



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة حسيبة بن بوعلي الشلف

Université Hassiba Benbouali de Chlef

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم الفلاحة وبيوتكنولوجية

Département des Sciences Agronomiques et Biotechnologique

N° d'ordre : /2020

THÈSE

Présentée pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité : Agronomie

Par

BOUTEBEL née BOUDOUR Khedidja

Thème

Etude des facteurs de réussite de l'insémination artificielle chez la lapine

Soutenue publiquement le : .../.../2020

Devant le jury composé de :

Mme. Azdinia ZIDANE	MCA	Université HB, Chlef	Présidente
Mr. Ahmed AICHOUNI	Professeur	Université de Tissemsilt	Rapporteur
Mme. Nacira ZERROUKI	Professeur	Université MM, Tizi-Ouzou	Co-Rapporteur
Mr. Habib AGGAD	Professeur	Institut SV, Tiaret	Examineur
Mr. Ahmed BEKADA	Professeur	Centre Universitaire Tissemsilt	Examineur
Mr. Mourad TAHERTI	MCA	Université HB, Chlef	Examineur
Mr. François LEBAS	D. Rech.	INRA Toulouse	Invité
Mr. Mahfoudh MHAMMEDI BOUZINA	Professeur	Université HB, Chlef	Invité

Année universitaire : 2019/2020

“

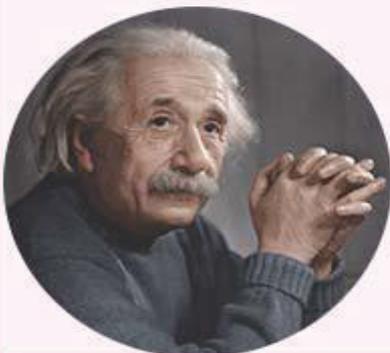
LA SCIENCE EST D'UN GOUT
AMER A SES DEBUTS,
MAIS A LA FIN
ELLE EST AUSSI DOUCE
QUE LE MIEL

”

Proverbe arabe

La science sans religion est
boiteuse, la religion sans
science est aveugle.

~Albert Einstein
De: Atmosphere-Citation.com



Dédicaces

A la mémoire de mon père que Dieu l'accueille en son vaste paradis.

A ma très chère mère que Dieu la garde pour nous.

A mon cher époux pour tout son soutien

A ma fille et mes fils

A mes frères et sœurs

A mes beaux frères et mes belles sœurs

A mes nièces et neveux

A toute ma famille et ma belle famille

A tous ceux qui m'ont aidé et m'ont encouragé

A mes proches et amis (es).

Khedidja

Remerciements

Tout d'abord, louange à « **Allah** » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'empreinte :

- de l'encadrement de **Mr. AICHOUNI Ahmed**, Professeur à l'Université de Tissemsilt, je le remercie infiniment pour la confiance qu'il m'a accordé tout au long de ce projet de thèse et également pour tous ses conseils afin de faire évoluer et progresser mes travaux de recherche.
- du Co-encadrement particulier de **Mme. ZERROUKI Nacira**, Professeur à l'UMM de Tizi-Ouzou, à qui j'adresse un immense merci pour ses recommandations judicieuses tout au long de ce projet de thèse, sa grande gentillesse et disponibilité dans mes sollicitations importantes dans l'organisation des travaux de cette thèse. Merci pour le bel esprit scientifique, pour toutes les connaissances partagées et la disponibilité qu'aucun qualificatif n'en saurait décrire l'étendue.

Mes sincères remerciements vont aux :

- **Mme. Azdinia ZIDANE**, MCA à l'UHBC pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de présider le jury.
- **Mr. Habib AGGAD**, Professeur à l'ISV de l'université de Tiaret pour avoir accepté d'examiner ce travail.
- **Mr. BEKADA Ahmed**, Professeur à l'université de Tissemsilt, pour avoir accepté d'examiner ce travail
- **Mr. Mourad TAHERTI**, MCA à l'université HBC pour l'honneur qu'il m'a fait de faire partie de ce jury.

Mr. MEHAMMEDI BOUZINA Mahfoudh, Professeur à l'UHBC, de m'avoir accordé l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury. Je voudrai l'assurer de ma reconnaissance pour m'avoir encouragé à passer au doctorat, après m'avoir déjà encadré en magister, et pour m'avoir fait profiter de son savoir et de sa longue expérience scientifique.

Mr. François LEBAS, Expert cunicole, Directeur de recherche honoraire INRA-Président de l'Association « Cuniculture » pour sa collaboration à la concrétisation de notre papier de participation aux 18 journées de recherche sur la cuniculture et de m'avoir accordé l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury.

Nombreux sont ceux, au fil de la préparation de cette thèse qui ont apporté leur contribution et m'ont encouragé.

Je remercie particulièrement **Dr. LANKRI El Hassen** et son épouse avec qui j'ai partagé toutes les étapes de cette thèse, pour leur rigueur dans le travail et pour leurs encouragements.

Mes remerciements vont également à mes collègues et mes amis qui n'ont ménagé aucun effort pour m'aider par leurs encouragements, leur apport scientifique et moral, en particulier :

- **Dr. MEZIANE Malika**, Doyenne de la faculté SNV de l'UHBC pour son aide, sa disponibilité et son implication dans ma thèse,
- **Dr. MEZIANE Malika**, du département de nutrition, qui je ne saurais la remercier pour sa très forte implication dans mon projet de thèse que ce soit pour ses corrections, sa disponibilité ou son aide en général.
- **Mr. BOUTHIBA Abdelkader**, Professeur à UHB Chlef, qui m'a beaucoup aidé dans mon cursus scientifique et professionnel, qu'il trouve ici l'expression de ma gratitude,
- **Mme. NOURA Aouda, Mme. OUCHENE Kheira et Mme. BELHIRECHE Djamila**, merci pour votre soutien et votre amitié.

Je remercie tous les ingénieurs de laboratoire que j'ai pu côtoyer et les responsables passés par l'animalerie de la faculté SNV ainsi que les agents de la faculté SNV, merci à tous pour votre gentillesse et votre bonne humeur.

Je tiens à remercier les étudiants de fin de cycles que j'ai encadrés sur ce thème, leur contribution m'a été d'un grand secours, particulièrement sur le plan de la pratique.

Un grand merci à tous ceux et celles ainsi qu'à mes amies fidèles qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici ma haute considération.

Je ne saurais remercier mon mari et mes enfants **NORELHOUDA, ABDELMALEK et MOHAMED RIYADH** d'avoir compris la situation, de m'avoir épaulé et soutenu sans faille pendant les moments difficiles de cette thèse.

La meilleure pour la fin est d'adresser mes remerciements avec une pensée particulière à ma famille en particulier ma mère pour son DOUAA inconditionnel qui n'a pas cessé pour que je puisse terminer cette thèse dans les meilleures conditions.

Publications et communications issues de la thèse

- **BOUDOUR K.**, LANKRI E., AICHOUNI A. (2018) ; Performances de reproduction des lapines allaitantes conduites en insémination artificielle. Journées scientifiques sur la biotechnologie de la reproduction des animaux, Université Hassiba Benbouali. Chlef, 28 février et 01 mars 2018.
- **BOUDOUR K.**, LANKRI E., AICHOUNI A., ZERROUKI N. (2018). Influence du stade d'allaitement sur les performances de reproduction de lapines conduites en insémination artificielle, 1ère journée scientifique sur les bio-ressources naturelles : Perspectives de recherche, Chlef, 2018.
- **BOUDOUR K.**, AICHOUNI A., LANKRI E., ZERROUKI-DAOUDI N. (2019). Performances de reproduction des lapines de la souche « ITELV 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insemination artificielle - Résultats préliminaires. 18èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27 – 28 mai 2019, Nantes, France.
- **BOUDOUR K.**, AICHOUNI A., LANKRI E., ZERROUKI N. (2019). Influence of type of stimulation on the success of artificial insemination in rabbits does of the synthetic strain. Agriculture and Food, Volume 7, 2019. pp. 273-281.
- LANKRI E., **BOUDOUR K.**, AICHOUNI A., RECHACHOU F., ZERROUKI N. (2019). Effet du niveau d'alimentation et du taux protéique de la ration sur *la libido* et les caractéristiques de la semence du lapin de la souche ITELV 2006. 18èmes Journées de la Recherche Cunicole, 27 – 28 mai 2019, Nantes, France.
- LANKRI E., **BOUDOUR K.**, AICHOUNI A., RECHACHOU F., ZERROUKI N. (2019). Effect of sperm storage time and temperature on semen quality in the rabbit line ITELV 2006. X International Scientific Agriculture Symposium, AGROSYM 2019, Jahorina, October 03-06, 2019.
- LANKRI E., **BOUDOUR K.**, AICHOUNI A. ET RECHACHOU F. (2019). Effet de la fréquence de récolte de sperme sur sa qualité chez des lapins de souche ITELV 2006. *Livestock Research for Rural Development. Volume 31, Article #77*. Retrieved May 3, 2020, from <http://www.lrrd.org/lrrd31/5/lank31077.html>

- **BOUDOOR K.**, LANKRI E., AICHOUNI A., ZERROUKI N.; SAIDI M. (2019). Effect of omega 3 on the reproductive performance of the algerian synthetic rabbit in artificial insemination. X International Scientific Agriculture Symposium East Sarajevo, 17th July 2019 Bosnia and Herzegovina “AGROSYM 2019“.
- **BOUDOOR K.**, LANKRI E., AICHOUNI A., RECHECHOU F ; SAIDI M ; ZERROUKI N. (2019). Impact des acides gras polyinsaturés sur les performances de reproduction chez le lapin. The first national seminar of nutrition and health. Chlef ; décembre 16, 17th.2019.
- **BOUDOOR K.**, LANKRI E., AICHOUNI A., ZERROUKI N. (2019). Performances des lapines de la souche synthétique « ITELV 2006 » suivies sur deux années à Chlef. Journée nationale sur la biodiversité, santé et environnement, (JNBSE), Tisemsilt, 2019.
- LANKRI E., **BOUDOOR K.**, AICHOUNI A., ZERROUKI N. (2019). Effet d’un apport de peptone de viande sur les paramètres de reproduction du lapin de la souche synthétique. Journée nationale sur la biodiversité, santé et environnement, (JNBSE), Tisemsilt, 2019.
- **BOUDOOR K.**, LANKRI E., AICHOUNI A., ZERROUKI N., SAIDI, M. (2020). Effect of omega 3 on the reproductive performance of the Algerian synthetic rabbit in artificial insemination. *AGROFOR International Journal*, Volume 5, Issue No. 1, pp. 30-37. DOI: 10.7251/AGRENG2001030B.
- **BOUDOOR K.**, LANKRI El H., ZERROUKI N.D., AICHOUNI A., (2020). Performances of Algerian-synthetic-strain rabbits managed with artificial insemination: Effect of the season. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2) : 91-98, doi: 10.19182/remvt.31880.

Résumé

Cette étude entre dans le cadre des projets nationaux de recherche dans le domaine des productions animales. Les essais ont été réalisés dans l'animalerie du Laboratoire de Recherche de Bioressources Naturelles (LBRN) sis à l'UHB Chlef et ont pour but de définir les facteurs de réussite de l'insémination artificielle (IA) des lapins de la souche synthétique élevée dans des conditions de production locales. Au total deux cents trente-neuf (239) lapines de la souche synthétique « SS » algérienne « ITELV 2006 » ont fait l'objet d'un suivi de conduite de la reproduction avec un mode de reproduction par IA. Ainsi, les effets de la saison, l'alimentation par incorporation des oméga3, le stade d'allaitement et le type d'induction de l'ovulation chez la lapine ont été analysés et ont constitué les éléments de réponse de l'appréciation des facteurs de réussite de l'IA chez cette souche. Durant toute la période expérimentale, les IA ont été réalisées à partir d'une semence récoltée sur des mâles appartenant au même génotype et analysée localement. Un enregistrement des données relatives à la saillie, à la palpation, à la mise bas et au sevrage a permis d'évaluer les performances des lapines (fertilité, prolificité) et de leurs portés (poids individuel et mortalité des lapereaux à la naissance et au sevrage). L'ensemble des données enregistrées et calculées a été soumis à une analyse de variance avec le logiciel XL Stat Plus, v5. Un effet dépressif de la saison chaude a été enregistré sur la fertilité et la prolificité des lapines, et sur le poids et la mortalité des lapereaux avec les plus faibles valeurs enregistrées en saison chaude (63 % de fertilité). L'incorporation de deux sources d'acides gras polyinsaturés (l'huile de poisson et des grains de lin) dans l'aliment des reproductrices impubères a engendré des prolificités élevées (10,37 NT, 9,87NV, 9,3 NS et 10,44 NT, 9,77NV, 8,77NS respectivement pour les deux sources). L'étude de l'effet du mode d'induction de l'ovulation par utilisation de trois stimulateurs, GnRH, PMSG et mâle stérile durant trois cycles de reproduction consécutifs, a révélé que la mortalité s'avère le seul paramètre affecté par ce facteur. En effet, les lapines du lot de GnRH ont enregistré le taux le plus faible (16,53%, $p=0,01$). L'effet du rythme de reproduction chez la lapine de la souche synthétique s'est traduit par une réceptivité plus faible chez les lapines inséminées à 7J *post partum* comparativement à celles inséminées à J4 ou à J11 : 30% vs 70 et 80% respectivement ($p=0.003$).

Mots clés : *Lapin- Souche synthétique- insémination artificielle- fertilité- prolificité.*

Abstract

This study is part of national research projects in the field of animal production. The tests were carried out in the pet shop of the research laboratory of natural Bioresources located at UHB Chlef and aim to define the success factors for AI of rabbits of the synthetic strain raised under local production conditions. Two hundred and thirty-nine (239) rabbits of the Algerian "SS" synthetic strain "ITELV 2006" were monitored for reproductive management with a method of reproduction by artificial insemination (AI). Thus, the effects of the season, feeding by incorporating omega-3 fatty acids, the stage of breastfeeding and the type of ovulation induction in the rabbit, were analyzed and formed the response elements for the assessment of the factors of AI success in this strain. During the entire experimental period, the AIs were produced from a seed collected from males belonging to the same genotype and analyzed locally. Recording of data relating to mating, palpation, parturition and weaning allowed to assess the performance of rabbits (fertility, prolificacy) and their litters (individual weight and mortality of young rabbits at birth and at weaning). A depressive effect of the hot season was recorded on the fertility and the prolificacy of the rabbits and on the weight and the stillbirth of the rabbits with the lowest values recorded in the hot season (63% fertility). The incorporation of two sources of polyunsaturated fatty acids (fish oil and flaxseed) in the food of the pubescent breeders generated high prolificities (10.37 NT, 9.87NV, 9.3 NS and NT 10.44, 9.77 NV, 8.77 NS respectively for the 2 sources). The study of the effect of the mode of induction of ovulation by the use of three stimulators, GnRH, PMSG and sterile male during three consecutive reproductive cycles revealed that stillbirths appear to be the only parameter affected by this factor. Indeed, the rabbits in the GnRH batch recorded the lowest rate (16.53%, $p = 0.01$). The effect of the rate of reproduction in the rabbit of the synthetic strain resulted in a lower receptivity in the rabbits inseminated at 7 days postpartum compared to those inseminated on D4 or D11: 30% vs 70 and 80% respectively ($p = 0.003$).

Keywords: Rabbit- Synthetic strain- artificial insemination- fertility- prolificacy.

ملخص

هذه الدراسة هي جزء من مشاريع بحث وطنية في مجال الإنتاج الحيواني. أجريت التجارب في حظيرة الحيوانات بمختبر أبحاث الموارد البيولوجية الطبيعية الموجود بجامعة حسيبة بن بوعلي بالشلف وتهدف إلى دراسة عوامل نجاح التلقيح الاصطناعي لأرانب من سلالة اصطناعية تم تربيتها في ظروف إنتاج مشابهة للظروف السائدة لدى المربين المحليين. تم استخدام مجموعة من الأرانب من السلالة الاصطناعية الجزائرية «ITELV 2006» تقدر بمائتين وتسعة وثلاثون (239) من أجل استغلالها في التكاثر عن طريق التلقيح الاصطناعي (AI). تم تحليل تأثير عوامل الموسم، والتغذية (من خلال إضافة أحماض أوميغا 3 الدهنية)، ومرحلة الرضاعة ونوع تحفيز الإباضة على قدرات تكاثر الأرانب وذلك من أجل تقييم عوامل نجاح التلقيح الاصطناعي لهذه السلالة.

تم الحصول على السائل المنوي طوال الفترة التجريبية من ذكور من نفس النمط الجيني وتم تحليلها محليًا. خضعت جميع البيانات المسجلة والمحسوبة المتعلقة بالتزاوج وفحص الحمل وتقييم أداء الأرانب (الخصوبة والإنتاجية) وصغارها (الوزن الفردي ووفيات الأرانب عند الولادة وعند الفطام) لتحليل التباين مع برنامج XL Stat Plus، الإصدار 5. تم تسجيل تأثير سلبي للموسم الحار على خصوبة وإنتاج الأرانب وعلى وزن المواليد وذلك بتسجيل أقل قيمة لمعدل الخصوبة في الموسم الحار (63%). أدى إدراج مصدرين للأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة (زيت السمك وبذور الكتان) في غذاء الأرانب الفتية إلى تسجيل معدلات إنتاجية عالية (10.37 أرنب مولود و9.87 أرنب حي و9.3 أرنب مفطوم و10.4 أرنب مولود، 9.77 أرنب حي، 8.77 أرنب مفطوم على التوالي بالنسبة للمصدرين). كشفت دراسة تأثير طريقة تحفيز الإباضة باستخدام ثلاثة منبهات، GnRH، PMSG والذكر العقيم خلال ثلاث دورات تناسلية متتالية، أن نسبة المواليد الميتة هي المعلم الوحيد المتأثر بهذا العامل. فقد سجلت الأرانب في مجموعة GnRH أدنى معدل (% 16.53, p=0.01) أدى تأثير وتيرة التكاثر في الأرانب من السلالة الاصطناعية إلى انخفاض في استقبال الأرانب للتلقيح في اليوم 7 بعد الولادة مقارنة مع تلك الملقحة في ليوم الرابع أو الحادي عشر 30 % مقابل 70 و 80 % على التوالي (p = 0.003).

الكلمات المفتاحية: أرنب-سلالة اصطناعية – تلقيح صناعي – خصوبة-إنتاجية.

