoid release to the environment. Refer to special instructions/safety data sheets.

PREPARATION

The reagents are ready to use.

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C protected from light and contaminations prevented during their use.

Do not use reagents over the expiration date.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 540 nm ≥ 0.22 .

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 540 nm.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or heparinized plasma¹.

Stability of the sample: 1 month at refrigerator (2-8°C).

PROCEDURE

- Assay conditions:
Wavelength: 540 (530-550) nm
Cuvette: 1 cm. light path
Temperature 37°C / 15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.
- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
R (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ⁽¹⁰⁰⁰⁻¹²⁰⁾ (µL)	--	25	--
Sample (µL)	--	--	25

- Mix and incubate 5 min at 37°C or 10 min at room temperature.
- Read the absorbance (A) of the samples and Standard, against the Blank. The colour is stable for at least 30 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)_{\text{Sample}}}{(A)_{\text{Standard}}} \times 7 (\text{Standard conc.}) = \text{g/dL of total protein in the sample}$$

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINTROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES¹

Adults: 6.6 – 8.3 g/dL

Newborn: 5.2 – 9.1 g/dL

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0.20 g/dL to linearity limit of 15 g/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
	Mean (g/dL)	SD	CV (%)	
Mean (g/dL)	5.07	9.64	5.15	9.74
SD	0.04	0.08	0.06	0.14
CV (%)	0.88	0.90	1.23	1.43

Sensitivity: 1 g/dL = 0,07 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.9918.

Regression equation: $y = 1.0164x - 0.1264$.

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

Hemoglobin and lipemia^{1,4}.

A list of drugs and other interfering substances with total protein determination has been reported by Young et al.^{2,3}.

NOTES

- T PROTEIN CAL: Proceed carefully with this product because due its nature it can get contaminated easily.
- Calibration with the aqueous standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Koller A. Total serum protein. Kaplan A et al. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis. Toronto. Princeton 1984; 1316-1324 and 418.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACC 1995.

PACKAGING

Ref: 1001290	Cont.	R: 2 x 50 mL, CAL: 1 x 2 mL
Ref: 1001291		R: 2 x 250 mL, CAL: 1 x 5 mL
Ref: 1001292		R: 1 x 1000 mL, CAL: 1 x 5 mL

BSIS30-I 22/06/11



SPINREACT, S.A./S.A.U. Ctra. Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) SPAIN
Tel: +34 972 69 08 00 Fax: +34 972 69 00 99. e-mail: spinreact@spinreact.com



TRIGLYCERIDES

Triglycerides

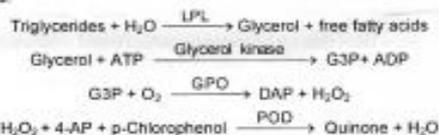
GPO-POD. Enzymatic colorimetric

Quantitative determination of triglycerides IVD

Store at 2-8°C

PRINCIPLE OF THE METHOD

Sample triglycerides incubated with lipoprotein lipase (LPL), liberate glycerol and free fatty acids. Glycerol is converted to glycerol-3-phosphate (G3P) and adenosine-5-diphosphate (ADP) by glycerol kinase and ATP. Glycerol-3-phosphate (G3P) is then converted by glycerol phosphate dehydrogenase (GPO) to dihydroxyacetone phosphate (DAP) and hydrogen peroxide (H₂O₂). In the last reaction, hydrogen peroxide (H₂O₂) reacts with 4-aminophenazone (4-AP) and p-chlorophenol in presence of peroxidase (POD) to give a red colored dye:



The intensity of the color formed is proportional to the triglycerides concentration in the sample^{1,2,3}.

CLINICAL SIGNIFICANCE

Triglycerides are fats that provide energy for the cell.

Like cholesterol, they are delivered to the body's cells by lipoproteins in the blood. A diet with a lot of saturated fats or carbohydrates will raise the triglyceride levels. The increases in serum triglycerides are relatively non-specific. For example liver dysfunction resulting from hepatitis, extra hepatic biliary obstruction or cirrhosis, diabetes mellitus is associated with the increase^{5,6,7}.

Clinical diagnosis should not be made on a single test result; it should integrate clinical and other laboratory data.

REAGENTS

R 1	GOOD pH 7.5	50 mmol/L
Buffer	p-Chlorophenol	2 mmol/L
	Lipoprotein lipase (LPL)	150000 U/L
	Glycerol kinase (GK)	500 U/L
R 2	Glycerol-3-oxidase (GPO)	2500 U/L
Enzymes	Peroxidase (POD)	440 U/L
	4 - Aminophenazone (4-AP)	0.1 mmol/L
	ATP	0.1 mmol/L
TRIGLYCERIDES CAL	Triglycerides aqueous primary standard	200 mg/dL

PREPARATION

Working reagent (WR): Dissolve (→) the contents of one vial R 2 Enzymes into one bottle of R 1 Buffer.

Ref: 1001310 Working reagent (WR): Dissolve (→) the contents of one vial R 2 Enzymes in 10 mL of R 1 Buffer.