Table des matières

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale

Synthèse bibliographique

Chapitre I. Reproduction de la lapine

I.1 Particularité de la reproduction chez la lapine	03
I.1.1 Puberté et croissance folliculaire.....	03
I.1.2. Œstrus et ovulation.....	04
I.1.3. Gestation et pseudogestation.....	05
I.1.4. Mise bas, allaitement et sevrage.....	06
I.2. Paramètres de reproduction de la lapine	07
I.2.1. Réceptivité.....	07
I.2.2. Fertilité	08
I.2.3. Prolificité.....	08
I.2.4. Mortalité.....	08
I.3. Variation des performances de reproduction de la lapine	09
I.3.1. Facteurs liés à la lapine	09
I.3.2. Facteurs liés au milieu.....	12

Chapitre II. Insémination artificielle chez la lapine

II.1. Techniques de l'insémination artificielle chez le lapin.....	15
II.1.1. Récolte et évaluation spermatique	15
II.1.2. Dilution du sperme.....	17
II.1.3. Induction de l'ovulation chez la femelle.....	17
II.2. Facteurs de réussite de l'insémination artificielle chez la lapine.....	17
II.2.1. Facteurs liés à la femelle.....	18
II.2.2. Facteurs liés au mâle.....	21
II.2.3. Facteurs liés à l'environnement	23
II.2.4. Facteurs liés à la semence	25
Conclusion de la partie bibliographique	27

Partie 2. Expérimentations
Chapitre 1. Considérations générales

1. Objectif	30
2. Matériels et méthodes.....	30
2.1. Lieu de l'étude.....	30
2.2. Bâtiment de l'élevage et équipements.....	31
2.3. Matériel biologique.....	32
2.4. Conditions d'élevage.....	34
2.5. Hygiène et prophylaxie.....	34
2.6. Conduite de la reproduction.....	34
2.6.1. Collecte et évaluation du sperme.....	34
2.6.2. Contrôle de la réceptivité, l'induction de l'ovulation et mise en place de la semence.....	35
2.6.3. Diagnostic de la gestation	36
2.7. Contrôles effectués	37
3. Traitement statistique.....	37

**Chapitre 2. Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites
en insémination artificielle : Effet de la saison (Essai 1)**

Résumé	39
Introduction	39
Matériel et méthodes	40
<i>Animaux</i>	40
<i>Conditions expérimentales</i>	40
<i>Conduites de la reproduction</i>	40
<i>Contrôles effectués</i>	40
<i>Variables étudiées</i>	40
<i>Effet considéré</i>	40
Analyses statistiques	40
Résultats	40
<i>Performances pondérales des lapines et de leurs portées</i>	41
<i>Performances de reproduction</i>	41
<i>Effet de la saison sur les performances pondérales</i>	41
<i>Effet de la saison sur les performances de reproduction</i>	41

<i>Effet de la saison sur la fertilité et la mortinatalité</i>	41
<i>Effet de la saison sur la prolificité</i>	42
Discussion	42
<i>Performances pondérales des lapines et de leurs portées</i>	42
<i>Performances de reproduction des lapines</i>	42
<i>Fertilité</i>	42
<i>Prolificité</i>	43
<i>Mortalités</i>	43
<i>Effet de la saison sur les performances pondérales et les portées</i>	43
<i>Effet de la saison sur les performances de reproduction</i>	43
<i>Effet sur la fertilité et la mortinatalité</i>	43
<i>Effet de la saison sur la prolificité</i>	43
Conclusion	44
Remerciements	44
<i>Déclaration des contributions des auteurs</i>	44
<i>Déclaration de conflits d'intérêts</i>	44
Références	44
<i>Summary</i>	45
<i>Resumen</i>	45

Chapter 3. Effect of Omega 3 on the reproductive performance of the Algerian synthetic rabbit in artificial insemination (Essai 2)

Abstract	48
Introduction	48
Materials and methods	49
Results and discussion	50
Conclusions	53
<i>Acknowledgement</i>	53
<i>References</i>	53
Conclusion de l'article	56

Chapter 4. Influence of type of stimulation on the success of artificial insemination in rabbits does of the synthetic strain (Essai 3)

Abstract	58
Introduction	58
Materials and methods	58
<i>Animal material and experimental conditions</i>	58
Methods	59

<i>Evaluation of male sperm parameters</i>	59
<i>Receptivity control</i>	59
<i>Constitution of lots</i>	59
<i>Zootechnical parameters used</i>	59
<i>Statistics analysis</i>	59
Results and discussion	60
<i>Characteristics of semen</i>	60
<i>Reproductive parameters of rabbits according to the rabbit's mode of stimulation</i>	61
<i>Stimulation mode and receptivity effect</i>	61
<i>Fertility effects</i>	62
<i>Effect on prolificity</i>	62
<i>Effect on mortality</i>	63
Conclusions	63
References	64
Conclusion de l'article	67

**Chapitre 5. Performances de reproduction des lapines de la souche
« ITELV 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insémination artificielle
Résultats préliminaires (essai 4)**

Résumé	69
Abstract	69
Introduction	69
Matériel et méthodes	69
<i>Matériel animal et conditions expérimentales</i>	69
<i>Répartition des lapines et IA</i>	70
<i>Paramètres contrôlés</i>	70
Analyses statistiques	70
Résultats et discussion	70
<i>Effet de l'intervalle MB-IA sur la réceptivité des femelles</i>	70
<i>Effet de l'intervalle MB-IA sur la fertilité</i>	70
<i>Effet de l'intervalle MB-IA sut la prolificité</i>	71
Conclusion	71
Références	71
Discussion générale	73

Conclusion générale et perspectives
Références bibliographiques
Annexes

Liste des abréviations

ANOVA	: Analysis of Variance
AP	: Après Période chaude
AV	: Avant Période chaude
BD	: Born Deaths
BW	: Born Weaned
CC	: Crude Cellulose
CH	: Période chaude
CMV	: Complément Minéral Vitaminé
CP	: Control Puberts
CP (%)	: Crude Protein
CPE	: Control Peripubertal
CV	: Coefficients de Variation
DM	: Dry Matter
DMSO	: Di-Méthyl-Sulf-Oxyde
eCG	: Equine chorionic gonadotropin
ET	: Ecart Type
FM	: Fat Matter
FOP	: Fish Oil Puberts
FOPE	: Fish Oil-Peripubertal
FSH	: Folliculo Stimulating Hormone
GMQ	: Gain Moyen Quotidien
GnRH	: Gonadotropin Releasing Hormone
hCG	: Human Chorio-Gonadotropin
IA	: Insémination Artificielle
INRA	: Institut National de Recherche Agronomique (France)
ITELV	: Institut Technique des élevages
LB	: Live Births
LGP	: Linen Grains Pubertal
LGPE	: Linen Grains Peripubertal
LH	: Luteinizing Hormone
MAX	: Maximum

MB-IA	: Intervalle entre La Mise Bas et L'Insémination Artificielle
Mi	: Motilité individuelle
MIN	: Minimum
Mm	: Motilité massale
MM	: Minerals Matter
MN	: Morts Nés
MN-S	: Mortalité entre la Naissance et le Sevrage hcg
MNT	: Mortinatalité
NS	: Nés sevrés
NT	: Nés totaux
NV	: Nés vivants
PE	: Peripubertal
PGF2α	: Prostaglandines
PIA	: Poids à l'Insémination Artificielle
PMB	: Poids Moyen à la Mise Bas
PMS	: Poids Moyen du Sevré
PMSG	: Pregnant Mare Serum Gonadotropin
PMV	: Poids Moyen du lapereau Vivant
PPI	: Poids à la Palpation
PPV	: Poids de la Portée Vivante
PUFA	: PolyUnsaturated Fatty Acids
S	: Significatif
TB	: Total Births
TG	: Taux de Gestation
TMB	: Taux de Mise Bas
WB	: Weaner Births

Liste des figures

Synthèse bibliographique

Figure 1.	Durée de l'œstrus chez des lapines pubères nullipares (Moret, 1980) ...	4
Figure 2.	Développement corporel durant la période de reproduction chez des lapines lourdes ((Rommers et <i>al.</i> , 2002).....	5

Partie expérimentale

Considérations générales

Figure 1.	Animalerie de l'université Hassiba Benbouali, Chlef.....	31
Figure 2.	Maternité.....	31
Figure 3.	Répartition des lapines sur l'ensemble des expérimentations.....	32
Figure 4.	Quelques phénotypes des lapines utilisées dans les expérimentations	33
Figure 5.	Préparation du vagin artificiel.....	35
Figure 6.	Collecte du sperme.....	35
Figure 7.	Contrôle de la réceptivité des lapines	36
Figure 8.	Induction de l'ovulation	36
Figure 9.	Dépôt de la semence	36
Figure 10.	Diagnostic de la gestation par palpation abdominale.....	37
Figure 11.	Contrôles effectués pour les paramètres de reproduction	37

Chapitre 4. Performances de reproduction des lapines de la souche « ITELV 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insémination artificielle

Résultats préliminaires (essai 4)

Figure 1.	Réceptivité des lapines au moment de l'IA	70
Figure 2.	Variation de la fertilité en fonction de l'intervalle MB-IA.....	71
Figure 3.	Prolificité des lapines (en NT) en fonction de l'intervalle MB-IA.....	71

Liste des tableaux

Synthèse bibliographique		
Tableau 1.	Taux d'acceptation de la saillie en fonction de l'état et de la couleur de vulve de la lapine (Quinton et Egron, 2001).....	7
Tableau 2.	Variation des performances de reproduction en fonction du type génétique (Zerrouki et <i>al.</i> , 2014)	9
Tableau 3.	Résultats d'inséminations artificielles en fonction de la qualité spermatique (Bencheick, 1993).....	25
<i>Partie expérimentale</i>		
<i>Chapitre 2. Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : Effet de la saison (Essai 1)</i>		
Tableau I	Critères pondéraux chez les lapines et les lapereaux de souche synthétique ITELV 2006 en Algérie.....	41
Tableau II	Performances de reproduction des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en Algérie.....	41
Tableau III	Variation des caractères pondéraux (g) des lapins de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie.....	41
Tableau IV	Variation de la fertilité des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie.....	42
Tableau V	Variation de la prolificité des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie.....	42
<i>Chapter 3. Effect of Omega 3 on the reproductive performance of the Algerian synthetic rabbit in artificial insemination (Essai 2)</i>		
Table 1.	Chemical composition of standard food.....	50
Table 2.	Reproductive performance of rabbits in the 6 lots (mean standard deviation)	51
<i>Chapter 4. Influence of type of stimulation on the success of artificial insemination in rabbits does of the synthetic strain (Essai 3)</i>		
Table 1.	Semen characteristics of males rabbits of synthetic strain.....	60
Table 2.	Reproductive performance according to the mode of ovulation induction...	61

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie, l'élevage du lapin demeure une production marginale malgré les programmes de développement des productions animales, notamment des petits élevages (aviculture et cuniculture). Ces derniers ont été mis en place par les autorités, depuis quelques années en vue de diversifier les productions et d'augmenter l'approvisionnement en protéines d'origine animales qui reste encore faible pour la majeure partie de la population.

La cuniculture rationnelle pourrait contribuer à combler ce déficit et ce à moindre coût. Le recours à la cuniculture peut se justifier par les avantages qu'elle présente, entre autres, la prolificité, le cycle biologique court des animaux et leurs capacités à valoriser plusieurs sources végétales et sous-produits des industries agro-alimentaires. Toutefois, la rentabilité de l'élevage cunicole nécessite une meilleure maîtrise de sa conduite en particulier l'alimentation et la reproduction.

Contrairement à la plupart des femelles des mammifères domestiques, la lapine présente un cycle œstrien permanent avec apparition des chaleurs alors qu'elle présente des périodes de dioestrus qui tend à entraver la réussite de la saillie naturelle en productions intensives. Afin de faire face à ce problème, l'insémination artificielle (IA) est l'une des méthodes biotechnologiques de résolution.

Bien que très ancienne, l'utilisation de l'IA en Algérie dans les élevages cunicoles est très limitée malgré les efforts pour la maîtrise de la technologie pourtant l'élevage du lapin de chair a de tout temps existé. Il est conduit généralement en mode traditionnel (extensif) avec l'utilisation de populations autochtones adaptées aux conditions de productions locales. Avec l'avènement de l'élevage rationnel, et afin d'améliorer le potentiel génétique des lapins destinés à la production de viandes, un programme de recherche a été mis en place et couronné par la création et la diffusion d'un nouveau génotype cunicole appelée « ITELV 2006 ». Il s'agit d'une souche synthétique issue de l'insémination de femelle locale (caractérisée par ZERROUKI et *al.*, 2007) par la semence de male de la souche INRA 2666 sélectionnée pour sa prolificité (Gacem et *al.*, 2009).

Depuis sa diffusion chez les éleveurs en février 2012, la souche synthétique (SS) a fait l'objet de nombreux travaux se concentrant surtout sur la description de ses caractéristiques, en comparaison avec les populations locales (Bolet et *al.*, 2012 ; Zerrouki et *al.*, 2014 ; Sid et *al.*, 2018a) et en adoptant la saillie naturelle comme mode de reproduction avec un rythme semi-

intensif, bien que la maîtrise de la technique de l'IA ait permis la mise en place de la conduite en bande, assurant une meilleure organisation des élevages (Dal Bosco et *al.*, 2011).

Dans ce contexte, notre projet s'inscrit dans un programme qui porte sur les biotechnologies appliquées à l'élevage cunicole notamment les facteurs de réussite de l'IA en utilisant la souche synthétique dans le but de la recherche d'une meilleure rentabilité répondant aussi bien aux exigences des producteurs et des éleveurs qui cherchent de meilleurs performances qu'aux consommateurs qui cherchent à satisfaire leurs besoins nutritionnels en quantité et en qualité.

Toutefois, la recherche des éléments de réponse à ces préoccupations nous a mené les expérimentations suivantes :

1. Sensibilité ou résistance aux températures élevées de la souche synthétique : Effet saison ;
2. Effet de l'alimentation sur les performances pondérales et reproductives des lapines ;
3. Effet du mode d'induction de l'ovulation ;
4. Effet de l'intervalle mise bas- insémination artificielle.

Ainsi, dans la première partie, il a été réalisé une synthèse bibliographique afin de rappeler les principales caractéristiques de la reproduction de la lapine notamment sa particularité en tant que reproductrice, les paramètres et la variation des performances de reproduction de la lapine, les techniques et les facteurs de réussite de l'insémination artificielle chez cette espèce.

Dans une deuxième partie, une étude quantitative et qualitative a été effectuée afin d'identifier les entraves opérationnelles et les opportunités pour favoriser la réussite de l'IA de la souche « SS » sous forme de quatre (04) publications scientifiques. Cette partie est achevée par une discussion et conclusion générales et perspectives.

Partie 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I

Reproduction de la lapine

Chapitre I. Reproduction de lapine

I.1. Particularité de la reproduction chez la lapine

L'ovulation provoquée par l'accouplement, l'absence d'œstrus et d'anœstrus post-partum et la courte durée de gestation constituent les principales particularités reproductives distinguant la lapine des autres mammifères, et donnent à l'éleveur la possibilité de décider du rythme de reproduction imposé à ses lapines. La maîtrise de la reproductivité de la lapine nécessite la compréhension de la physiologie d'une succession de phénomènes débutant par l'ovulation et allant jusqu'au sevrage des lapereaux, passant par la fécondation, la gestation, la mise bas et l'allaitement.

I.1.1 Puberté et croissance folliculaire

Chez la lapine, l'acceptation de l'accouplement apparaît bien avant l'aptitude à ovuler et à conduire une gestation (Fortun-Lamothe et *al.*, 2013). La femelle peut accepter l'accouplement, pour la première fois, vers l'âge de 10 à 12 semaines, mais cet accouplement n'entraîne pas encore l'ovulation (Lebas, 2002).

L'âge à la puberté est déterminé par des critères indirects qui dépendent plus de la race (Kharroubi, 2017) et du développement corporel que de l'apparition de l'œstrus (Hanzen, 2009 ; Roustan, 1992). La précocité sexuelle est meilleure chez les races de petit ou moyen format (4 à 6 mois) par rapport aux races de grand format (5 à 8 mois). Elle dépend, également, du développement corporel (Rommers et *al.*, 2001) qui doit atteindre les 70-80% du poids adulte (Gosálvez et *al.*, 1995 ; Rommers et *al.*, 2001).

Les follicules primordiaux apparaissent dès le 13ème jour après la naissance, les premiers follicules à antrum vers 65-70 jours (Lebas et *al.*, 1996). Le stock de follicules primordiaux est déterminé donc pendant la période néonatale, lors des premières semaines suivant la naissance (Lebas et *al.*, 1996; Boiti, 2004). Au-delà aucune ovogonie n'est observée sur les coupes histologiques (Salvetti, 2008).

La durée totale de la croissance folliculaire est variable et elle dépend de la race. Mariana et *al.* (1986) estime le temps nécessaire au développement folliculaire à 2 mois pour la lapine de race Néo-Zélandaise et 6 mois pour la Californienne. Cette différence est due, selon les mêmes auteurs, à la croissance folliculaire lente qui précède l'apparition de l'antrum et qui est de 1,5 mois pour la Néo-Zélandaise et de 5 mois pour la Californienne.

C'est l'accouplement qui provoque la maturation finale du follicule pré ovulatoire, sa

rupture et la libération de l'ovule. Il s'agit d'une ovulation provoquée, ayant lieu 10 à 12 heures après la saillie (Meunier et al., 1983 ; Bolet, 1984).

Les follicules à antrum qui n'ont pas pu évoluer en follicules de De Graaf, en cas d'absence de stimulation par l'accouplement ou par l'administration d'hormones provoquant l'ovulation, régressent après 7 à 10 jours, pour être rapidement remplacés par une nouvelle vague de follicules à antrum (Hulot et al., 1985).

I.1.2. Œstrus et ovulation

Le comportement sexuel de la lapine, en particulier l'acceptation de l'accouplement est provoqué par la sécrétion de quantités suffisantes d'œstrogènes par les follicules matures présents dans l'ovaire (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995). Ces taux d'œstrogènes varient beaucoup d'une lapine à l'autre et chez la même lapine, d'un moment à un autre (Hulot et al., 1985 ; Theau-Clément et al., 2012a). Par conséquent, des périodes alternées d'acceptation de l'accouplement (œstrus) et de refus du mâle (diœstrus) sont observées durant la vie reproductive de la lapine (Theau-Clément, 2008 ; Dal Bosco et al., 2011; Theau-Clément et al., 2011a et 2012b). Une grande variabilité interindividuelle du moment et de la durée de l'apparition de l'œstrus est observée (figure 1). Selon Theau-Clément et al. (2015), cette variabilité pourrait être d'origine génétique.

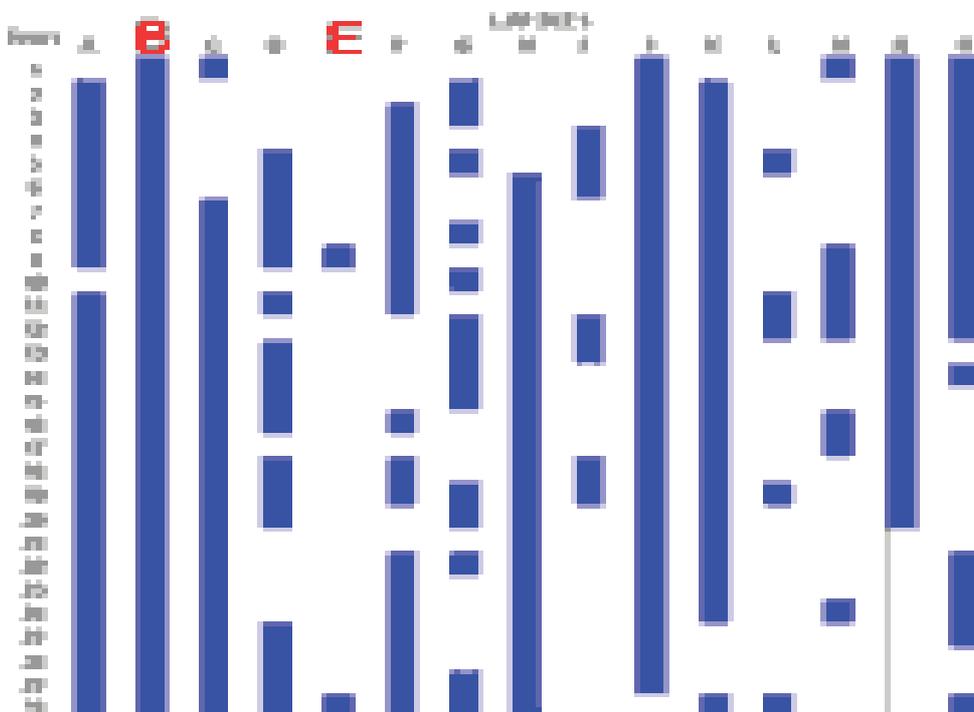


Figure 1. Durée de l'œstrus chez des lapines pubères nullipares (Moret, 1980).

D'après Moret (1980), des périodes d'œstrus sont même retrouvées chez des femelles gestantes mais avec des durées et des fréquences très réduites. La lapine peut être donc,

réceptive et s'accoupler mais ne peut pas avoir de gestations superposées (Lebas, 2008).

I.1.3. Gestation et pseudogestation

En absence de l'ancêtre de lactation, la lapine peut devenir gravide quelques heures après mise bas (Theau-Clément, 1994 ; Fortun-Lamothe et *al.*, 1999; Theau-Clément, 2008).

La durée de gestation, de 28 à 31 jours, varie selon la race et les individus (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995 ; Bolet, 1998 ; Castellini et *al.*, , 2007) et selon la taille de la portée (Lebas, 2000). Elle est parfois prolongée à 33-34 jours avec un effectif de 1 à 3 lapereaux souvent morts nés (Lebas, 1994 et 2002). La parité de la lapine peut également affecter la durée de la gestation (Marai et *al.*, 2004; Tuma et *al.*, 2010). Xiccato et *al.* (2004) ont observé qu'à la troisième parité la durée de gestation est plus longue en comparaison avec la première ou la deuxième parturition mais avec un effet non significatif. Le diagnostic de gestation s'effectue par palpation abdominale environ 11 jours après la saillie (Henaff et Surdeau, 1981) ou par échographie dès le 7^{ème} jour (Gutierrez et Zamora, 2004; Chavatte-Palmer et *al.*, 2005). L'évolution du poids corporel des lapines, au cours de la gestation (Figure 2) est similaire quel que soit leur poids à la première insémination (Rommers et *al.* (2002).

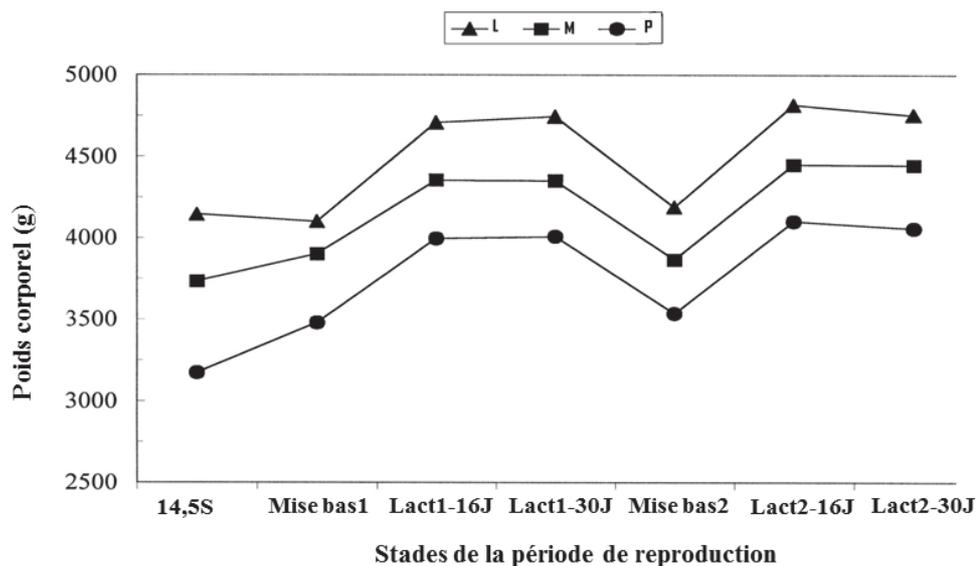


Figure 2. Développement corporel durant la période de reproduction chez des lapines lourdes (L, n = 20), moyennes (M, n = 34), et petites (S, n = 16) inséminées à 14,5 semaines d'âge (Rommers et *al.*, 2002).

La reproduction de la lapine est entravée par le phénomène de pseudogestation, un dysfonctionnement de 15 à 18 jours (Theau-Clément et Croisne, 2009), résultant d'ovulation n'aboutissant pas à la fécondation. En saillie naturelle, ce problème est engendré par l'accouplement avec un mâle stérile, sexuellement actif ou par chevauchement de lapines élevées en groupe (Theau-Clément, 2005). En insémination artificielle, ce phénomène est plus

fréquent et il touche 20 à 30% des lapines (Lebas et *al.*, 1996).

Chez la lapine pseudogestante, les niveaux plasmatiques de progestérone s'élèvent d'une façon anormale dépassant 1 ng/ml (Theau-Clément et Croisne, 2009) et aboutissent à une dépression de la réceptivité (Theau-Clément et *al.*, 2008a ; Theau-Clément et *al.*, 2012a).

Vers le 12^{ème} jour après l'ovulation, les corps jaunes régressent puis disparaissent sous l'action de la prostaglandine PGF2 α . Cette fin est marquée par un comportement maternel se manifestant par la construction du nid, l'agressivité et un développement mammaire similaire à celui de la gestation associé, parfois, à des montées de lait.

Des analogues de PGF2 α (Boiti, 2004 ; Salvetti, 2008) ou de gonadotrophine releasing hormone (GnRH) (Boiti et *al.*, 2008) sont également utilisés pour arrêter le phénomène de la pseudogestation.

I.1.4. Mise bas, allaitement et sevrage

Quelques jours avant la mise bas, la lapine prépare son nid avec les poils arrachés de son ventre, du fanon et de ses cuisses, ainsi qu'avec la litière (Lebas et *al.*, 1986 et 1996). Parfois, et particulièrement pour les primipares, la lapine ne construit pas de nid, ce qui est à l'origine de la perte de portées entières par mise bas sur grillage ou cannibalisme (Schlolaut et *al.*, 2013).

La mise bas dure 10 à 20 minutes, sans relation très nette avec le nombre de lapereaux nés. A la parturition, la progestérone diminue rapidement sous l'effet de la libération d'ocytocine et de la prolactine, ce qui permet la montée du lait (Thibault et Levasseur, 2001). Par ailleurs, les corticostéroïdes sécrétés par les surrénales des fœtus constituent un signal de déclenchement de la parturition (Lebas, 2002 ; Theau-Clément, 2008a).

Après la mise bas, l'utérus régresse rapidement et perd plus de la moitié de son poids en moins de 48 heures et la lapine est fécondable aussitôt après mise bas et le sera durant toute la période d'allaitement (Lebas et *al.*, 1996).

Les lapereaux naissent sourds et aveugles et leurs fonctions motrices sont peu développées. Durant les premiers jours (21 jours), ils dépendent exclusivement de l'unique allaitement quotidien durant 3 à 4 minutes (Gidenne et Lebas, 2005 ; Hassan, 2005) et s'effectuant tôt le matin, le plus souvent dès la levée du jour et indépendamment de la taille de portée (Morimoto, 2009).

Le lait synthétisé est adapté en quantité et en qualité aux besoins des lapereaux (Delouis et *al.*, 2001). Il est plus concentré que celui de vache mais il est pauvre en lactose. Après 2 ou 3 semaines les petits commencent à manger de la nourriture solide, cependant, le sevrage ne peut être effectué qu'à partir de la 4^{ème} semaine.

I.2. Paramètres de reproduction de la lapine

I.2.1. Réceptivité

Une lapine est réceptive ou en œstrus lorsqu'elle accepte de s'accoupler. Elle est par contre, non réceptive ou en diœstrus quand elle refuse l'accouplement (Lebas *et al.*, 1996; Theau-Clément, 2005). La réceptivité de la femelle est le principal facteur reflétant l'efficacité de la reproduction.

En effet, les lapines réceptives ont une productivité beaucoup plus élevée que les non-réceptives, notamment en insémination artificielle (Theau-Clément, 2007 et 2008 et Theau-Clément *et al.*, 2011b et 2012b). Theau-Clément et Pujardieu (1994) enregistrent un taux d'ovulation de 85,6% pour des lapines réceptives contre seulement 58,1% pour celles qui ne le sont pas.

Selon Kermabon *et al.*, (1994) ; Boumahdi *et al.*, (2013), les femelles en œstrus, présentent plus de gros follicules et de corps jaunes. Elles produisent, en outre, trois fois plus d'embryons que les non réceptives (6, 2 vs 2, 6) (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995).

L'œstrus et l'état de réceptivité peuvent être révélés par des signes apparents comme la position de lordose de la femelle en présence du mâle (Beyer *et al.*, 2007; Theau-Clément, 2008; Theau-Clément *et al.*, 2012a) ou par la couleur et la turgescence de la vulve, une vulve rouge ou rose, principalement turgescence caractérise la femelle réceptive (Quinton et Egron, 2001; Beyer *et al.*, 2007; Salvetti, 2008 ; Iles *et al.*, 2013).

Lebas (2002) et Beyer *et al.* (2007) déclarent toutefois, que ce dernier critère reste un indicateur et non une preuve d'œstrus, en effet, des femelles ayant une vulve pâle et non turgescence peuvent accepter de s'accoupler (tableau 1).

Tableau 1: Taux d'acceptation de la saillie en fonction de l'état et de la couleur de vulve de la lapine (Quinton et Egron, 2001).

Couleur de la vulve	Blanche	Rose	Rouge	Violette
Œdème +	30 %	79,4 %	100 %	50 %
Œdème -	17,3 %	58,3 %	93,9 %	27,7 %

Fortun-Lamothe et Bolet (1995) confirment que l'état de réceptivité est lié à la présence des stéroïdes ovariens qui favorisent l'acceptation du mâle. Sur des lapines de la population locale algérienne, conduites en saillie naturelle, il a été rapporté un taux d'œstradiol significativement plus élevé (21,04 pg/ml) chez les femelles qui acceptent l'accouplement que

celles qui le refusent (16,42 pg/ml).

I.2.2. Fertilité

La fertilité est un caractère commun à la fois à la femelle et au mâle. Elle est pour la lapine sa capacité à ovuler et à être fécondée (Bolet *et al.*, 1990) et à mener une gestation à terme (Theau-Clément, 2007; Theau-Clément, 2008).

Elle représente, pour Hulot et Matheron (1979), l'aptitude des femelles d'une souche donnée à faire le plus grand nombre possible de portées. Elle est estimée soit par le taux de palpation (Blocher et Franchet, 1990 ; Theau-Clément et Rouston, 1992) soit elle est rapportée au taux de mise bas (Bolet *et al.*, 1990).

La fertilité de la lapine varie selon le mode de reproduction. Ainsi, elle est meilleure en saillie naturelle en raison d'une amélioration de la survie embryonnaire de 13,2% par rapport à l'insémination artificielle (Theau-Clément et Poujardieu, 1994).

I.2.3. Prolificité

La prolificité est définie comme étant le nombre de lapereaux nés par mise-bas (Blocher et Franchet, 1990) ou sevrés par sevrage (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995). Elle conditionne la productivité numérique des reproductrices et elle représente le paramètre capital de rentabilité d'un élevage (Fortun-Lamothe et Bolet, 1995). La taille de la portée est estimée en moyenne à 3 - 12 avec des extrêmes entre 1 et 20 lapereaux (Lebas, 2008).

Elle dépend du taux d'ovulation (nombre d'ovules pondus) et de la viabilité des embryons jusqu'à la naissance. Comme pour la fertilité, la prolificité est un caractère lié à la fois au mâle et à la femelle, quel que soit le mode de reproduction adopté (Brun *et al.*, 2013).

I.2.4. Mortalité

Selon Ragab *et al.* (2012b), la prolificité de la lapine à la naissance est limitée par une mortalité prénatale ou embryonnaire précoce. Cette mortalité peut être due à un défaut de fécondation ou à une faible activité lutéale expliquée par de faibles taux de progestérone (Fortunet *et al.*, 1993). Elle est fortement influencée par la situation dans les cornes utérines ; les embryons situés près des ovaires ont une meilleure viabilité à cause d'une vascularisation plus importante (Argente *et al.*, 2008 ; Damico *et al.*, 2013 ; Lopez-Tello *et al.*, 2015).

Une disparition des portées à la naissance peut résulter d'une mise bas sur grillage ou cannibalisme (Szendro *et al.*, 2012). Après la naissance, la mortalité des lapereaux peut être due aux qualités maternelles des reproductrices (Roustan, 1980). Dans les élevages cunicoles algériens, Gacem *et al.* (2009) rapportent des taux de mortinatalité de 11 à 15 % et une mortalité

naissance-sevrage de 10 à 17%, pour les populations, blanche, colorée et synthétique. Dans les élevages français, Coutelet (2013) rapporte une mortinatalité moins élevée (7-8%).

Dans les élevages tunisiens, les mortalités sont de l'ordre de 12,1 % à la naissance et de 40,7% entre la naissance et le sevrage (Bergaoui et Kriaa, 2001). Une disparition des portées à la naissance peut résulter d'une mise bas sur grillage ou cannibalisme (Szendro *et al.*, 2012). Après la naissance, la mortalité des lapereaux peut être due aux qualités maternelles des reproductrices (Roustan, 1980). Dans les élevages cunicoles algériens, Gacem *et al.* (2009) rapportent des taux de mortinatalité de 11 à 15 % et une mortalité naissance-sevrage de 10 à 17%, pour les populations, blanche, colorée et synthétique. Dans les élevages français, Coutelet (2013) rapporte une mortinatalité moins élevée (7-8%). Dans les élevages tunisiens, les mortalités sont de l'ordre de 12,1 % à la naissance et de 40,7% entre la naissance et le sevrage (Bergaoui et Kriaa, 2001).

I.3. Variation des performances de reproduction de la lapine

Une meilleure gestion et une bonne maîtrise des facteurs intrinsèques et extrinsèques responsables de la variation des performances de reproduction du lapin permettent la réussite de l'élevage cunicole (Lebas *et al.*, 1991).

I.3.1. Facteurs liés à la lapine

I.3.1.1. Effet du type génétique

En Algérie, Zerrouki *et al.* (2014), en étudiant l'effet du génotype, ont rapporté que la souche améliorée est caractérisée par de meilleures performances de reproduction par rapport à la population locale (tableau 2).

Tableau 2 : Variation des performances de reproduction et de croissance en fonction du type génétique (Zerrouki *et al.*, 2014).

Génotype	Souche synthétique	Population blanche	Population locale
Poids des lapines (g)	3633a	3434b	3278c
Réceptivité (%)	65,5b	69,2a	64,0b
Fertilité (%)	51,0	52,0	51,0
Nés totaux /Mise bas	9,50a	7,42b	6,75c
Nés vivants/Mise bas	8,74a	6,84b	6,23c
Sevrés /Sevrage	7,08a	6,09b	5,45c
Poids individuel naissance (g)	54b	62a	61a
Poids individuel sevrage (g)	553b	554b	565a

a,b,c : signification

Bolet et Saleil (2002) ; Piles et *al.* (2004) et Garreau et *al.* (2008) ont mis en évidence une variation du poids en fonction des souches de lapins. Brun (1992) rapporte que les caractères de reproduction (fertilité, prolificité et viabilité des lapereaux) montrent, en général, un effet hétérosis important (10 à 20%), alors que pour les caractères de croissance, l'effet hétérosis est plus faible, voire nul.

I.3.1.2. Effet de la parité

Brun et *al.* (1999) montrent que la fertilité est significativement plus élevée chez les lapines multipares non allaitantes que chez les primipares et les nullipares. Ragab et *al.* (2012a) rapportent chez les multipares allaitantes, que le taux d'ovulation, d'embryons implantés et la taille de portée augmenteraient avec l'augmentation de l'intervalle mise bas-saillie (ou IA).

Selon Rebollar et *al.* (2009), la prolificité augmente avec la parité mais avec de meilleurs résultats pour la deuxième et la troisième portée. Ainsi les primipares inséminées pendant leur première lactation ont une taille de portée plus supérieure que les nullipares.

Pour le même Géotype, il a été rapporté une prolificité inférieure chez les nullipares (8,8 nés vivants), par rapport aux primipares (10,5 nés vivants) et aux multipares (11,22 nés vivants).

Lazzaroni et *al.* (1999) indiquent que la prolificité augmente jusqu'à la troisième ou la quatrième portée, puis elle diminue.

Le taux de mortalité peut être également influencé par la parité. En effet, Szendro et *al.* (2012) ont noté que les mortalités ont tendance à augmenter avec la parité. Ils ont enregistré un taux plus élevé en sixième parité (6,66 %). Cependant, Lazzaroni et *al.* (1999) ont constaté que les femelles sextipares présentent le plus faible taux.

I.3.1.3. Effet de l'état physiologique

Plusieurs auteurs (Fortun-lamothe et Bolet, 1995; Castellini, 2010; Ragab et *al.*, 2012b) ont rapporté des variations importantes des paramètres de reproduction selon que la lapine est allaitante ou non allaitante. La réceptivité de la lapine connaît une chute durant la période de lactation, (Diaz et *al.*, (1988), notamment au moment du pic de celle-ci (Theau- Clément et *al.*, 2012a).

Par ailleurs, Theau-Clément (1994) rapportent un taux d'ovulation beaucoup plus élevé chez des lapines non allaitantes par rapport aux allaitantes (95% vs 59%).

Les lapines non allaitantes présentent donc des taux de fertilité (Theau-Clément et *al.*, 1990a; Theau-Clément et Roustan 1992 ; Bolet, 1998), une viabilité embryonnaire (Hulot et Matheron, 1981) et un poids moyen des lapereaux plus élevés par rapport aux lapines allaitantes.

Cependant, le poids total de la portée demeure non influencé par la lactation (Deprès et *al.*, 1994).

Une lapine simultanément gestante et allaitante présente une faible prolificité, en raison d'un déficit nutritionnel suivi d'une mobilisation des réserves corporelles pour couvrir les besoins nutritionnels liés à la production du lait (Fortun et Lebas, 1994; Bolet, 1998). L'effet de l'état physiologique de la lapine sur la mortalité embryonnaire est démontré par Fortun et *al.* (1993) ; Fortun, (1994) ; Fortun-Lamothe et *al.* (1999) et Lebas (2002) qui confirment que les taux sont plus élevés chez les lapines simultanément gestantes et allaitantes.

I.3.1.4. Effet de l'âge des reproducteurs

En élevage cunicole, l'âge de la mise à la reproduction a un effet sur le taux de gestation des femelles saillies (Lebas et Coudert, 1986). En effet, les femelles saillies à 18 et 20 semaines présentent un pourcentage de fécondation plus élevé que celui des femelles saillies entre 15 ou 16 semaines. Chez le mâle, Garcia-Thoma et *al.* (2007) indiquent une amélioration quantitative et qualitative du sperme avec l'âge. Ils recommandent, en effet l'utilisation des mâles après 20 semaines d'âge car avant ce stade, les testicules n'atteignent pas leur poids adulte. Theau-Clément *et al.* (1999 et 2009) ont montré que l'âge des animaux influence le nombre de spermatozoïdes par éjaculat en faveur des mâles âgés de plus de 11 mois.

I.3.1.5. Effet du poids des reproducteurs

Bolet et *al.* (2004) ont montré que les races de grand format sont moins fertiles, mais plus prolifiques et produisent des lapereaux plus lourds à la naissance et au sevrage. Ceci pourrait être expliqué par une meilleure sensibilité de l'ovaire aux gonadotrophines et une meilleure survie embryonnaire (Babile et *al.*, 1982).

Afin d'optimiser ses performances de reproduction ultérieures et d'exprimer sa capacité d'ovulation, une lapine doit atteindre 80% de son poids adulte (Rommers et *al.*, 2002; Rommers, 2004). Néanmoins, un engraissement excessif de la femelle déprime ses performances d'où un rationnement alimentaire est conseillé entre la 10^{ème} et la 16^{ème} semaine pour les femelles destinées au renouvellement (Rommers et *al.*, 2001). A l'inverse, une perte excessive du poids et de la masse grasse corporelle s'accompagne d'un retard pubertaire et d'une anomalie du cycle avec anovulation et infertilité. Cela pourrait s'expliquer par une faible sécrétion de FSH qui est à l'origine d'une faible stimulation du développement folliculaire et une plus grande sensibilité à l'atrésie (Babile et *al.*, 1982).

Chez le mâle, Larzul et De Rochambeau (2004) indiquent que les races de grand format produisent des lapereaux plus lourds au sevrage que ceux des races moyennes ou légères.

I.3.2. Facteurs liés au milieu

I.3.2.1. Influence du rythme de reproduction

Bolet (1998); Theau-Clément et *al.* (2012a) et Theau-Clément et Fortun-Lamothe (2005) rapportent que le rythme intensif (1 ou 2 jours après la mise bas) assure un taux de réceptivité très élevé. Néanmoins, il conduit à une fertilité et une productivité significativement plus faibles qu'avec le rythme semi intensif (11 ou 12 jours post-partum) ou extensif (30-32 jours post-partum). Les mêmes auteurs indiquent que la saillie post-partum entraîne une diminution de longévité et un taux de renouvellement annuel des reproductrices élevé et ceci suite à un épuisement prématuré des femelles à cause d'un poids corporel inférieur comparé à celles soumises à des rythmes plus extensifs.

D'autre part, en comparant les deux rythmes, semi-intensif et extensif, Ramon et *al.* (2013) soulignent que le semi intensif permet un nombre de mises bas plus élevé (8,7 vs 5,8). En revanche, Castellini et *al.* (2006) et Feugier (2006) estiment que la fertilité est meilleure en rythme extensif en raison de l'absence de compétition entre la gestation et la lactation altérant ainsi la fonction de reproduction (Feugier, 2006 ; Rebollar et *al.*, 2009; Theau-Clément et *al.*, 2012b et 2012c) et en raison de l'augmentation des réserves corporelles adipeuses des femelles et de leur bilan énergétique à la parturition suivante.

Cependant, Feugier et Fortun-Lamothe (2006) indiquent que par rapport au rythme semi-intensif, le rythme extensif n'est pas économiquement rentable pour les producteurs en raison de sa faible productivité (52 vs 69 nés vivants/an). En conséquence, Rebollar et *al.* (2009) ; Coutelet (2013), concluent que le semi-intensif reste le rythme le plus adapté et le plus pratiqué. Il permet une meilleure production que l'extensif (6 à 8 portées/an et plus de 50 lapereaux/femelle) et un faible renouvellement des reproductrices (Castellini, 2010).

I.3.2.2. Effet de l'alimentation

Harouz-Cherifi et *al.* (2018), Maertens et Gidenne (2016) et Gidenne et *al.* (2017) ont confirmé l'effet de l'alimentation par son aspect quantitatif ou qualitatif, sur les performances des lapines reproductrices.

La restriction alimentaire entraîne, chez les jeunes lapines, un retard de puberté (Lebas, 2002), de maturation folliculaire et d'ovulation (Fortun-Lamothe, 2003 et Theau-Clément et Fortun-Lamothe, 2005) et elle déprime, chez les lapines pubères, la réceptivité (Boiti, 2004 ; Brecchia et *al.*, 2004), le taux d'ovulation et la viabilité embryonnaire (Theau-Clément et Fortun-

Lamothe, 2005). Chez les lapines gravides, le déficit nutritionnel entraîne une réduction du poids des fœtus et une modification de leur composition chimique (Fortun et Lebas, 1994).

En cas de déficit alimentaire, la lapine gestante puise dans ses propres réserves pour satisfaire la totalité de ses besoins nutritionnels, ce qui entraîne une détérioration de son état corporel et par conséquent une baisse de ses performances de reproduction et une réduction de la production laitière notamment chez les primipares (Fortun et Lebas, 1994; Bolet, 1998).

De plus, il a été souligné que la folliculogénèse des lapines issues de femelles gestantes soumises à une restriction nutritionnelle se trouve altérée. En conséquence, il s'avère intéressant d'établir des plans d'alimentation adéquats afin de préparer les futures reproductrices.

Certains auteurs ont publié des résultats attirants sur les performances de reproduction de lapins nourris *ad libitum*. Ils ont confirmé, en effet, que l'alimentation des reproductrices à volonté améliore l'âge à la puberté (Rommers et *al.*, 2001), l'aptitude à ovuler (Van Den Brand et *al.*, 2000) et la prolificité au sevrage (Fortun-Lamothe, 2003). Par contre, Rommers et *al.* (2001) et Fortun (1998) recommandent de rationner les reproductrices afin d'éviter un sur-engraissement déprimant leurs performances.

De nombreux auteurs ont étudié l'effet de l'alimentation protéique sur les performances de reproduction du lapin. En effet, Quesnel et *al.* (2005) ont mis en évidence des corrélations entre les concentrations en certains acides aminés circulants, notamment la méthionine, et le taux d'ovulation de la lapine. En outre, l'enrichissement de l'aliment par une source protéique permet d'améliorer la prolificité de la lapine (Bessad et Lebas ; 1978) et d'augmenter le poids des femelles à la palpation et le poids moyen de la portée au sevrage (Jarrin et *al.*, 1994).

I.3.2.3. Effet de la saison

L'influence de la saison sur les performances de reproduction de la lapine se manifeste par l'effet combiné de la température, l'éclairement et l'hygrométrie. Les températures élevées (de 25°C-30°C), dépriment les performances de reproduction des lapins (Finzi, 1990 ; Lebas, 2004b), suite à une réduction de l'appétit et de la consommation alimentaire (Lebas, 2004a ; Brecchia et *al.*, 2004).

Lebas et *al.* (1986) et Lebas (2008) indiquent que les basses températures (jusqu'à 5°C) n'ont pas aussi d'impact, sur les lapins adultes, que les températures élevées. Néanmoins, Szendrő et *al.* (2012) et Scholaut et *al.* (2013) montrent qu'elles dépriment la prolificité au sevrage suite à une forte mortalité des lapereaux sous la mère.