Cap and mix gently to dissolve contents.

WR stability: 6 weeks at 2-8°C or 1 week at room temperature (15-25°C).

STORAGE AND STABILITY

All the components of the kit are stable until the expiration date on the label when stored tightly closed at 2-8°C, protected from light and contaminations prevented during their use. Do not use reagents over the expiration date.

Signs of reagent deterioration:

- Presence of particles and turbidity.
- Blank absorbance (A) at 505 nm ≥ 0.14 .

ADDITIONAL EQUIPMENT

- Spectrophotometer or colorimeter measuring at 505 nm.
- Matched cuvettes 1.0 cm light path.
- General laboratory equipment.

SAMPLES

Serum or heparinized or EDTA plasma¹. Stability of the sample: 5 days at 2-8°C.

PROCEDURE

- Assay conditions:
 - Wavelength: 505 nm (490-550)
 - Cuvette: 1 cm light path
 - Temperature: 37°C / 15-25°C
- Adjust the instrument to zero with distilled water.

- Pipette into a cuvette:

	Blank	Standard	Sample
WR (mL)	1.0	1.0	1.0
Standard ^(900x1.2) (μL)	-	10	-
Sample (μL)	-	-	10

- Mix and incubate for 5 min, at 37°C or 10 min, at room temperature.
- Read the absorbance (A) of the samples and Standard, against the Blank. The colour is stable for at least 30 minutes.

CALCULATIONS

$$\frac{(A)_{\text{Sample}}}{(A)_{\text{Standard}}} \times 200 \text{ (Standard conc.)} = \text{mg/dL triglycerides in the sample}$$

Conversion factor: mg/dL x 0.0113 = mmol/L.

QUALITY CONTROL

Control sera are recommended to monitor the performance of assay procedures: SPINROL H Normal and Pathologic (Ref. 1002120 and 1002210).

If control values are found outside the defined range, check the instrument, reagents and calibrator for problems.

Each laboratory should establish its own Quality Control scheme and corrective actions if controls do not meet the acceptable tolerances.

REFERENCE VALUES

Men	40 – 160 mg/dL
Women	35 – 135 mg/dL

These values are for orientation purpose; each laboratory should establish its own reference range.

PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Measuring range: From detection limit of 0.7 mg/dL to linearity limit of 1000 mg/dL.

If the results obtained were greater than linearity limit, dilute the sample 1/2 with NaCl 9 g/L and multiply the result by 2.

Precision:

Mean (mg/dL)	Intra-assay (n=20)		Inter-assay (n=20)	
	118	216	119	215
SD	0.67	0.94	2.17	2.91
CV (%)	0.60	0.43	1.83	1.36

Sensitivity: 1 mg/dL = 0.0012 A.

Accuracy: Results obtained using SPINREACT reagents (y) did not show systematic differences when compared with other commercial reagents (x).

The results obtained using 50 samples were the following:

Correlation coefficient (r): 0.996.

Regression equation: y = 1.00x + 0.0743.

The results of the performance characteristics depend on the analyzer used.

INTERFERENCES

No interferences were observed with bilirubin up to 170 μmol/L and hemoglobin up to 10 g/L².

A list of drugs and other interfering substances with cholesterol determination has been reported by Young et al^{4,5}.

NOTES

- TRIGLYCERIDES CAL: Proceed carefully with this product because due its nature it can get contaminated easily.
- LCF (Lipid Clearing Factor) is integrated in the reagent.
- Calibration with the aqueous Standard may cause a systematic error in automatic procedures. In these cases, it is recommended to use a serum Calibrator.
- Use clean disposable pipette tips for its dispensation.
- SPINREACT has instruction sheets for several automatic analyzers. Instructions for many of them are available on request.

BIBLIOGRAPHY

- Bucolo G et al. Quantitative determination of serum triglycerides by use of enzymes. Clin Chem 1973; 19 (5): 476-482.
- Fossati P et al. Clin. Chem 1982; 28(10): 2077-2080.
- Kaplan A et al. Triglycerides. Clin Chem The C.V. Mosby Co. St Louis, Toronto, Princeton 1984; 437 and Lipids 1194-1205.
- Young DS. Effects of drugs on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACCC Press, 1995.
- Young DS. Effects of disease on Clinical Lab. Tests, 4th ed AACCC 2001.
- Burtis A et al. Tietz Textbook of Clinical Chemistry, 3rd ed AACCC 1999.
- Tietz N W et al. Clinical Guide to Laboratory Tests, 3rd ed AACCC 1995.

PACKAGING

Ref: 1001310	5 x 10 mL
Ref: 1001311	10 x 20 mL
Ref: 1001312	10 x 50 mL
Ref: 1001313	4 x 125 mL
Ref: 1001314	4 x 250 mL

BSIS31-I Ed.02/2007



SPINREACT,S.A.U, Ctra.Santa Coloma, 7 E-17176 SANT ESTEVE DE BAS (GI) SPAIN
Tel. +34 972 69 08 00 Fax +34 972 69 00 99. e-mail spinreact@spinreact.com