Selon Lebas et *al.* (1986) et Saleil et *al.* (1998), l'effet dépressif des basses ou des fortes températures peut être accentué par une humidité inappropriée. Ces auteurs préconisent une

hygrométrie compris entre 50% et 80% associée à une température optimale de 21°C afin d'éviter les problèmes respiratoires fréquents ou l'inconfort de l'animal (Fayez et *al.*, 1994; Saleil et *al.*, 1998).

L'éclairage de par sa durée et son intensité agit également sur les performances de reproduction des lapins. En effet, Theau-Clément et Mercier (2003) confirment qu'au cours de l'automne, le comportement d'œstrus et le taux d'ovulation des femelles dépriment avec le raccourcissement de la photopériode naturelle. La complémentation par de la lumière artificielle peut atténuer cet effet dépressif. Ainsi, un supplément d'éclairage de 5 (Kennou, 1990) ou de 6 heures (Deprès et *al.*, 1994) d'éclairage artificiel en fin de journée est susceptible de corriger les difficultés de saillie et d'améliorer la prolificité des lapines à la naissance ou au sevrage.

De nombreux auteurs ont étudié l'effet de la saison printanière sur la reproduction et notent qu'elle favoriserait la prolificité chez la lapine.

D'autres ont rapporté l'effet défavorable de la saison estivale sur la réceptivité et la fertilité en relation avec la perte de poids (Piles et *al.*, 2012), sur la taille et le poids de la portée à la naissance et au sevrage (Ayyat et Marai, 1998; Frangiadaki et *al.*, 2003 et Lazzaroni et *al.*, 2012), sur l'activité sexuelle du mâle et les caractéristiques de la semence (Ain Baziz et *al.*, 2012) et sur la consommation alimentaire quotidienne (Piles *et al.*, 2012). Cependant, en comparant trois types génétiques existant en Algérie, Zerrouki et *al.* (2014) n'indiquent pas d'effet significatif de la saison estivale sur la réceptivité, la fertilité ou la prolificité des lapines.

Chapitre II

*Insémination artificielle chez
la lapine*

Chapitre II. Insémination artificielle chez la lapine

L'insémination artificielle (IA), technique réalisée chez la lapine avec de la semence fraîche ou conservée (Bencheikh, 1995), permet la mise en place de "la conduite en bande" (Theau-clement, 2005), par le groupage des naissances, permettant l'insémination de plusieurs femelles à partir d'un même éjaculat (Ingrid, 2008) et l'obtention d'un nombre important de lapereaux (Djagoet Kpodekon, 2007). Elle permet en outre, la diminution du nombre de reproducteurs mâles (Lopez et *al.*, 1998) et par conséquent, les coûts liés à leur élevage (Le Roux, 2002).

La semence utilisée en IA doit être de bonne qualité génétique pour permettre l'amélioration du résultat et la diffusion plus rapide du progrès génétique (Thewis, 2002 et Christian Meyer, 2009), sans avoir pour risque l'introduction de pathologies vénériennes (Haskouri, 2001).

II.1. Techniques de l'insémination artificielle chez le lapin

II.1.1. Récolte et évaluation spermatique

II.1.1.1. Collecte du sperme

La réussite de la collecte dépend de plusieurs facteurs dont le collecteur (Boussit, 1989) et la femelle boute-en-train constituant un stimulus de l'éjaculation (Boussit, 1989). La durée de la collecte peut aller de quelques secondes à plusieurs minutes, mais elle ne dépasse pas 10 minutes (Theau-clement et *al.*, 2011a). Le mâle est prélevé, le plus souvent, une à deux fois par semaine, à raison de deux éjaculats avec un intervalle de 15 à 30 minutes (Brun et *al.*, 2013 et Garcia-Tomas et *al.*, 2005).

L'ardeur sexuelle est mesurée par le temps écoulé entre l'introduction de la femelle dans la cage du mâle et l'éjaculation. L'examen du sperme doit être effectué le plutôt possible après la récolte, à une température voisine de la température corporelle (Boussit, 1989).

II.1.1.2. Evaluation spermatique

II.1.2.1.1. Caractéristiques d'évaluation

L'évaluation du sperme consiste à déterminer les caractéristiques macroscopiques (couleur, aspect, odeur, volume), microscopiques (mobilité, concentration, vitalité, anomalies morphologiques) et biochimiques (pH).

Un sperme de qualité est caractérisé par son aspect crémeux (Boussit, 1989) et sa couleur blanc nacré. Cependant, l'apparition d'autres couleurs (jaune, grise, rouge,..) à cause de la

présence d'éléments anormaux, peut détériorer la qualité de la semence et indiquer ainsi, un problème pathologique du lapin (Alvarino, 1993). Amann (1966) rapporte des volumes de sperme variant de 0.34 à 0,41ml selon le type génétique Alvarino (1993) ; Lebas (2009) et Quiles et Heevia (2000) indiquent un pH du sperme du lapin très légèrement acide, de l'ordre de 6,8 – 6.9. Alors que Boussit (1989) note qu'un pH supérieur à 7,3 est à éliminer car un sperme alcalin est généralement peu fertile à cause de faible concentration et motilité.

La concentration qui est un caractère déterminant la qualité de la semence et le taux de dilution de l'éjaculat du lapin est de l'ordre de 300 millions de spermatozoïdes par millilitre avec des extrêmes de plus de 750 millions par ml (Boussit, 1989).

Un sperme de bonne qualité doit posséder au moins 60 à 70% de spermatozoïdes mobiles (Nelson, 1985) et 60 à 80% de spermatozoïdes vivants (Boiti et *al.*, 2005; Arencibia et Rosario, 2009). Plusieurs auteurs (Arroita et *al.*, 2000; Mocé et *al.*, 2000; Nizza et *al.*, 2003; Roca et *al.*, 2005) affirment que la semence ne doit pas contenir plus de 10 à 15% de spermatozoïdes anormaux. Alors que d'autres auteurs notent que 20 à 30% d'anomalies totales sont acceptables (Amorim et Santos, 2009).

II.1.2.1.2. Méthodes d'évaluation

La mobilité des spermatozoïdes est appréciée par des grilles établies à cet effet telles que la grille de Petitjean (1965), allant de 0 à 9 pour la motilité d'ensemble et l'échelle d'Andrrieu (1974) allant de 1 à 4 pour la motilité individuelle (Boussit, 1989). Quant à la vitalité, elle est évaluée à l'aide de colorants vitaux tels que l'éosine-nigrosine. La technique de référence pour la mesure de la concentration est la numération directe à l'aide d'un hématimètre (Boussit, 1989).

Cependant, ces méthodes classiques d'analyse du sperme ont montré des limites liées à leur subjectivité, leur durée et leur variabilité intra et inter-laboratoires (Cabannes, 2008). Par conséquence, de nouvelles méthodes aussi justes, fiables, rapides et surtout répétables que les méthodes de référence ont été proposées.

Ainsi, Castellini et *al.* (2007) ont récemment validé une méthode spectrophotométrique adaptée à la semence du lapin. D'autres chercheurs ont utilisé le Nucleo Counter pour la mesure de la concentration (Theau-Clement et Falieres, 2005), le test hypo-osmotique (Boiti et *al.*, 2005 ; Briffaut, 2007; Amorim et *al.*, 2009) ; ainsi que de nombreux fluorochromes (Briffaut, 2007; Boiti et *al.*, 2005) et l'examen en microscopie à fluorescence (Garner et Johnson, 1995 cité par Cabannes, 2008) et la réaction acrosomique (Boiti et *al.*, 2005) pour évaluer la viabilité des spermatozoïdes. L'analyse du sperme assistée par ordinateur (Computer Assisted Sperm Analysis

CASA) constitue, également un bon outil d'analyse du mouvement ou de la capacitation du spermatozoïde du lapin (Lattaioli et Castellini, 1998 ; Boiti et *al.*, 2005; Cabannes, 2008).

Des techniques de microscopie électronique sont utilisées pour observer toutes les anomalies morphologiques et l'ultra-structure du spermatozoïde (Kuzminsky et *al.*, 1996 ; Boiti et *al.*, 2005). L'examen de fertilité *in vitro* comme les tests d'interaction spermatozoïde- ovocyte sont également utiles pour vérifier l'efficacité des méthodes de conservation de la semence (Castellini et *al.*, 2006).

II.1.2. Dilution du sperme

Boussit (1989) recommandent des taux de dilution de 2 à 10 fois. Dans le but d'obtenir le maximum de doses avec un nombre de spermatozoïdes suffisant. Theau-Clément et *al.* (2003) ont utilisé un nombre minimum de 6 millions de spermatozoïdes par dose, sans pour autant affecter la fertilité (62,4%) ou la prolificité (12 lapereaux) des lapines. Cependant, Joly et Theau-Clément (2000) signalent qu'une dose de 6 millions de spermatozoïdes est insuffisante pour inséminer la lapine.

II.1.3. Induction de l'ovulation chez la femelle

Différents types d'hormones ont été utilisés par les chercheurs pour stimuler l'ovulation chez la lapine, telles que l'eCG, Equine chorionic gonadotrophin, (Maertens 1998; Theau-Clément et *al.*, 2008a), la prostaglandine PGF2 α (Alvariño et *al.*, 1995; Mollo et *al.*, 2003). Cependant, Theau-Clément et *al.* (2008a) rapporte que l'utilisation prolongée et répétée des hormones pour induire l'œstrus chez la lapine est généralement suivie d'une baisse de la fertilité, liée à l'apparition d'anticorps provoquant ainsi une immunogénicité diminuant leur efficacité.

A cet effet, des méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones ont été proposées. Les effets de plusieurs biostimulations ont été étudiées telles que la séparation ponctuelle de la mère et sa portée, la pratique d'un flushing avant la saillie (Eiben et *al.*, 2006; Luzi et *al.*, 2001), ainsi que l'application de programmes lumineux. La présence de mâles avec des lapines nullipares contribue, selon Berepudo et *al.* (1993), à augmenter le taux d'acceptation de l'accouplement et améliore la fertilité. Des stimulations mécaniques par frottement d'une baguette contre le vagin (Boussit, 1989) ou électriques dans le cerveau de la lapine ont pu provoquer l'ovulation

II.2. Facteurs de réussite de l'insémination artificielle chez la lapine.

Le succès de l'insémination artificielle est dépendant de plusieurs facteurs liés à la femelle et au mâle vu leur contribution partagée à la fertilité (Brun et *al.*, 2013), aux composantes de leur environnement (Castellini, 2010) et à la semence utilisée. Il est, cependant difficile d'étudier

séparément l'effet de chaque facteur à cause de l'existence d'interactions complexes entre ces différents facteurs.

II.2.1. Facteurs liés à la femelle

II.2.1.1. Parité

D'importantes variations des performances de reproduction des lapines, en fonction de leur parité, sont rapportées par les auteurs pour le même type génétique (Tableau 3). En effet, Theau-Clément (2008), indique que les primipares inséminées pendant leur première lactation sont moins réceptives et ont une fertilité plus faible (70%) que les nullipares (85%) et que les multipares (78,6%).

La détérioration de la réceptivité et de la fertilité chez les primipares, pouvant être étendue à la parité suivante (secondipare) (Szendro *et al.*, 1999), est expliquée par la superposition de la gestation et la lactation dans la mesure où cette dernière déprime la réceptivité et les performances de reproduction des lapines (Theau-Clément, 2007).

II.2.1.2. Etat d'allaitement

Marongiu et Dimauro (2013) et Iles (2015) expliquent l'effet de l'état d'allaitement sur les performances de reproduction en faveur des lapines non allaitantes, malgré l'administration des stimulants hypothalamiques, par une baisse de l'activité ovarienne liée à une faible progestéronémie et une prolactinémie élevée (Ahmed Nagwa, 2005).

Brecchia *et al.* (2012) ajoutent que le déficit énergétique et la mobilisation corporelle engendrés par la production de lait et accompagné d'un apport alimentaire non proportionnel aux besoins, principalement à la première lactation, peuvent entraîner une diminution des performances de reproduction.

En combinant l'effet de l'état d'allaitement et celui de la parité, Mazouzi *et al.*, (2014) ont montré que les multipares allaitantes sont les moins prolifiques à la naissance et au sevrage que les nullipares et les primipares allaitantes.

Cependant, Theau-Clément (2008), indique que le stade d'allaitement qui dépend directement du rythme de reproduction choisi par l'éleveur, a un effet plus important sur les performances de reproduction que l'état d'allaitement et que les lapines inséminées à 4 jours post partum présentent une fertilité (66,9%) inférieure à celle des lapines inséminées juste après la mise bas (73,4%) ou après le sevrage (90,7%).

L'effet du stade de lactation est également confirmé sur la prolificité des lapines par Theau-Clément *et al.* (2000) qui observent que cette composante augmente avec l'intervalle entre la mise bas et l'insémination.

II.2.1.3. Réceptivité sexuelle au moment de l'insémination

Il a été démontré que la fertilité des lapines réceptives au moment de l'insémination artificielle (>75%) est supérieure à celle des non- réceptives (de + 25 à + 55%, Theau-Clément, 2008 et Theau-Clément *et al.*, 2012b). La faible fertilité des lapines non-réceptives au moment de l'insémination est due à des défauts d'ovulation (- 16%, - 28%, Theau-Clément et Poujardieu, 1994) associé à des défauts de gestation non liés à l'ovulation (27,1 vs 11,7 %, Theau-Clément *et al.*, 1990a), tels que ceux liés à la fécondation ou à la mortalité embryonnaire (- 15%, Theau-Clément *et al.* 1990a). Par contre les lapines réceptives se caractérisent par la présence d'un grand nombre de follicules pré-ovulatoires sur l'ovaire (Kermabon *et al.*, 1994) et d'une concentration plus élevée d'œstrogènes plasmatiques.

Cependant, Roustan et Maillot (1990); Fortun-Lamothe et Bolet (1995) rapportent que les lapines allaitantes sont à leur réceptivité maximale au stade 1-2 jours alors qu'elles sont très peu réceptives à 4-6 jours après la parturition, pour qu'elles reprennent leur réceptivité à 10-14 jours post-partum et après le sevrage (Theau-Clément *et al.*, 1990b).

Un effet similaire de la réceptivité est exprimé sur la prolificité des lapines, quel que soit l'intervalle entre la mise bas et la remise à la reproduction. En effet, les lapines réceptives sont plus prolifiques (+ 1 lapereau, + 2 lapereaux).

II.2.1.4. Etat physiologique

Combinés entre eux, l'état de lactation et la réceptivité sexuelle de la lapine, au moment de l'insémination artificielle, affectent les résultats de la fertilité et de prolificité des lapines.

En effet, quel que soit leur parité, les femelles non allaitantes réceptives présentent les taux de fertilité les plus élevés (> 70 %) et ont significativement plus de lapereaux à la naissance (+3 nés vivants) que les femelles simultanément allaitantes et non réceptives (Theau-Clément, 2008).

L'effet dépressif de l'allaitement en absence de réceptivité sur la fertilité est accru chez les lapines qui allaitent de grosses portées (> 8 lapereaux) (Diaz *et al.*, 1988) et chez celles qui sont inséminées au stade 4 j de lactation (-30% de fertilité, Theau-Clément *et al.*, 1990b).

Cet effet dépressif est également observé sur la prolificité des lapines ; en effet, Theau-Clément et Lebas (1994) rapportent que les allaitantes-non réceptives inséminées à 11 jours post partum, produisent 8,2 nés totaux contre 9,8 pour les autres états physiologiques.

Le stade de 4 jours *post partum* demeure, toujours le plus dépressif pour la prolificité des allaitantes non réceptives à la naissance (4,6 nés totaux) et au sevrage (0,9 lapereau sevré/IA) (Theau Clément et *al.*, 1990b).

II.2.1.5. Pseudogestation

Theau-Clément (2008) rapporte que l'apparition de ce dysfonctionnement physiologique, répandu en particulier en insémination artificielle est liée à une faible réceptivité sexuelle et une faible fertilité. Selon Boiti et *al.* (1996) et Theau-Clément et *al.* (2000), ce phénomène est associé au syndrome d'hyperprogestéronémie ou P+. En effet ; 20% des lapines inséminées présentent des concentrations plasmatiques élevées de progestérone (9,4 ng/ml), liées à la présence de deux générations de corps jaunes (de 11 à 33), dont la première correspond à la nouvelle injection de GnRH, alors que la deuxième est plus ancienne (Boiti et *al.*, 2006). Chez les lapines pseudogestantes, la concentration plasmatique de progestérone dépend de la parité des lapines, elle est plus élevée chez les primipares (7,1 ng/ml) que chez les nullipares (1,9 ng/ml) ou les multipares (3,3 ng/ml). Par conséquent, Theau-Clément (2008) montre que les pseudogestations sont plus fréquentes pour les primipares (32,5 %), chez lesquelles, elles affectent la réceptivité (60,0 vs 81,3 %), la fertilité (24,0 vs 82,5 %) et la prolificité à la naissance (2,1 vs 8,3 nés vivants/IA). Alors que 16 % des nullipares sont affectées par la pseudogestation qui déprime leur fertilité (37,5 vs 96,1 %) et leur prolificité à la naissance (3,0 vs 7,4 nés vivants/IA) sans affecter leur réceptivité.

Les multipares sont moins touchées par la pseudogestation (4 à 9 %) qui affecte alors leur fertilité (53,8 vs 86,2) et à un moindre niveau leur productivité (6.1 vs 8,6 nés vivants).

II.2.1.6. Rythme de reproduction

Le rythme de la mise en reproduction des lapines affecte fortement leurs performances reproductives (Ramon et *al.*, 2013). En effet, Lebas et *al.* (1986) ; Maertens et Okerman (1987), notent que le rythme intensif améliore la réceptivité des reproductrices ; cependant, il rétrécit leur carrière reproductive et augmente le taux de leur renouvellement annuel (113%).

En outre, Moumen et *al.* (2009) et Castellini (2010) indiquent que ce rythme *post partum* altère la prolificité des lapines à la naissance et/ou au sevrage. Feugier (2006); Rebollar et *al.* (2009); Castellini (2010); Szendro et *al.* (2012); Theau-Clément et *al.* (2012c) expliquent cette altération de la fonction de reproduction par la simultanéité de la gestation et de la lactation mettant, ainsi, la lapine en difficultés de pouvoir subvenir à ses besoins de lactation, de gestation et éventuellement de croissance.

Ce problème de superposition lactation-gestation se pose également pour le rythme semi intensif, malgré ses résultats intermédiaires et sa productivité relativement satisfaisante. Le rythme extensif quant à lui, il assure une bonne fertilité et prolificité, cependant il ne permet pas une bonne productivité (Lebas *et al.*, 1996; Castellini, 2010).

Afin de corriger ces répercussions négatives du rythme de reproduction sur les performances de reproduction des lapines, Castellini *et al.* (2003), suggère une alternance des rythmes intensif et extensif permettant de préserver mieux les femelles, avec un meilleur état corporel, une meilleure réceptivité et un faible taux de renouvellement.

Feugier (2006) préfère l'adoption du rythme semi intensif avec une prorogation de l'intervalle mise bas-insémination d'une semaine et une réduction de la durée de la lactation. Ce remède permet d'améliorer la fertilité des femelles et de diminuer l'utilisation des hormones pour la stimulation de l'ovulation en IA (Fortun-lamothe, 2006 ; Feugier, 2006).

II.2.1.7. Etat de santé de la femelle

Selon Theau-Clement (2005), un mauvais état sanitaire altère la réceptivité des lapines au moment de l'insémination et diminue, par conséquence, leurs performances de reproduction.

Il a été démontré que l'augmentation de la durée de vie des corps jaunes et des niveaux de progestérone à l'insémination, causant le syndrome P+, pourraient être expliqués par des infections utérines. Cependant, dans l'expérience de Theau-Clément *et al.* (2000), aucune infection utérine n'a été mise en évidence chez les lapines abattues.

II.2.2. Facteurs liés au mâle

En élevage cunicole, la fécondance des mâles constitue un point critique dans la réussite de l'IA (Ingrid, 2008). L'éjaculat d'un seul lapin peut inséminer 20 à 25 lapines (Lavara *et al.*, 2005). D'après Hulot et Matheron (1979), l'effet du mâle se traduit sur le nombre de sites d'embryons qui est une combinaison du pouvoir fécondant de la semence et de la viabilité des embryons résultant des gènes transmis par ce mâle.

Une variabilité importante des caractéristiques quantitatives et qualitatives de l'éjaculat entre et intra mâles est soulignée par plusieurs auteurs (Bencheikh, 1995; Castellini, 2008). Cette variabilité est due à plusieurs facteurs tels que le type génétique, la fréquence de collecte, l'âge et le poids ainsi que l'état sanitaire.

II.2.2.1. Effet du type génétique et variation individuelle

Un effet significatif de l'origine génétique des mâles sur la quantité et la qualité de la semence produite a été rapporté par Alvarino (2000); Theau-Clément *et al.* (2003) ; Lebas (2009).

En comparant différentes souches de lapins, Brun et *al.* (2002a) indiquent des différences de qualité du sperme notamment concernant le volume et la motilité.

En outre, Brun et *al.* (2002b) indiquent un effet significatif du croisement sur la concentration en spermatozoïdes (37% de la moyenne parentale), la motilité massale (6,8%), le taux de motilité des spermatozoïdes (4,1%) et la taille de la portée en faveur des mâles croisés.

Par contre, Garcia-Tomas et *al.* (2006) indiquent que l'utilisation des mâles croisés ne présente pas un avantage majeur par rapport à l'utilisation des mâles purs. De plus Brun et *al.* (2006), montrent que la sélection pour un poids corporel et une vitesse de croissance élevée diminue de 26% le nombre de spermatozoïdes utiles par éjaculat.

En revanche, Lebas, 2002 suggère, particulièrement en insémination artificielle, qu'il ne faut jamais "condamner" une souche pour "défaut qualitatif de la semence" sans avoir effectué au préalable un test de reproduction. En effet, Bencheick (1993) a démontré que l'utilisation de la semence de mâles appartenant à deux génotypes différents et élevés dans les mêmes conditions, a donné des résultats similaires, malgré l'existence de différences qualitatives dans leurs semences.

II.2.2.2. Effet de l'âge et poids du mâle

Par rapport aux adultes, les jeunes lapins produisent un sperme caractérisé par un volume, une concentration et un nombre de spermatozoïdes totaux et motiles moins élevés (Alvarino, 1993 ; Theau-Clément et *al.*, 2009). Selon García et *al.* (2004), la meilleure période d'utilisation des mâles en insémination artificielle se situe entre 10 et 18 mois car jusqu'à l'âge de 9 mois la production et la qualité de la semence sont faibles et au-delà de 19 à 25 mois, la concentration et le volume du sperme diminuent alors que le taux des anomalies augmente. Gogol et *al.* (2002) soulignent que la chromatine des spermatozoïdes de lapins âgés entre 6 et 16 mois est moins endommagée que celle des spermatozoïdes des mâles de moins de 5 mois et plus de 20 mois d'âge. Boussit (1989) recommande d'entraîner l'animal au vagin artificiel, au moins un mois avant l'utilisation de la semence.

Il a été confirmé que la qualité de la semence diminue au fur et à mesure que le poids du mâle augmente, en effet, selon les mêmes auteurs les mâles dont le poids est de 3200 g produisent une semence de meilleure qualité que ceux pesant 4000 g.

II.2.2.3. Fréquence des collectes

Un rythme de collecte intensif altère la spermatogenèse (augmentation du nombre de spermatozoïdes immatures) et diminue les résultats de fertilité (Joly et Theau-clément, 2000; Arroita et *al.*, 2000).

Selon Oshio et *al.* (1987), des mâles soumis à un rythme de collecte très intensif auront besoin de trois semaines pour retrouver les caractéristiques initiales de leur semence. Cependant, Bencheikh (1995) ; Bodnar et *al.* (1996) déclarent que le rythme de prélèvement extensif améliore la motilité et le pourcentage de spermatozoïdes vivants.

Un rythme de collecte de deux éjaculats successifs à 15 minutes d'intervalle, une fois par semaine (Castellini et *al.*, 2000) ou tous les deux jours (Kirtonet *al.*, 1966; Amann, 1969) permet de préserver les caractéristiques de la semence.

Néanmoins, Arroita et *al.* (2000) ; Nizza et *al.* (2001 et 2003) n'indiquent aucun effet du rythme de collecte sur les caractéristiques de la semence à savoir la motilité, le pourcentage de spermatozoïdes vivants et le pourcentage d'anomalies spermatiques.

II.2.2.4. Etat de santé du mâle

Boiti et *al.* (2005) et Castellini (2008) ont confirmé que l'augmentation du nombre des leucocytes, provoquée par une infection ou une inflammation de l'appareil reproducteur, altère fortement les fonctions testiculaires et les caractéristiques séminales et réduit l'intégrité de l'acrosome, au cours de la spermatogénèse, en augmentant la production des radicaux libres (Castellini, 2008).

II.2.3. Facteurs liés à l'environnement

II.2.3.1. Effet de l'alimentation

En IA, le flushing alimentaire peut être utilisé comme une méthode de biostimulation en remplacement des hormones (Fortun-Lamothe, 1998; Theau-Clément 2005). Avec le flushing, la majorité des performances sont améliorées chez les multipares, notamment la réceptivité (Mehasein et Abbas, 2014), la fertilité et le poids des lapereaux à la naissance et au sevrage (Manal, 2010).

Chez les nullipares, Mahaisen et Abbas (2014) ont obtenu des tailles de portée à la naissance et au sevrage et des taux de gestation et de mise bas plus élevés que l'administration d'hormones. Afin d'améliorer les tailles de portées sur les trois premiers cycles Duperray et *al.* (2015) préconisent une alternance de périodes d'alimentation *ad libitum* et de périodes de restriction avant la mise en reproduction des lapines.

Joly et Theau-Clément (2000) indiquent que les caractéristiques de la semence des mâles sont affectées lorsque le niveau des apports nutritionnels est insuffisant. Luzi et *al.* (1996) ont déconseillé le rationnement des reproducteurs. Ils ont montré que, par rapport aux mâles nourris

à l'*ad libitum*, les mâles rationnés, présentent un poids vif plus réduit (4,0 vs 4,8kg), une libido, un volume des éjaculats et un nombre de spermatozoïdes par éjaculat significativement plus faible. Alors qu'ils n'ont pas trouvé une influence du taux protéique (14,5% ou 19,7%) sur les caractéristiques de la semence. Par contre Lankri et *al.* (2019) ont montré que l'accroissement de la teneur en protéines de l'alimentation de 5.2% s'accompagne d'une amélioration de la qualité de la semence et de la libido de lapins mâles adultes.

D'autres auteurs indiquent que les carences en certaines vitamines sont préjudiciables à la fertilité male et peuvent provoquer des lésions de l'appareil génital, un blocage de la spermatogénèse (vitamine A), une atrophie des testicules et formation d'œdème interstitiel (vitamine E) (Chevrel et Cormier, 1948).

Cependant Lavara et *al.* (2000) et Mocé et *al.* (2000a) ont démontré que la supplémentation de l'aliment standard en ces deux vitamines n'améliore pas la quantité et la qualité de la semence produite ni le comportement sexuel du jeune mâle.

Par contre Castellini et *al.* (2004) et Lebas (2009) déclarent que l'ajout des vitamines C et E améliore le statut oxydatif et les caractéristiques de la semence. Le zinc est un oligo-élément qui influence directement la synthèse des hormones gonadotropes de l'axe hypothalamo-hypophysaire et stéroïdiennes Mocé et *al.* (2000a) ; son addition à l'alimentation permet, ainsi, d'améliorer la spermatogénèse (El-Masry et *al.*, 1994).

II.2.3.2. Effet de la température

Selon Saleil et *al.* (1998), les températures élevées dépriment la fertilité, par la diminution de l'intensité ovulatoire et l'augmentation de la mortalité embryonnaire. Elles affectent également la prolificité au sevrage suite à la diminution de la production laitière (Pascual et *al.*, 2001; Lebas, 2005; Szendrő et *al.*, 2012). Les températures basses peuvent avoir un impact sur la prolificité au sevrage en provoquant une forte mortalité des lapereaux au nid (Szendrő et *al.*, 2012; Schlolaut et *al.*, 2013).

L'effet de la température élevée (> 30°C) sur la reproduction du lapin mâle se traduit par :

- une altération de la production de spermatozoïdes (Lavara et *al.*, 2000) ;
- une détérioration de la qualité du sperme (Finzi, 1990 ; Lebas, 2009) notamment la concentration et le volume (Joly et Theau-Clément, 2000) et la motilité (Yan et *al.*, 1985) ;
- un accroissement du taux de mortalité (Kasa et Thwaites, 1992) ;
- anomalies des spermatozoïdes (Finzi et *al.*, 1995) ;
- une baisse de la libido.

Cependant, les basses températures comprises entre 0°C et 10°C (Lebas, 2009) ou entre 13°C et 26°C ne semblent pas affecter les caractéristiques de la semence.

II.2.3.3. Effet de l'éclairage

Theau-Clément et *al.* (2008b) mentionnent que les performances de reproduction les plus optimales sont obtenues avec une photopériode de 16h par jour. Theau-Clément (2008) et Theau-Clément et Coisne (2009) ont réussi à améliorer la productivité des lapines par un passage brutal de 8h à 16h d'éclairage journalier, 1 semaine avant l'insémination. Plusieurs auteurs ont démontré que comparativement à des durées d'éclairage supérieures à 14h sur 24h, l'exposition des mâles à un éclairage inférieur à 12h permet d'améliorer les caractéristiques de la semence par accroissement du poids des testicules (Walter et *al.*, 1968), augmentation des réserves spermatiques dans les gonades (Lebas et *al.*, 1996) et amélioration de la concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat (Cooksey et Lasley, 1963). En outre Adams et Sinch (1981) ont déclaré que des durées d'éclairage élevées seraient préjudiciables à la production spermatique et à l'ardeur sexuelle. Cependant, Theau-Clément (1994) ont montré que des mâles soumis à un éclairage de 8h sur 24h produisent une semence moins bonne en quantité et en qualité et ont une libido plus faible que des mâles soumis à 16h sur 24h d'éclairage.

II.2.4. Facteurs liés à la semence

II.2.4.1. Qualité spermatique

Certains auteurs indiquent une variation des résultats d'insémination artificielle malgré que les semences utilisées ne présentent pas de différences significatives (Garcia-Thoma et *al.*, 2006; Mocé et *al.*, 2005). Alors que d'autres obtiennent des résultats comparables avec des semences ayant des caractéristiques significativement différentes (tableau 3).

Tableau 3 : Résultats d'inséminations artificielle en fonction de la qualité spermatique (d'après Bencheick, 1993).

	Caractéristiques de la semence			Résultats de l'insémination	
	Volume (ml)	Motilité massale (0-9)	Taux de spz vivants (%)	Taux de mise bas (%)	Nés totaux/mise bas
INRA 1077	0,71	7,37	83,4	51,8	7,71
INRA 2066	0,59	6,68	72,9	48,1	7,92
Significativité	P<0,01	P<0,01	P<0,01	NS	NS

II.2.4.2. Conditions de prélèvement du sperme

Theau-Clément et *al.* (2009) ont constaté l'effet du préleveur sur les caractéristiques quantitatives et qualitatives du sperme. Boussit (1989) a constaté que le mâle répond plus à la sollicitation d'un opérateur calme, attentif et patient assurant un maximum de protection du mâle et du sperme contre différents types de stress.

II.2.4.3. Dilution et conservation de la semence

Theau-Clément et *al.* (2003) ; Castellini et *al.* (2006) indiquent une corrélation négative entre la taille de la portée et la dilution, alors qu'aucun effet de cette dernière n'a été observé par ces mêmes auteurs sur la fertilité. Maria-Pilar et *al.* (1999) ont obtenu de bons résultats de fertilité et de prolificité avec 26 et 48 x 10⁶ spermatozoïdes par dose d'insémination. Toutefois, il a été préconisé 150.000 à 500.000 comme un nombre minimum de spermatozoïdes intacts par dose d'insémination.

Bamba et Cran (1988) indiquent qu'un réchauffement rapide de 5°C à 37°C de la semence conservée déprime la fertilité. Les mêmes auteurs expliquent cet effet par des changements morphologiques importants au niveau de l'acrosome.

Salvetti (2004) indique une grande variabilité de réponse à la congélation entre les différentes populations, entre individus et même entre éjaculats d'un même individu, ce qui rend ces résultats difficilement reproductibles. Chen et *al.* (1989) ; Mocé et *al.* (2003) soulignent, en revanche, que l'utilisation de la semence congelée chez le lapin a parfois donné des résultats de fertilité et de prolificité proches de ceux obtenus avec de la semence fraîche.

Des milieux adaptés à la congélation de la semence sont proposés par Mocé et *al.* (2003) et Salvetti et *al.* (2005). Costantini (1988) recommande d'immerger les paillettes congelées dans de l'eau à 35-37°C, pendant 15 à 20 secondes afin de surmonter les phases critiques liées à la décongélation de la semence. Malgré l'utilisation restreinte de la cryoconservation chez le lapin (Salvetti et *al.*, 2005), de bons résultats ont été obtenus par cette technique. En effet, quelques auteurs ont obtenu des taux de fertilité de 68,88 et 84% avec des dilueurs contenant respectivement du DMSO (diméthylsulfoxyde) et de l'acétamide

Conclusion

La filière cunicole a connu des avancées scientifiques importantes depuis la décennie 1980. L'objectif de cette synthèse bibliographique a été de faire le point sur les connaissances des facteurs de réussite de l'insémination et les méthodes susceptibles d'induire la réceptivité des lapines au moment de l'insémination afin d'améliorer leur fécondité.

Les résultats de ces différentes recherches ont fait l'objet de nombreuses publications dans des revues spécialisées (Cuniculture-Science et Word Rabbit Science) et de rencontres scientifiques dans le domaine de la cuniculture (Word Rabbit , JRC). Compte tenu de notre thème de recherche, nous avons axé notre étude bibliographique sur une synthèse des progrès réalisés sur le volet de la physiologie reproductive et des connaissances sur les principales particularités du lapin tant que reproducteur. Nous avons également fait le point sur les paramètres de reproductions de l'espèce cunicole, ainsi que leurs facteurs de variation. Nous avons terminé cette partie par une synthèse bibliographique, rédigée pour répondre à l'objectif principal de notre étude en mettant en valeur l'insémination artificielle et ses facteurs de variation.

Partie 2
Expérimentations

Introduction

Les aptitudes génétiques de la lapine s'expriment en fonction d'un ensemble de facteurs liés aux aspects nutritionnels et environnementaux, stimulant la vie reproductrice de la lapine via l'axe hypothalam-hypophyso-ovarien (Lebas *et al.*, 1991). Ces facteurs, liés à la fois à l'animal (génétique, âge, œstrus, état de lactation, parité...) et à son milieu (saison, alimentation, conditions d'ambiance...) influencent les performances de reproduction de la lapine sur le plan qualitatif (fertilité) et quantitatif (prolificité).

En Algérie, pas mal de travaux ont fait l'objet d'investigations sur la reproduction des lapines de la SS, en particulier dans la région centre (Tizi-Ouzou). La majorité de ces travaux adoptaient la saillie naturelle comme mode de reproduction. Cependant, très peu de ces travaux ont utilisé l'insémination artificielle pour cette souche, davantage dans l'ouest de l'Algérie en général et dans la région de Chlef qui connaît un développement très insignifiant dans ce domaine, en particulier.

Dans ce contexte s'inscrivent les objectifs de nos expérimentations, motivés par l'engouement actuel pour le développement de la cuniculture en particulier dans la région de Chlef, tout en recherchant d'améliorer les performances de reproduction des lapins de cette souche et en encourageant les éleveurs à adopter l'insémination artificielle comme mode de reproduction dans leurs élevages.

Nos essais étaient réalisés dans les conditions suivantes :

- Un bâtiment aménagé du type élevage où les conditions d'ambiance, peu contrôlées, sont proches de celles retrouvées chez les éleveurs de la région de Chlef.
- Des reproducteurs de la souche synthétique algérienne « ITELV 2006 » présentant plusieurs phénotypes ;
- Un aliment granulé mixte disponible sur le marché ;
- Un mode de reproduction par IA ;
- Un rythme de reproduction semi-intensif avec un intervalle IA de 42 jours.

Nous exposons dans le 1^{er} chapitre « considérations générales des expérimentations » le lieu et les conditions générales du déroulement de l'expérimentation tandis que les protocoles et les résultats propres à chaque étude seront présentés dans les chapitres correspondants sous forme d'article ou communication internationale. Les travaux traités indépendamment dans ces chapitres sont :

- a. Influence de la saison sur les performances de reproduction de lapines : **Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : effet de la saison ;**
- b. Influence d'un accroissement de la teneur en acides gras oméga 3 de l'alimentation des lapines reproductrices sur leurs paramètres reproductifs : **Effect of omega 3 on the reproductive performance of the algerian synthetic rabbit in artificial insemination**
- c. Influence du type d'induction de l'ovulation chez la lapine de la souche synthétique sur ses performances de reproduction : **Influence of type of stimulation on the success of artificial insemination in rabbits does of the synthetic strain.**
- d. Influence du stade d'allaitement de la lapine sur les paramètres de reproduction : **Performances de reproduction des lapines de la souche « ITELV 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insémination artificielle Résultats préliminaires.**

Enfin, les résultats enregistrés au cours de nos quatre études feront l'objet d'une discussion générale.

Chapitre 1
Considérations générales

Chapitre 1. Considérations générales

1. Objectif

Cette étude fait partie des activités de l'équipe de recherche dirigée par le Professeur A. AICHOUNI au niveau du laboratoire de Bio ressources naturelles de l'université Hassiba Benbouali de Chlef. Elle est motivée par le développement actuel important de l'élevage cynicole en Algérie et par le succès de l'utilisation de l'IA dans des pays développés en cet élevage.

Notre étude a pour objectif principal d'évaluer les performances des lapines de la souche synthétique algérienne « ITELV 2006 », à savoir la fertilité et la prolificité des femelles reproductrices ; la mortalité et le poids des lapereaux à la naissance et au sevrage, en utilisant le mode de reproduction de l'IA. Nous nous sommes également intéressés, à l'étude de l'effet de quelques facteurs susceptibles d'influencer la réussite de cette biotechnologie chez cette souche. Ces facteurs sont liés soit à la femelle (stade d'allaitement), soit au milieu (alimentation, saison), soit à la stratégie choisie par l'éleveur (mode d'induction de l'ovulation).

2. Matériels et méthodes

2.1. Lieu de l'étude

Notre travail a été réalisé au niveau de l'animalerie de l'université Hassiba Ben Bouali de Chlef (figure 1). La Wilaya de Chlef est située dans le nord de l'Algérie à environ 200km à l'ouest d'Alger. La superficie totale de la wilaya est de 4 791 km². Elle possède 120km de côtes sur la méditerranée. Elle dispose notamment de trois ensembles géographiques avec la chaîne de la Dahra au nord, les monts de l'Ouarsenis au sud et la plaine du Cheliff entre les deux. Le nord de la wilaya dispose d'un climat doux et très humide. Le sud subit un climat chaud et sec en été, froid et pluvieux en hiver. La wilaya est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'est par les Wilayas de Tipaza et Aïn Defla, à l'ouest par la wilaya de Mostaganem et au sud par les wilayas de Tissemsilt et Relizane. L'économie de la wilaya repose essentiellement sur l'agriculture et l'élevage. Cependant, l'industrie et le tourisme restent à développer.

La wilaya de Chlef est caractérisée par une vocation agricole, elle est située sur la plaine du moyen Chellif et dispose de ressources hydriques importantes. La superficie agricole représente 65,43 % de la superficie totale de la wilaya. La production agricole est composée par des cultures diversifiées : céréales, légumes secs, arboricultures, fourrages, cultures

industrielles, etc. Le patrimoine animal de la Wilaya est également diversifié : bovins, ovins et caprins.



a: Extérieur de l'animalerie

b: Intérieur de l'animalerie

Figure 1 : Animalerie de l'université Hassiba Benbouali, Chlef.

2.2. Bâtiment de l'élevage et équipements

Le bâtiment dispose d'une maternité (figure 2), une salle pour la collecte du sperme équipée d'une cage de collecte et un laboratoire pour la réalisation des analyses.

En dehors de la période de gestation, les lapines et les mâles sont logés dans des cages d'élevage grillagées galvanisées de type Flat-Deck. Chaque cage est munie d'une mangeoire et d'un abreuvoir semi-automatique. Durant la gestation les lapines sont logées dans des cages de maternité équipées de boîtes à nids de 30 x 45 cm.



Figure 2 : La maternité.

2.3. Matériel biologique

Deux cent vingt-neuf (229) lapines de la souche synthétique « ITELV 2006 » ont été utilisées dans nos expérimentations selon la répartition de la figure 3. Les lapines étaient de phénotype hétérogène, représenté par des couleurs de robes variées : le marron, le noir, le blanc, le gris et parfois mélangé ou tacheté (blanc noir, gris noir, blanc gris, marron blanc.....) (Figure 4).

Des mâles appartenant au même génotype ont été utilisés pour la collecte du sperme. Il s'agit d'une souche synthétique, issue de l'insémination de femelles de la population locale, bien adaptée aux conditions climatiques, mais dont la prolificité et le poids sont trop faibles, par de la semence de mâles de la souche INRA 2666. La souche obtenue est sélectionnée sur plusieurs générations depuis décembre 2003 jusqu'au Février 2012 où elle a été diffusée chez les éleveurs.

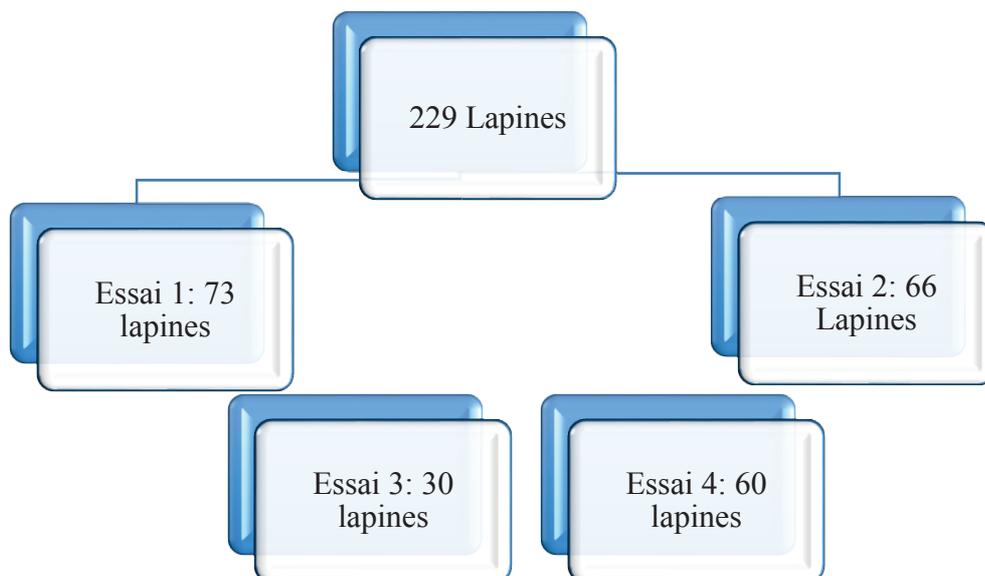


Figure 3 : Répartition des lapines sur l'ensemble des expérimentations.



Figure 4 : Quelques phénotypes des lapines utilisées dans les expérimentations

2.4. Conditions d'élevage

A l'intérieur du bâtiment d'élevage, l'aération est assurée naturellement par des fenêtres et artificiellement par deux extracteurs d'air. La lumière est naturelle, complétée par des néons pour une durée de 16 heures par jour.

Durant la période expérimentale, les animaux reçoivent un aliment commercial de type granulé fabriqué, conditionné dans des sacs spéciaux de 25g et composé de 14.5% de PB et 9.45% de CB (tableau 1, chapitre 1, partie expérimentale).

Selon l'étiquetage des sacs, l'aliment est composé de grains de céréales, produits et sous-produits de grains oléagineuses, fourrages séchés, minéraux, produits et sous-produits de la fabrication du sucre, produits et sous-produits de grains de céréales, huiles et graisses, DL-méthionine, vitamine E, D3, A et oligo-élément.

L'eau est distribuée à volonté par un système d'abreuvement semi-automatique, chaque cage est munie d'une tétine montée sur un tuyau rigide relié à un dispositif de remplissage assuré par deux réservoir de 200 litres.

2.5. Hygiène et prophylaxie

L'hygiène du bâtiment est assurée par le nettoyage quotidien des clapiers d'élevage. Les cages de maternité sont désinfectées après chaque sevrage. L'état de santé des mères et de leurs portées est contrôlé quotidiennement et les individus morts sont immédiatement éloignés du bâtiment d'élevage.

La prophylaxie est assurée par l'administration d'un vaccin antiparasitaire « IVOMEC » et anti-entérotaxémies « COGLAVAX », ainsi que par l'addition de quelques vitamines et minéraux dans l'eau de boisson, afin de prévenir les problèmes liés aux carences en ces éléments.

2.6. Conduite de la reproduction

2.6.1. Collecte et évaluation du sperme

Un vagin artificiel (figure 5), conçu d'une manière artisanale, muni d'un tube de collecte est utilisé pour la récolte du sperme. Une seringue de 50ml est utilisée pour injecter de l'eau tiède dans le corps du vagin.



Figure 5 : Préparation du vagin artificiel

La collecte du sperme (figure 6) a été réalisée le matin dans le calme pour éviter de stresser l'animal.



Figure 6 : Collecte du sperme.

La détermination des caractéristiques, notamment microscopiques du sperme collecté est assurée par un microscope optique, cellule de thomas et quelques gouttes d'éosine-nigrosine. Le pH du sperme est évalué à l'aide d'un pH mètre ou à défaut un papier à pH.

2.6.2. Contrôle de la réceptivité, induction de l'ovulation et mise en place de la semence

Le contrôle de la réceptivité se fait par deux méthodes :

1. l'observation de la couleur de vulve des lapines avant l'insémination. Les femelles ayant la vulve rouge sont déclarées réceptives (Figure 7), alors que les femelles avec vulve rose ou blanche sont non réceptives.
2. La présentation des femelles au mâle. Les femelles réceptives prennent la position de lordose avec croupe relevée. Alors que les femelles non réceptives ont tendance à se blottir dans un angle de la cage et deviennent parfois agressive.



a. Femelle réceptive



b. Femelle non réceptive.

Figure 7 : Contrôle de la réceptivité des lapines

Le matériel de dépôt de la semence est constitué d'une gaine d'insémination adaptée à l'élevage cunicole, munie d'une seringue de 50cc pour assurer la mise en place de la semence (figure 9).



Figure 8 : Induction de l'ovulation par injection de la GnRH.



Figure 9 : Dépôt de la semence.

2.6.3. Diagnostic de la gestation

La palpation trans abdominale (figure 10) est pratiquée vers le 12ème jour (entre le 10ème et le 14ème jour) après l'IA. Si elle révèle la présence d'embryons, elle est dite positive. Cette opération doit être déroulée dans un maximum de douceur pour éviter d'avorter la femelle.



Figure 10 : Diagnostic de la gestation par palpation abdominale

2.7. Contrôles effectués

Les différents contrôles effectués durant la période d'expérimentation, au moment de l'IA, de la palpation, de la mise bas et du sevrage sont résumés dans la figure 11.

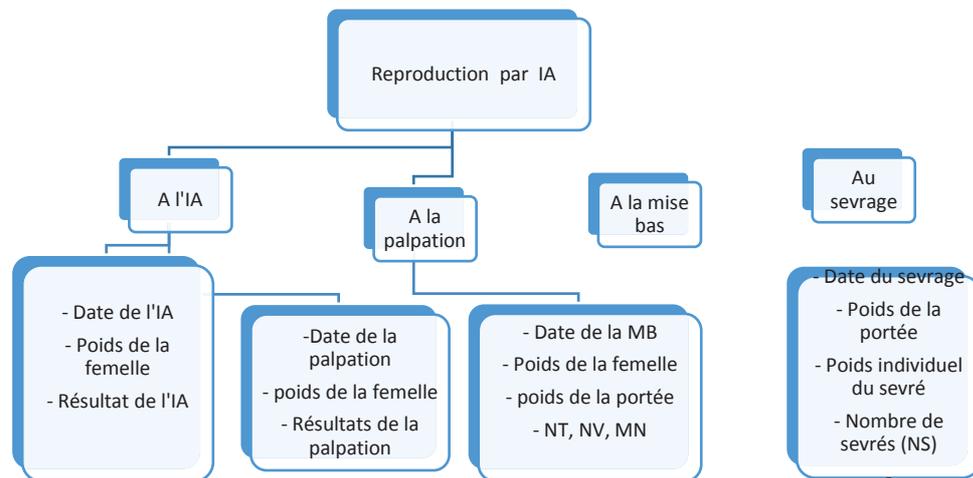


Figure 11 : Contrôles effectués pour les paramètres de reproduction.

3. Traitement statistique

L'ensemble des variables a été analysé en utilisant des modèles d'analyse de variance à effets fixés avec le logiciel STAT, version 5).

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de tableaux et de graphes. Les présentations graphiques sont réalisées à l'aide de Microsoft Excel 2010. Les significations statistiques sont notées : - **ns** : non significatif ; - **s** : significatif au seuil de 5 p100 ;

Quand l'effet est globalement significatif, les moyennes sont comparées 2 à 2 par un test de STUDENT ou Fisher. Les moyennes significativement différentes au seuil de 5% sont suivies de lettres différentes (^a, ^{ab}, ^b, ^c, ...).

Chapitre 2

*Performances de lapines de
souche synthétique algérienne
conduites*

*en insémination artificielle :
Effet de la saison (Essai 1)*

Chapitre 2. Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : Effet de la saison (Essai 1)

Pour réussir et rentabiliser un élevage, il est nécessaire de prendre en compte tous les facteurs de production avec leurs interactions, en particulier faire un choix raisonné des reproducteurs, de l'alimentation, du bâtiment avec son équipement et de la conduite d'élevage.

Dans la région de Chlef, l'élevage cunicole est pratiqué à un niveau fermier et en conditions d'ambiance notamment température et éclairage non contrôlées. Par conséquent, les performances de reproduction des lapines sont faibles ou déprimées, particulièrement en saison chaude, ce qui pousse les éleveurs, souvent, à réduire la taille de leur troupeau en été.

Les résultats portant sur l'évaluation des performances en relation avec la saison et leur discussion seront présentés sous leur forme publiée dans la revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, en 2020 sous l'intitulé « Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : effet de la saison ».

L'étude avait pour objectif de caractériser les performances reproductives (fertilité, prolificité, mortalités) et pondérales de 73 lapines de la souche synthétique algérienne « ITELV 2006 », conduites en IA, durant deux années consécutives (2017 et 2018) en analysant l'effet de la saison sur les critères étudiés.

Performances de lapines de souche synthétique algérienne conduites en insémination artificielle : effet de la saison

Khedidja Boudour^{1*} El Hassen Lankri¹
Nacira Daoudi Zerrouki² Ahmed Aichouni³

Mots-clés

Oryctolagus, lapin, poids, fertilité, prolificité, mortalité, saison, Algérie

Submitted: 19 October 2019
Accepted: 19 February 2020
Published: 29 June 2020
DOI: 10.19182/remvt.31880

Résumé

L'objectif de l'étude a été de caractériser les performances reproductives (fertilité, prolificité, mortalités) et pondérales des lapines de la souche synthétique algérienne « ITELV 2006 », conduites en insémination artificielle (IA) avec un rythme semi-intensif (intervalle mise bas – IA de 12 jours). Durant deux années consécutives (2017 et 2018), un suivi de la conduite de reproduction de 73 lapines, faisant l'objet de 327 IA, a été mené à l'animalerie de l'Université de Chlef (Algérie). Durant la durée de l'étude, les IA ont été réalisées à partir d'une semence récoltée chez des mâles du même type génétique et analysée localement. Les données relatives à l'IA, à la palpation, à la mise bas et au sevrage ont été enregistrées pour l'ensemble des femelles. L'effet de la saison sur les critères de poids et les performances de reproduction des lapins a été analysé. Toutes les données ont été soumises à une analyse de variance. Les femelles ont montré une bonne prolificité de $9,5 \pm 2,4$ nés totaux dont $8,4 \pm 2,9$ nés vivants par mise bas et $7,4 \pm 2,6$ sevrés par sevrage, avec des taux de fertilité de $85,6 \pm 35,1$ % à la palpation et $69,7 \pm 45,9$ % à la mise bas. Le poids adulte des femelles à l'IA était de 3584 ± 391 g. Le lapereau pesait en moyenne 63 ± 13 g à la naissance et 490 ± 81 g au sevrage. Un effet très significatif de la saison a été enregistré sur la fertilité et la prolificité des lapines, et sur le poids et la mortalité des lapereaux avec les plus faibles valeurs enregistrées en saison chaude (63 % de fertilité). Cependant, les femelles sont restées productives durant cette période de grande chaleur.

■ Comment citer cet article : Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A., 2020. Performances of Algerian-synthetic-strain rabbits managed with artificial insemination: Effect of the season. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.*, 73 (2): 91-98, doi: 10.19182/remvt.31880

■ INTRODUCTION

Un programme de recherche a été mis en place pour améliorer le potentiel génétique des lapins destinés à la production de viande en Algérie. Il a abouti à la création et la diffusion d'un nouveau génotype cunicole appelé « ITELV 2006 ». La souche est sélectionnée depuis décembre 2003 (Gacem et al., 2009) dans le but d'avoir une bonne

croissance et une meilleure adaptation aux conditions climatiques de l'Algérie.

Depuis sa diffusion chez les éleveurs en février 2012, cette souche synthétique a fait l'objet de nombreux travaux qui ont consisté tout d'abord à décrire ses caractéristiques. La majorité de ces travaux a porté sur une description des caractéristiques en comparaison avec les populations locales (Bolet et al., 2012 ; Zerrouki et al., 2014 ; Sid et al., 2018a). La conduite de la reproduction est la saillie naturelle, avec un rythme semi-intensif appliqué dans les élevages étatiques et privés, et se définissant par un intervalle mise bas – insémination artificielle (IA) de 11 à 12 jours. Ces études mettent en évidence des différences plus ou moins importantes sur le poids de la femelle à la saillie, à la palpation et à la mise bas, et sur la taille des portées à la naissance et au sevrage, en faveur de la souche synthétique.

Bien que la maîtrise de la technique de l'IA ait permis la mise en place d'un nouveau système de production se définissant par la conduite en

1. Laboratoire de bio ressources naturelles, Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.

2. Laboratoire ressources naturelles, Université Mouloud Maameri, Tizi Ouzou, Algérie.

3. Centre universitaire El wancharissi, Tissemsilet, Algérie.

* Auteur pour la correspondance

Tél. : +213 (0)2 772 7906 ; email : k.boudour@univ-chlef.dz

 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

bande, permettant d'inséminer toutes les femelles en même temps et assurant ainsi une meilleure organisation des élevages en réduisant les tâches et le temps consacrés à la reproduction (Dal Bosco et al., 2011), peu de travaux scientifiques ont utilisé ce mode de reproduction pour la souche synthétique ITELV 2006.

Pour bénéficier des progrès génétiques qui ont mené à la création de la souche synthétique et définir les meilleures conditions pour la production, la présente étude a eu pour objectif l'évaluation des performances de reproduction (fertilité et prolificité des femelles reproductrices, mortalités et poids des lapereaux à la naissance et au sevrage) d'un cheptel de lapines de la souche synthétique tout en utilisant l'IA et en analysant l'effet de la saison sur les paramètres étudiés.

■ MATERIEL ET METHODES

Animaux

Soixante-treize lapines, de couleur de robe très hétérogène, appartenant à la souche ITELV 2006 acquise auprès de l'Institut technique des élevages (ITELV) à la station Lamtar d'Alger, ont été utilisées. Ce génotype a été créé par IA entre des femelles de la population locale algérienne et des mâles de la souche française « INRA 2666 », sélectionnée pour sa prolificité (9 lapereaux nés vivants par mise bas et 7,5 sevrés ; Gacem et al., 2008), suite à une coopération entre l'ITELV et l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) de Toulouse.

Conditions expérimentales

L'expérimentation s'est déroulée à l'animagerie de l'université de Chlef, pendant 12 mois. De janvier à juin 2017, 38 lapines ont été utilisées puis, de juillet à décembre 2018 et au début de cette deuxième période, 35 lapines de poids et d'âge comparable les ont remplacées en totalité. Les animaux ont été logés dans un bâtiment construit en dur, disposant de fenêtres assurant l'aération et l'éclairage naturel, et muni d'extracteurs pour la ventilation. Les cages disposées en *flat-deck* (surélevées et à un seul niveau) et conçues avec un grillage métallique mesuraient 60 cm de longueur sur 45 cm de largeur et 30 cm de hauteur. Les cages des reproductrices étaient équipées de boîtes à nid de 30 cm x 45 cm. Les lapins sevrés et les reproducteurs mâles ont été logés dans des cages d'engraissement. Les cages de maternité et d'engraissement étaient équipées d'une mangeoire à distribution manuelle, et l'abreuvement était automatique et fourni à volonté. Les animaux recevaient un aliment standard commercial sous forme de granulés, contenant 14,5 % de protéines brutes et 9,5 % de cellulose brute.

L'hygiène du bâtiment était assurée par le nettoyage quotidien des clapiers. Les cages de maternité étaient désinfectées après chaque sevrage. L'état de santé des mères et de leurs portées était contrôlé quotidiennement et les individus morts étaient immédiatement sortis du bâtiment d'élevage. La prophylaxie était assurée par l'administration d'un vaccin antiparasitaire (Ivomec) et d'un vaccin contre les entérotoxémies (Coglavax), ainsi que par l'addition de vitamines C et choline pour prévenir les troubles digestifs lors du sevrage, et de minéraux dans l'eau de boisson afin de prévenir les problèmes liés aux carences.

Conduite de la reproduction

Les soixante-treize lapines ont été inséminées pour la première fois à un âge de quatre à cinq mois et un poids moyen de 3250 ± 407 g. L'intervalle mise bas - IA était de 12 jours. Au total 327 IA ont été réalisées avec des mâles de même type génétique. Au début de l'essai, leur âge variait de 7,5 à 8 mois et ils pesaient en moyenne 3745 ± 381 g. Les éjaculats ont été analysés immédiatement après collecte. S'ils étaient de qualité et quantité suffisantes, ils étaient dilués 10 fois dans un dilueur commercial (Galap).

Les femelles étaient inséminées avec une dose de 0,3 ml de semence diluée, juste après avoir reçu 0,3 ml de gonadolibérine (GnRH) injectée en intramusculaire pour déclencher l'ovulation. Les lapines ont été totalement renouvelées pour l'année 2018 avec des lapines du même poids et du même âge que celles de l'année précédente (2017). Durant les deux périodes de l'expérimentation, les lapines mortes ont été remplacées pour maintenir l'effectif constant.

Le diagnostic de gravidité a été fait par palpation abdominale 12 jours après l'IA. Les femelles non gravides étaient à nouveau inséminées le jour même ou au plus tard le lendemain de la palpation. A l'approche de la mise bas (à 4 ou 5 jours de la date prévue pour la mise bas), des boîtes à nid étaient placées dans la cage des lapines. Le nombre de lapereaux nés vivants et mort-nés a été dénombré après la mise bas. Les lapereaux vivants ont été pesés collectivement. Le sevrage a été réalisé à 30 jours. Les lapereaux ont été ensuite transférés dans des cages d'engraissement après dénombrement, pesée et sexe.

Contrôles effectués

Le poids de la femelle, la date de l'IA, la date de la palpation, le poids de la femelle à l'IA, le résultat de la palpation, le poids de la femelle à la palpation, la date de la mise bas, le poids de la femelle à la mise bas, le poids de la portée vivante, le nombre total de lapereaux (NT), le nombre de lapereaux nés vivants (NV), le nombre de mort-nés (MN), la date du sevrage, le poids individuel du lapereau sevré, le nombre et le sexe des lapereaux sevrés (NS) ont été enregistrés.

Variables étudiées

Nous avons étudié le taux de gravidité (nombre de femelles palpées positivement / nombre de femelles inséminées), le taux de mise bas (nombre de femelles ayant mis bas / nombre de femelles inséminées), la prolificité à la naissance (NV / nombre de mises bas), la mortalité ([NT-NV]/NT×100), les mortalités naissance-sevrage ([NV-NS]/NV×100), le poids moyen des femelles à l'IA, à la palpation et à la mise bas, le poids de la portée à la naissance et au sevrage, et le poids moyen des lapereaux à la naissance et au sevrage.

Effet considéré

Nous avons considéré l'effet saison de l'IA avec trois niveaux comme définis par Zerrouki et al. (2014), divisant l'année en trois saisons de quatre mois, en relation avec les températures habituellement observées et en tenant compte du climat de la zone d'étude : la période qui précède la saison chaude (AV) du 1^{er} février au 31 mai, la saison chaude (CH) du 1^{er} juin au 30 septembre, et la période postérieure à la saison chaude (AP) du 1^{er} octobre au 31 janvier.

Analyse statistique

Les résultats obtenus pour l'ensemble des variables (mesurées et calculées) ont été analysés avec le logiciel XLstat2016 en faisant une analyse de variance (Anova) prenant en compte l'effet de la saison de l'IA. Dans le cas de différences significatives, les moyennes ont été comparées deux à deux par le test de Fisher.

■ RESULTATS

Durant 12 mois (de janvier à juin 2017, et de juillet à décembre 2018), 327 inséminations ont été réalisées chez les 73 lapines de la souche synthétique. Elles ont donné lieu à 228 mises bas, 1920 lapereaux nés vivants et 1580 lapereaux sevrés sur 213 sevrages. Les critères pondéraux des lapines et de leurs portées, les performances reproductives des femelles ainsi que l'effet de la saison ont été analysés.

Performances pondérales des lapines et de leurs portées

Les lapines de la souche synthétique pesaient en moyenne 3584 ± 391 g à l'IA, 3707 ± 346 g à la palpation, et 3630 ± 346g à la mise bas. Le poids moyen du lapereau était de 63 ± 13 g à la naissance et de 490 ± 81 g au sevrage (tableau I).

Performances de reproduction

Le tableau II montre les moyennes des performances de reproduction (taux de gravidité, taux de mise bas, mortalités, nombre de lapereaux nés, morts et sevrés). La fertilité des lapines estimée soit par le taux de gravidité (résultat de la palpation), soit par nombre de mises bas par rapport au nombre de femelles inséminées a été respectivement de 85,6 ± 35,1 % et de 69,7 ± 45,9 %. La prolificité des lapines a été de 9,5 ± 2,4 nés totaux dont 8,4 ± 2,9 nés vivants et 7,4 ± 2,6 sevrés. Les mortalités enregistrées étaient de 13,5 % à la naissance et 13,7 % au nid.

Effet de la saison sur les performances pondérales

La saison a influencé significativement tous les caractères pondéraux des lapines et de leurs portées (tableau III). Les femelles inséminées avant ou après la CH ont été significativement plus lourdes (3651 g et 3616 g ; p = 0,001) que celles inséminées pendant la CH (3471 g).

Tableau I

Critères pondéraux chez les lapines et les lapereaux de souche synthétique ITELV 2006 en Algérie

Critère	n	Moy	ET	CV	Min	Max
PIA (g)	327	3584	391	0,10	2490	4495
PPI (g)	327	3707	346	0,09	2730	4585
PMB (g)	228	3630	346	0,09	2735	4470
PPV (g)	228	535	199	0,37	43	905
PMV (g)	228	63	13	0,20	39	87
PMS (g)	213	490	81	0,16	373	708

ET : écart-type ; CV : coefficient de variation ; Min : minimum ; Max : maximum ; PIA : poids de la femelle à l'insémination artificielle ; PPI : poids de la femelle à la palpation ; PMB : poids de la femelle à la mise bas ; PPV : poids de la portée vivante ; PMV : poids moyen du lapereau vivant ; PMS : poids moyen du lapereau sevré

Tableau II

Performances de reproduction des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en Algérie

	n	Moy	ET	CV	Min	Max
TG (%)	327	85,6	35,1	0,48	0	100
TMB (%)	327	69,7	45,9	0,66	0	100
NT	228	9,5	2,4	0,24	2	12
NV	228	8,4	2,9	0,35	0	12
MN	228	1,1	1,6	1,48	0	8
MNT (%)	228	13,5	21,9	1,62	0	100
NS	213	7,4	2,6	0,34	1	12
MN-S (%)	213	13,7	13,7	1,00	0	100

Moy : moyenne ; ET : écart-type ; CV : coefficient de variation ; Min : minimum ; Max : maximum ; TG : taux de gravidité ; TMB : taux de mise bas ; NT : nés totaux ; NV : nés vivants ; MN : mort-nés ; MNT : mortinatalité ; NS : nombre de sevrés ; MN-S : mortalités entre la naissance et le sevrage

Tableau III

Variation des caractères pondéraux (g) des lapins de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie

Saison	AV	CH	AP	P
PIA	3651a ± 400 (n = 151)	3471b ± 406 (n = 108)	3616a ± 295 (n = 68)	0,001
PPI	3792a ± 334 (n = 151)	3593b ± 372 (n = 108)	3701a,b ± 269 (n = 68)	0,0001
PMB	3689a ± 348 (n = 114)	3529b ± 351 (n = 68)	3641a,b ± 294 (n = 46)	0,01
PPV	658a ± 123 (n = 114)	365b ± 196 (n = 68)	480c ± 136 (n = 46)	0,0001
PMV	68a ± 7,5 (n = 114)	55b ± 15 (n = 68)	60c ± 13,2 (n = 46)	0,0001
PMS	506a ± 83 (n = 103)	485a,b ± 89 (n = 64)	462b ± 49 (n = 46)	0,007

AV : précède la saison chaude (1 février – 31 mai) ; CH : saison chaude (1 juin – 30 sept.) ; AP : suit la saison chaude (1 oct. – 31 janv.) ; PIA : poids de la femelle à l'insémination artificielle ; PPI : poids de la femelle à la palpation ; PMB : poids de la femelle à la mise bas ; PPV : poids de la portée vivante ; PMV : poids moyen du lapereau vivant ; PMS : poids moyen du lapereau sevré

a,b,c Sur une même ligne les valeurs sans lettre commune sont différentes au seuil de 5 %.

L'influence des fortes températures estivales (juin à septembre) a également été observée sur le poids de la lapine à la palpation et à la mise bas. Les plus faibles poids ont été obtenus en CH alors que les lapines étaient plus lourdes pendant la période précédant (AV) la CH (3593 g contre 3792 g ; p = 0,0001, pour le poids à la palpation ; et 3529 g contre 3689 g, p = 0,01 pour le poids à la mise bas).

La saison a influencé significativement (p < 0,0001) le poids moyen des portées à la naissance. Elles ont été plus lourdes avant les fortes chaleurs, c'est-à-dire pendant la période fraîche (658 g vs 365 g pour CH, et 480 g pour AP) (tableau III). Les mises bas de la CH donnent des lapereaux moins lourds que ceux des AP et AV (respectivement 55 g vs 60 g vs 68 g ; p = 0,0001). Le poids moyen des lapereaux au sevrage a été fortement influencé par la saison (p = 0,007). Les lapereaux sevrés avant la CH ont été plus lourds (506 g) que ceux sevrés après la CH (462 g) ou pendant la CH (485 g).

Effet de la saison sur les performances de reproduction

Les contrastes de poids enregistrés à travers les variations saisonnières ont été accompagnés de variations des performances de reproduction. En général, la période AV (saison fraîche de février à mai), pendant l'allongement de la photopériode naturelle, a permis des performances optimales (tableaux IV et V).

Effet de la saison sur la fertilité et la mortinatalité

Le taux de gravidité a varié significativement (p = 0,017) en fonction de la saison. La valeur la moins élevée a été obtenue pendant la période succédant la CH (75 %), alors que le taux le plus important a été enregistré pendant la saison précédant la CH (89,4 %), conduisant à un résultat intermédiaire (tableau IV). Les taux de mortalités à la naissance n'ont pas différé significativement entre la période avant la CH (7,5 %) et après (9,4 %). En revanche, c'est au cours de la CH que le taux de mortinatalité a été le plus élevé (26,2 % ; p = 0,0001).

Tableau IV

Variation de la fertilité des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie

Saison	AV	CH	AP	P
TG	89,4a ± 30,8 (n = 151)	87a,b ± 33,6 (n = 108)	75b ± 43,3 (n = 68)	0,017
TMB	75,5a ± 43 (n = 151)	63b ± 48,3 (n = 108)	67,6a,b ± 43,3 (n = 68)	0,031
MNT	7,5a ± 14,2 (n = 114)	26,2b ± 31 (n = 68)	9,4a ± 11 (n = 46)	0,0001

AV : précède la saison chaude, (1 février – 31 mai) ; CH : saison chaude (1 juin – 30 sept.) ; AP : suit la saison chaude (1 oct. – 31 janv.) ; TG : taux de gravidité ; TMB : taux de mise bas ; MNT : mortalité

^{a,b} Sur une même ligne les valeurs sans lettre commune sont différentes au seuil de 5 %.

Tableau V

Variation de la prolificité des lapines de souche synthétique ITELV 2006 en fonction de la saison en Algérie

Saison	AV	CH	AP	P
NT	10,5a ± 1,5 (n = 114)	8,1b ± 2,8 (n = 68)	9b ± 2,1 (n = 46)	0,0001
NV	9,8a ± 1,9 (n = 114)	6,4b ± 3,5 (n = 68)	8,1c ± 2,2 (n = 46)	0,0001
MN	0,7a ± 1,4 (n = 114)	1,8b ± 1,9 (n = 68)	0,8a ± 0,9 (n = 46)	0,0001
NS	8,2a ± 1,9 (n = 103)	6,4b ± 3,2 (n = 64)	7,1b ± 2,5 (n = 46)	0,0001

AV : précède la saison chaude, (1 février – 31 mai) ; CH : saison chaude (1 juin – 30 sept.) ; AP : suit la saison chaude (1 oct. – 31 janv.) ; NT : nés totaux ; NV : nés vivants ; MN : mort-nés ; MNT : mortalité ; NS : nombre de sevrés

^{a,b,c} Sur une même ligne les valeurs sans lettre commune sont différentes au seuil de 5 %.

Effet de la saison sur la prolificité

L'effet positif de la période fraîche a été observé sur la prolificité des lapines (10,5 NT, 9,8 NV et 8,2 NS ; $p = 0,0001$). A l'opposé, le nombre de lapereaux vivants a été le plus faible (6,4) et le nombre de mort-nés le plus élevé (1,8) pendant la CH. L'effet négatif de la CH s'est répercuté significativement ($p = 0,0001$) sur le nombre de lapereaux sevrés : les lapines inséminées à la CH ont sevré moins de lapereaux que celles inséminées avant (-1,8 lapereau) ou après (-0,7 lapereau) la CH. Cependant, le nombre de NT et de NS n'a pas varié significativement entre la CH et la saison qui lui a succédé (8,1 et 9 pour les NT, et 6,4 contre 7,1 pour les NS).

■ DISCUSSION

Performances pondérales des lapines et de leurs portées

Sid et al. (2018a) relèvent des poids moyens de 3260 ± 450 g à la saillie, 3370 ± 430 g à la palpation et 3190 ± 360 g à la mise bas pour une durée d'essai de 18 mois. Lors des premiers travaux sur la sélection et l'homogénéisation de cette souche synthétique à la station de Baba Ali (Alger), Gacem et al. (2009) enregistrent un poids moyen à la saillie similaire à celui enregistré chez nos lapines (3633 g). Bolet et al. (2012) obtiennent un poids moyen à la mise bas moins élevé

(3436 g), Chibah (2016) un poids beaucoup moins élevé (3163 g), mais Zerrouki et al. (2014) un poids (3599 g) comparable à celui enregistré chez nos lapines. Comparés aux résultats de recherches menées sur la même souche synthétique dans d'autres régions d'Algérie, ceux de notre étude indiquent, en général, une supériorité du poids des lapines, reflet de leur bon état général.

Le poids à la mise bas obtenu dans cette étude a été supérieur à celui obtenu après quatre générations d'homogénéisation et de sélection de la souche synthétique ITELV 2006 (3436 g ; Bolet et al., 2012). Il a également été supérieur à ceux obtenus par Sid et al. (2018b) et Zerrouki et al. (2014) (respectivement 3148 g et 3599 g). Sid et al. (2014 ; 2018b) trouvent des poids à la mise bas inférieurs à ceux obtenus au cours de cette étude (3083 g et 3118,5 g) pour des lapines de la population blanche.

Le poids moyen du lapereau à la naissance (63 g) a été plus élevé que ceux signalés par Zerrouki et al. (2007) et Abdelli et al. (2014) chez la population locale qui sont respectivement de 51 g et 54 g, et que ceux rapportés chez les lapereaux de la même souche synthétique par Gacem et al. (2009), Zerrouki et al. (2014), et Chibah et Zerrouki (2015) qui mentionnent un poids moyen du lapereau à la naissance entre 52 g et 54 g. Golimyti et al. (2016) rapportent des poids moyens supérieurs chez les lapereaux nés vivants de la souche Hyla (71,5 g). Par ailleurs, Chibah et Zerrouki (2015) enregistrent chez les lapins de même souche un poids moyen du lapereau, sevré à 35 jours, plus élevé que celui enregistré dans notre étude (667 g vs 490 g). Sur un autre échantillon de cette souche et de même origine (station Lamtar), Zerrouki et al. (2014) rapportent un poids moyen au sevrage légèrement supérieur (564 g) avec cependant un sevrage plus tardif (35 j vs 30 j dans notre étude). Cette différence de poids peut être expliquée par l'allongement de la période présevrage et possiblement par un meilleur état corporel de nos femelles. Nos résultats se situent dans les normes de la production cunicole rapportées par Lebas (1996) (500 g pour le poids moyen au sevrage à 26–30 jours).

Cette souche synthétique peut être ainsi classée dans un format moyen (Sid et al., 2018a), tant au niveau du poids des lapines que de celui des lapereaux sevrés. Cependant, l'aliment granulé utilisé dans cette étude ne semble pas totalement satisfaire les besoins nutritionnels des reproductrices. Il renferme seulement 14,5 % de protéines et 9,5 % de cellulose brute, quantités inférieures aux recommandations pour l'alimentation du lapin. Lebas et al. (1996) recommande une teneur de 18 % en protéines et de 12 % de cellulose brute. Lankri et al. (2019) montrent qu'une augmentation du taux protéique du même aliment utilisé dans la présente étude permet d'améliorer considérablement les performances de reproduction, en particulier l'ardeur sexuelle chez les mâles du même génotype.

Performances de reproduction des lapines

Fertilité

Le taux de mise bas de 69,7 % relevé dans notre étude a été supérieur à ceux de 51 % rapportés par Gacem et al. (2009) et 61,9 % obtenus par Zerrouki et al. (2014), respectivement dans les stations de Baba Ali et Lamtar, chez des lapines de même génotype, conduites en saillie naturelle et dans des conditions d'élevage différentes. Sid et al. (2018b) enregistrent un taux de fertilité de 66,6 %. Ces différences de fertilité peuvent être dues au mode de reproduction pratiqué dans notre étude (IA). En effet, Amroun et al. (2018) confirment que l'adoption de cette technique comme nouveau mode de reproduction avec traitement hormonal effectué par l'éleveur (injection de GnRh), améliore relativement les performances des lapines à travers l'augmentation du taux de fertilité qui passe de 76,7 et 78 % en saillie naturelle à 90,1 et 96,4 % en IA. En saillie naturelle seules les lapines qui sont en œstrus acceptent l'accouplement et sont saillies.

Les différences de fertilité peuvent être également liées aux types génétiques. Bolet et al. (2004) montrent que la fertilité est en rapport avec le type génétique notamment avec le format de la souche ou de la population. Daboussi (2014) rapporte un taux de fertilité nettement inférieur chez les lapines de population locale tunisienne conduites en saillie naturelle (60 %). Sid et al. (2018b) obtiennent un taux de 60,4 % chez les femelles de la population blanche. Moula et Yakhlef (2007) enregistrent un taux de fertilité supérieur (87 %) chez des lapines de population locale algérienne.

Prolificité

Dans nos conditions d'élevage, la prolificité des lapines a été supérieure à celle enregistrée chez la même souche par Sid et al. (2018a) en termes de lapereaux nés vivants (8,4 vs 8,0) et sevrés (7,4 vs 6,1). En revanche, Gacem et al. (2009) rapportent des résultats comparables aux nôtres avec 7,1 ± 0,1 sevrés par femelle ayant mis bas pour un nombre de nés totaux de 9,5 et 8,7 nés vivants. Avec la même souche, Zerrouki et al. (2014) obtiennent des tailles de portée à la naissance de 9,6 nés totaux, 8,6 nés vivants et 6,6 sevrés. Le nombre de sevrés enregistré dans notre étude et sur la même souche était plus élevé, bien que les mortalités durant la phase naissance-sevrage aient été élevées (13,7 %) en raison, probablement, des conditions d'élevage et de la qualité des aliments. Le nombre de sevrés dépend ainsi de la viabilité des jeunes sous la mère et des qualités maternelles (Chibah et Zerrouki, 2015).

Mortalités

La mortinatalité des lapereaux pouvait être liée au comportement maternel des lapines qui ne préparaient pas correctement leur nid ou mettaient bas hors du nid ce qui était à l'origine de la perte d'une grande partie de certaines portées. Néanmoins, notre résultat (13,5 %) demeure inférieur à celui de 24 % relevé par Kennou et Lebas (1990) chez les lapines de population locale tunisienne, et à celui de 17,5 % de Moumen (2017) chez des lapines de population locale aurésienne en Algérie. Cependant Sid et al. (2018b) notent des taux de mortinatalité de 9,8 % et 18,1 % respectivement chez des lapines de la souche synthétique et de la population blanche.

Le taux de mortalités entre la naissance et le sevrage a été moins élevé que ceux rapportés par Sid et al. (2018a), et Moumen (2017), respectivement de 13,7 % vs 26,1 % et 19,4 %. Ce pourrait être lié au poids des lapereaux à la naissance, relativement plus élevé (63 g vs 53 g) dans notre étude. En effet, les mortalités des lapereaux entre la naissance et le sevrage dépendent en grande partie de leur poids à la naissance et de la taille de leur portée (McNitt et Lukefahr, 1990). De même, Gacem et al. (2009) observent de fortes mortalités naissance-sevrage (17 % vs 13,7 % dans notre étude) pour la souche synthétique.

Effet de la saison sur les performances pondérales et les portées

Les résultats obtenus en relation avec les variations saisonnières et l'effet dépressif de la CH sur les caractères pondéraux des lapines et de leurs lapereaux confirment ceux obtenus par Zerrouki et al. (2005) chez la population locale, et Gacem et al. (2009), Zerrouki et al. (2014), et Sid et al. (2018a) chez des lapines de même type génétique. La saison estivale affaiblit le poids des lapereaux à la naissance.

En conditions d'élevage tropicales et en saillie naturelle, Deprès et al. (1994) rapportent qu'un complément de six heures d'éclairage augmente la taille moyenne des portées au sevrage (6,6 vs 5,5 sevrés pour le lot témoin) mais n'améliore pas le poids des lapereaux au sevrage. L'expression des capacités réelles de production des lapines et de leurs portées en termes de poids nécessite une meilleure maîtrise des conditions de production, notamment l'amélioration de la qualité de l'aliment et des conditions d'élevage en CH.

Effet de la saison sur les performances de reproduction

Effet sur la fertilité et la mortinatalité

A des températures élevées, les lapins diminuent leur consommation alimentaire (Marai et al., 2007). Les femelles gravides réduisent leur ingestion pour diminuer l'énergie produite par le métabolisme et maintenir une température corporelle stable (Villagrà et al., 2004). Ceci entraîne une mauvaise couverture des besoins énergétiques liés à la gravidité, diminuant la croissance fœtale, augmentant les risques de mortalités à la naissance et la diminution du poids du lapereau né (García et al. 2019). L'effet dépressif de la CH sur les taux de fertilité peut donc être dû à une perte de poids suite à une diminution de l'ingestion d'aliment (Piles et al., 2012).

Saleil et al. (1998) rapportent qu'en CH les conditions climatiques du jour au moment de la saillie ont une influence marquée sur la fertilité des lapines élevées en plein air. Ceci se manifeste par une diminution de l'intensité d'ovulation et une augmentation des mortalités embryonnaires (Marai et al., 1996).

Durant la période AP succédant à la CH et correspondant en grande partie à la saison automnale, les lapines ont eu un taux de fertilité relativement faible (67,6 %). Cela pouvait être dû à une durée d'éclairage moindre en automne. Theau-Clément et Mercier (2004) montrent que l'éclairage, de par son intensité et sa durée, influence le taux d'ovulation qui se retrouve déprimé lorsque les jours décroissent en automne. Par ailleurs, une complémentation de cinq heures d'éclairage artificiel en fin de journée permet d'atténuer cet effet dépressif de l'éclairage et d'améliorer les résultats de la saillie en automne chez les lapines de la population locale tunisienne (Kennou, 1990). Un programme lumineux divisant les 24 heures en deux sous-unités de « huit heures d'éclairage + quatre heures d'obscurité » permet d'améliorer le taux de fertilité des lapines de 15 % (de 67,6 % à 82,6 %) et de réduire l'intervalle entre mise bas et saillie fécondante de cinq jours (de 24,2 à 19,2 jours) (Arveux et Troislouche, 1994).

Les taux élevés de mortinatalité enregistrés pendant la CH pouvaient être dus au fait que la chaleur affecte la qualité des ovocytes et le nombre d'embryons viables, ce qui peut provoquer des avortements et une augmentation du nombre de lapins mort-nés (Askar et Ismail, 2012). Ainsi, les températures élevées affectent la formation et la fonction des gamètes mâles et femelles, le développement embryonnaire et la croissance fœtale chez les mammifères en reproduction (Hansen, 2009). L'effet positif de la saison printanière, correspondant en grande partie à la période AV dans notre étude, est rapporté par Kumar et al. (2013). Ils confirment que le printemps est la saison la plus favorable à une reproduction efficace des lapines de chair dans des conditions climatiques subtempérées de l'Inde.

Effet de la saison sur la prolificité

Goby et Rochon (1994) soulignent que les conditions climatiques printanières, en particulier la température et la photopériode, et leur évolution au cours de la saison, favoriseraient la prolificité chez la lapine. Les meilleures performances de reproduction, particulièrement la taille de la portée sevrée, sont exprimées au cours de cette saison par des lapines de différentes races (Kumar et al., 2013). De même, nos résultats corroborent ceux de Zerrouki et al. (2005) qui notent, pour des femelles nullipares, les plus faibles valeurs de prolificité de l'année en CH. Jaouzi et al. (2006) au Maroc rapportent que la CH est la plus défavorable à la reproduction, ce qui nécessiterait parfois un arrêt de la mise en reproduction des animaux pendant cette période. Comme le suggère Askar et Ismail (2012), la diminution du nombre de nés totaux et de nés vivants pourrait être liée à l'effet négatif de la

chaleur sur la production et la qualité des follicules ovariens matures, diminuant ainsi le nombre et le développement d'embryons viables.

Le nombre faible de lapereaux sevrés enregistré en CH est lié à la diminution de la production laitière, elle-même due à la réduction de la consommation d'aliments sous l'effet des températures élevées (Zerrouki et al., 2005 ; Szendró et al., 2012). Chibah et al. (2014), Chibah (2016), Amroun et al. (2018), et Zerrouki et al. (2014) montrent que l'effet dépressif de la CH sur le nombre de lapereaux sevrés est lié aux fortes mortalités durant la phase d'allaitement. Amroun et al. (2018) mettent en évidence un effet très significatif ($p < 0,0001$) de la saison sur les mortalités des lapereaux du même génotype sous la mère en relation avec la production laitière (quantité et qualité), et confirment la variabilité de la prolificité et de la production laitière en fonction de la saison. Les lapines produisent des quantités de lait plus importantes et plus riches en hiver et au printemps que celles mesurées en été et à l'automne, rejoignant ainsi les plus forts taux de mortalités des lapereaux (Amroun et al., 2018). Ces auteurs rapportent aussi un nombre de lapereaux sevrés très faible en période estivale, avec un écart de 11,8 % entre les saisons estivale et hivernale, lié à une différence de production laitière de 22 % (pour la souche synthétique) et de 25 % (pour la population blanche) de plus en hiver qu'en été. Selon García et al. (2019), la chaleur affecte négativement la production de lait pendant les trois premières semaines de lactation. L'animal utilise l'énergie pour maintenir sa température corporelle constante et la quantité d'éléments nutritifs nécessaires à la production de lait diminue (Askar et Ismail, 2012). Ce déficit de production laitière a pour conséquence la diminution de la croissance postnatale, du gain de poids et des chances de survie des lapereaux (Marco-Jiménez et al., 2017).

■ CONCLUSION

Notre étude a contribué à caractériser les performances de reproduction de la lapine de souche synthétique ITELV 2006 conduite en insémination artificielle. Les résultats suggèrent la supériorité de la souche synthétique par rapport aux populations locales. Suivies sur une période de 12 mois, les lapines ont enregistré des tailles de portées moyennes relativement élevées comparées à celles enregistrées chez les deux types locaux (populations blanche et locale). Ses performances sont très intéressantes en termes de nés vivants et de nombre de sevrés (8,4 et 7,4), malgré des taux de mortalités à la naissance et entre la naissance et le sevrage relativement élevés (13 %).

Les résultats obtenus sur l'introduction de l'insémination artificielle chez ces lapines ont montré l'intérêt majeur que représente son développement dans les élevages algériens. Les lapines de la souche synthétique ont préservé, dans la majorité des cas, ou même dépassé dans d'autres, les valeurs obtenues antérieurement. Elles ont enregistré de meilleures fertilités que celles rapportées par d'autres auteurs sur la même souche, conduite en saillie naturelle (taux de gravidité et de mise bas dépassant les 65 %).

La saison peut déprimer les performances de reproduction ainsi que les critères pondéraux des lapines et des lapereaux dans une région différente (Chlef, à l'ouest de l'Algérie) en raison d'un climat semi-aride, plus chaud que celui des études antérieures sur cette souche (Tizi Ouzou, au centre de l'Algérie). Notre étude a mis en évidence un effet favorable du printemps (février à mai) sur la reproduction et un effet dépressif de la saison chaude, qui est resté un facteur limitant de la productivité des lapines dans les conditions d'une longue période de hautes températures. Cela n'a pas arrêté la production des lapines mais les performances ont été plus faibles que pendant les deux autres saisons en raison de meilleures conditions d'ambiance, surtout de température. Ce travail peut être poursuivi sur une plus longue période afin de mettre en évidence l'effet de cette saison combiné

avec l'année sur les performances de reproduction et de production des lapines de ce type génétique.

Une étude de l'effet du mâle peut contribuer, en plus de la réceptivité sexuelle des lapines au moment de l'insémination, à améliorer l'expression des performances de reproduction des lapines. Un aspect important est la détermination des conditions d'utilisation du mâle, afin d'obtenir une quantité optimale et de bonne qualité de sperme et donc de semence. Enfin, cette étude permet de confirmer l'intérêt de la diffusion de cette souche dans les élevages pour permettre une meilleure production et assurer le développement de la cuniculture en Algérie, en raison de l'adaptation de cette souche aux conditions réelles d'élevage.

Remerciements

Les auteurs expriment leurs remerciements à la direction générale de la recherche scientifique et du développement technologique (DGR-SDT) pour le financement de cette recherche.

Déclaration des contributions des auteurs

KB, AA, NDZ et EHL ont participé à la conception et à la planification de l'étude, EHL et KB ont recueilli les données ; KB a rédigé la première version du manuscrit, NDZ et EHL ont effectué les analyses statistiques ; NDZ a révisé le manuscrit.

Déclaration de conflits d'intérêts

L'étude a été réalisée sans aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Abdelli-Larbi O., Mazouzi-Hadid F., Berchiche M., Bolet G., Garreau H., Lebas F., 2014. Pre-weaning growth performance of kits of a local Algerian rabbit population: Influence of dam coat color, parity and kindling season. *World Rabbit Sci.*, 22: 231-240, doi: 10.4995/wrs.2014.1493
- Amroun T.T., Zerrouki-Daoudi N., Charlier M., 2018. Mortalité des lapereaux sous la mère: effets de la saison de mise bas et de la production laitière des lapines de la population blanche et de la souche synthétique. *Livest. Res. Rural Dev.*, 30, 14
- Arveux P., Troislouche G., 1994. Influence d'un programme lumineux discontinu sur la reproduction des lapins. In: 6^{es} Journées de la recherche cunicole, La Rochelle, France, 6-7 déc. 1994
- Askar A., Ismail E., 2012. Impact de l'exposition au stress thermique sur certaines caractéristiques de reproduction et physiologiques du lapin. *J. Egypt. Anim. Product.*, 49 (2) : 151-159
- Bolet G., Brun J.M., Lechevestrier S., Lopez M., Boucher S., 2004. Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms. *Anim. Res.*, 53: 59-65, doi: 10.1051/animres:2003043
- Bolet G., Zerrouki N., Gacem M., Brun J.M., Lebas F., 2012. Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. In: 10th World Rabbit Congr., Sharm El Sheikh, Egypt, 3-6 Sept. 2012, 195-199
- Chibah K., 2016. Evaluation de la production laitière de la lapine et de la croissance du lapereau sous la mère de population blanche et de souche synthétique. Thèse Doct., Université Moloud Maamri, Tizi Ouzou, Algérie, 162 p.
- Chibah-Ait Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., 2015. Effets de la taille de portée à la naissance et du nombre de lapereaux allaités sur les aptitudes laitières des lapines de deux génotypes et sur la croissance des lapereaux avant sevrage. *Livest. Res. Rural Dev.*, 27, 224
- Chibah-Ait Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., Amroun-Laga T., Lebas F., 2014. Effet de la taille de portée née ou allaitée sur la production laitière de lapines de deux types génétiques élevés dans des conditions d'élevage rationnelles. In: 7^{es} Journées de Recherche sur les productions animales, Tizi-Ouzou, Algérie, 10-11 nov. 2014
- Daboussi I., 2014. Evaluation des performances génétiques des lapins reproducteurs en Tunisie. In: Sémin. Int. Elevage et faune sauvage en milieux arides et désertiques, Djerba, Tunisie, 16-18 déc. 2014, 43-44

- Dal Bosco A., Rebollar P.G., Boiti C., Zerani M., Castellini C., 2011. Ovulation induction in rabbit does: Current knowledge and perspectives. *Anim. Reprod. Sci.*, **129** (3-4): 106-117, doi: 10.1016/j.anireprosci.2011.11.007
- Deprès F., Theau-Clément M., Lorvelec O., 1994. Productivité des lapines élevées en Guadeloupe: Influence du type génétique, de l'allongement de la durée d'éclaircissement, de la saison et du stade physiologique. In: Journées de la recherche cunicole, La Rochelle, France, 6-7 déc. 1994, 10 p
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2008. Strategy for developing rabbit meat production in Algeria: creation and selection of a synthetic strain. In: 9th World Rabbit Congr., Verona, Italy, 10-13 June 2008, 85-89
- Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2009. Comparaison des performances de production d'une souche synthétique avec les deux populations disponibles en Algérie. In: 13^{es} Journées de la recherche cunicole, Le Mans, France, 17-18 nov. 2009, 15-18
- García Hernández Y., Ponce de León Senti R.E., Ledesma Rodriguez A., Rodriguez Calvo Y., García Quiñones D., 2019. Influencia del nivel de calor en rasgos de prolificidad en conejos en Cuba. *Livest. Res. Rural Dev.*, **31** (1), 4
- Goby J.P., Rochon J.J., 1994. Etude comparative des résultats techniques obtenus entre une maternité en système clos et une maternité plein air dans le sud de la France (Roussillon). In: 6^{es} Journées de recherche cunicole, La Rochelle, France, 6-7 déc. 1994, 467-472
- Golimytis M., Skoupa E.P., Konga A., Symeon G.K., Charismiadou M.A., Deligeorgis S.G., 2016. Influence of gestation maternal feed restriction on growth performance and meat quality of rabbit offspring. *Animal*, **10** (1): 157-162, doi: 10.1017/S1751731115001871
- Hansen P.J., 2009. Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, **364**: 3341-3350, doi: 10.1098/rstb.2009.0131
- Jaouzi T., Barkok A., El Maharzi L., Bouzekraoui A., Archa B., 2006. Etude sur les systèmes de production cunicole au Maroc. *Cunicult. Mag.*, **33**: 99-110
- Kennou S., Lebas F., 1990. Résultats de reproduction des lapines locales Tunisiennes élevées en colonies au sol. *Option Méditerr.*, **Sé. A**, **8**: 93-96
- Kumar D., Risam K.S., Bhatt R.S., Singh U., 2013. Reproductive performance of different breeds of broiler rabbits under sub-temperate climatic conditions. *World Rabbit Sci.*, **21**: 169-173, doi: 10.4995/wrs.2013.1196
- Lankri E., Boudour K., Aichouni A., Rechachou F., 2019. Effet du niveau d'alimentation et du taux protéique de la ration sur la libido et les caractéristiques de la semence du lapin de la souche ITELV 2006. In: 18^{es} Journées de la recherche cunicole, Nantes, France, 27-28 mai 2019, 86-90
- Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébeault R., 1996. Le lapin, élevage et pathologie. Rome, Italie, FAO, 217 p.
- Marai I.F.M., Ayyat M.S., Gaber H.A., Abdel-Monem U.M., 1996. Effect of heats stress and its amelioration on reproduction performance of New-Zealand White adult female and male rabbits, under Egyptian conditions. *World Rabbit Sci.*, **2**: 197-202
- Marai I.F.M., Haebe A.A.M., Gad A.E., 2007. Fonctions biologiques chez des jeunes lapins gravides affectés par le stress thermique et le régime d'éclairage dans des conditions subtropicales en egypte. *groécocosy. Trop. Subtrop.*, **7**: 165-176
- Marco-Jiménez F., García-Diego F.J., Vicente J.S., 2017. Effet de l'exposition pendant la gestation et l'allaitement au stress thermique sur la performance du lapin. *World Rabbit Sci.*, **25**: 17-25, doi: 10.4995/wrs.2017.5728
- McNitt J.L., Lukefahr S.D., 1990. Effect of breed, parity, day of lactation and number of kits on milk production of rabbit. *J. Anim. Sci.*, **68**: 1505-1512, doi: 10.2527/1990.6861505x
- Moula F., Yakhlef H., 2007. Evaluation des performances de reproduction d'une population locale de lapins en Algérie. In: 12^{es} Journées de la recherche cunicole, Le Mans, France, 27-28 nov. 2007, 45-48
- Moumen S., 2017. Influence du rythme de reproduction sur les performances de reproduction et de production des lapines de population locale : étude de la relation entre l'état nutritionnel de la femelle et sa fécondité. Thèse Doct., Université Batna, Algérie
- Piles M., Bakr M.H., Tusell L., Blas E., Sanchez J.P., Ramon J., Rafael O., 2012. The effect of high environmental temperature on doe performance during lactation. In: Proc. 10th World Rabbit Congr., Sharm El-Sheikh, Egypt, 3-6 Sept. 2012, 1009-1013
- Saleil G., Goby J.P., Richard F., Bohec V., 1998. Influence des conditions climatiques sur la reproduction du lapin élevé en plein-air. In: 7^{es} Journées de la recherche cunicole, Lyon, France, 13-14 mai 1998
- Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Korteby H., Boudjenah H., 2018a. Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.*, **30** (7), 120
- Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Korteby H., Boudjenah H., 2018b. Variation de la prolificité des lapines locales en fonction du génotype (souche synthétique et la population blanche). *Rev. Agro. Bio.*, **8** (2): 1001-1008
- Sid S., Benyoucef M., Mefti Korteby H., Boudjenah A., Toui H., 2014. Etude comparative sur les critères de la prolificité chez les lapins des deux populations locales. In : Sémin. national de la biodiversité faunistique, Alger, Algérie, 7-9 déc. 2014
- SzendrőZs., Szendrő K., Dalle Zotte A., 2012. Management of reproduction on small, medium and large rabbit farms: A review. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **25** (5): 738-748, doi: 10.5713/ajas.2012.12015
- Theau-Clément M., Mercier P., 2004. Influence of lighting programs on the productivity of rabbit does of two genetic types. In: 8th World Rabbit Congr., Puebla, Mexico, 7-10 Sept. 2004, 358-363
- Villagrà A., Blanes V., Torres A., 2004. Physiologie environnementale et bioclimatique du lapin. *Bull. Elev.*, 13-16
- Zerrouki N., Hannach R., Lebas F., Saoudi A., 2007. Productivité de lapines d'une souche blanche de la région de Tizi Ouzou en Algérie. In: 12^{es} Journées de la recherche cunicole, Le Mans, France, 27-28 nov. 2007, 141-144
- Zerrouki N., Lebas F., Berchiche M., Bolet G., 2005. Evaluation of milk production of a local Algerian rabbit population raised in the Tizi Ouzou area (Kabylia). *World Rabbit Sci.*, **13**: 39-47, doi: 10.4995/wrs.2005.530
- Zerrouki N., Lebas F., Gacem M., Mefti I., Bolet G., 2014. Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in two breeding locations. *World Rabbit Sci.*, **22**: 269-278, doi: 10.4995/wrs.2014.2129

Summary

Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A. Performances of Algerian-synthetic-strain rabbits managed with artificial insemination: Effect of the season

The objective of the study was to characterize the reproductive (fertility, reproductive productiveness, mortality) and weight performances of rabbits of the Algerian synthetic strain "ITELV 2006", conducted by artificial insemination (AI) with a semi-intensive rhythm (parturition – AI: 12-day intervals). For two consecutive years (2017 and 2018), we monitored the breeding behavior of 73 female rabbits, submitted to 327 AI, at

Resumen

Boudour K., Lankri El H., Zerrouki N.D., Aichouni A. Rendimiento de los conejos de cepa sintética argelina manejados con inseminación artificial: efecto de la estación

El objetivo del estudio fue el de caracterizar los rendimientos reproductivos (fertilidad, prolificidad, mortalidades) y ponderales de conejas de la cepa sintética argelina "ITELV2006", producidas por inseminación artificial (IA) con un ritmo semi-intensivo (intervalo de parto – IA: de 12 días). Durante dos años consecutivos (2017-2018), se llevó a cabo un seguimiento del comportamiento reproductivo de 73 conejas, objeto de 327 IA,

Reproduction of the Algerian synthetic rabbit strain

the animal house of the University of Chlef (Algeria). Throughout the study period, AI was performed using semen collected from males of the same genetic type and analyzed locally. Data on AI, palpation, parturition and weaning were recorded for all females. The season effect on weight criteria and reproductive performances of the rabbits was analyzed. All data were subjected to an analysis of variance. Females showed a good reproductive productiveness of 9.5 ± 2.4 total births, of which 8.4 ± 2.9 were born alive per parturition and 7.4 ± 2.6 weaned per weaning, with fertility rates of $85.6 \pm 35.1\%$ at palpation and $69.7 \pm 45.9\%$ at parturition. The adult weight of the females at AI was 3584 ± 391 g. The average weight of the rabbits was 63 ± 13 g at birth and 490 ± 81 g at weaning. A highly significant season effect was recorded on fertility and reproductive productiveness of rabbits, and on young rabbit weights and stillbirths, with the lowest values recorded in the hot season (63% fertility). However, the females remained productive during the hot season.

Keywords: *Oryctolagus*, rabbits, weight, fertility, conception rate, mortality, season, Algeria

en las instalaciones animales de la Universidad de Chlef (Argelia). Durante toda la duración del estudio, las IA se realizaron a partir de semen recolectado de machos del mismo tipo genético y analizado localmente. Los datos relativos a la IA, a la palpación, al parto y al destete se registraron para la colectividad de las hembras. Se analizó el efecto de la estación sobre los criterios de peso y los rendimientos de reproducción de los conejos. Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. Las hembras mostraron una buena prolificidad de $9,5 \pm 2,4$ nacidos totales, de los cuáles $8,4 \pm 2,9$ nacidos vivos por parto y $7,4 \pm 2,6$ destetados por destete, con tasas de fertilidad de $85,6 \pm 35,1\%$ a la palpación y $69,7 \pm 45,9\%$ al parto. El peso adulto de las hembras a la IA fue de 3584 ± 391 g. El gazapo pesó en promedio 63 ± 13 g al nacimiento y 490 ± 81 g al destete. Se registró un efecto altamente significativo de la estación sobre la fertilidad y la prolificidad de las conejas y sobre el peso y la mortinatalidad de los gazapos con los valores menores registrados durante la estación caliente (63% de la fertilidad). Sin embargo, las hembras permanecieron productivas durante este periodo de gran calor.

Palabras clave: *Oryctolagus*, conejo, peso, fertilidad, prolificidad, mortalidad, estación, Argelia

Chapter 3

*Effect of Omega 3 on the
reproductive performance of
the Algerian
synthetic rabbit in artificial
insemination (Essai 2)*

Chapter 3. Effect of Omega 3 on the reproductive performance of the algerian synthetic rabbit in artificial insemination (Essai 2)

Il a été noté en termes de notre premier essai que l'aliment granulé utilisé semble sous-estimer les performances des lapines. En effet, il renferme des teneurs en éléments nutritifs, inférieures aux recommandations pour l'alimentation du lapin. En outre, de nombreux auteurs ont confirmé depuis longtemps l'effet de l'alimentation par son aspect quantitatif et qualitatif, sur les performances des lapines reproductrices. Ils ont recommandé un équilibre entre les divers constituants de l'aliment pour que le lapin exprime correctement son potentiel reproductif.

Nous avons tenté de traiter ce point relatif à l'alimentation, dans ce deuxième essai avec comme objectif l'amélioration des paramètres reproductifs des lapines via une complémentation alimentaire. Cette expérimentation portant sur l'analyse des variations des performances de reproduction de la lapine de souche synthétiques en fonction de l'alimentation est présentée sous la forme de communication présentée au « Xe Symposium scientifique international d'agriculture », sélectionnée pour publication à la revue « Agrofor International Journal », en 2020, sous l'intitulé : « *Effect of omega 3 on the reproductive performance of the algerian synthetic rabbit in artificial insemination* ».

Nous avons étudié dans ce travail, l'effet d'un enrichissement de l'aliment destiné aux lapines reproductrices par des AGPI ω -3, soit par l'addition de grains de lin extrudées ou de l'huile de poisson, dans le but d'améliorer les performances de reproduction (fertilité, prolificité et mortalité).

Original Scientific paper

10.7251/AGRENG2001030B

UDC 631.6:636.92]:665.213

631.6:636.92]:633.521

EFFECT OF OMEGA 3 ON THE REPRODUCTIVE PERFORMANCE OF THE ALGERIAN SYNTHETIC RABBIT IN ARTIFICIAL INSEMINATION

Khedidja BOUDOUR^{1*}, El hassen LANKRI¹, Ahmed AICHOUNI², Nacira ZERROUKI³, Mokhtar SAIDI⁴

¹Natural Bio Resources Laboratory, Hassiba Benbouali University, Chlef, Algeria

²University Center El Wancharissi Tissemsilet, Algeria

³Natural Resources Laboratory, UMMTO, University Mouloud Maameri, Tizi ousou, Algeria

⁴Mustapha Stambouli University, Mascara, Algeria

*Corresponding author: k.boudour@univ-chlef.dz

ABSTRACT

In the present work of the pubescent and immature rabbit does of the Algerian synthetic strain (ITELV 2006), the animals received a supplement of omega 3 of animal origin (fish oil) or vegetable origin (linseed) for 3 months (2 months before AI and 1 month during pregnancy). The females were followed until parturition in order to study the effect of omega 3 on their reproductive performance (fertility, prolificacy and stillbirth). Comparison of data between the six lots (Control puberts (CP), Control peripubertal (CPE), Linen grains pubertal (LGP), Linen grains peripubertal (LGPE), Fish oil puberts (FOP) and Fish oil peripubertal (FOPE)) for parameters of born deaths (BD), fertility and stillbirth rates showed no significant difference ($P > 0.05$). Whereas for total births (TB), live births (LB) and weaner births (WB), the differences are significant ($P < 0.05$). A very marked improvement in prolificacy has been achieved by the incorporation of fish oil and flaxseed into the feed of the rabbits. In fact, the females of these two lots recorded the highest values (10.37 TB, 9.87LB, 9.3 WB and 10.44 TB, 9.77LB, 8.77WB respectively for FOPE and LGPE), as opposed to the unpunished rabbits of the control lot which gave the lowest numbers (7.14TB, 6.57LB and 6.57WB).

Keywords: *Fish oil, linseed, fertility, prolificacy, stillbirth.*

INTRODUCTION

In Algeria, numerous scientific research axes have been drawn up by several institutions (Institutes, universities, National School of Agricultural Sciences) in order to carry out work on the synthetic strain ITELV 2006. The majority of this work focused on describing characteristics from characterization work at experimental and research stations, such as Zerrouki and al. (2005); Mefti and al. (2010), Cherfaoui and al. (2013). This work on characterizing the reproductive

performance of this strain has revealed a relatively high level (Gacem and al. 2009; Bolet and al., 2012; Sid and al. 2018). Nevertheless, a minority of scientific work had focused on the use of different biotechnologies for this strain. Within this framework, the research project carried out by the laboratory of natural bio-resources of the University Hassiba Benbouali of Chlef which deals with biotechnologies applied to livestock farming and in which the present study. To enable the rabbit to express its performance, it is necessary to control its conduct and optimize the conditions of its rearing, in particular feeding and reproduction. The management of the reproduction has changed from natural projection to artificial insemination and the conduct in strip, thus facilitating the management of the farms and ensuring a better profitability (Lebas, 2002; Theau-Clément 2005 and Theau-Clément 2008). At the same time, the control of AI has enabled the establishment of a new production system which is defined by the «duct en bande» and a better organization of the farms. As in other animals, feeding can have multiple influences on rabbit performance. Changes in these may be achieved by changing the composition of the food (Lebas, 2010). Several authors have studied the effects of increasing levels of omega-3 fatty acid in foods on the quality of rabbit meat both qualitatively and quantitatively (Colin et al, 2005; Benatmane F., 2012; Lebas F, 2007). However, little work has been done on the effect of omega-3 fatty acid supplementation on reproductive performance in this animal. The objective of our work is to study the comparative effect of supplementation of Omega-3 fatty acids of animal (fish oil) or vegetable (extruded flaxseed) on reproductive performance (receptivity, fertility, prolificacy and embryonic mortality) of pre-pubescent and pubescent rabbits conducted in AI.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out on pubic nulliparous females aged 4 to 5 months and peripubertal aged 2 months. Three males of the same 7-month-old strain used for semen collection are used in the experiment. All females are housed in a hard-built building, have windows providing ventilation and natural lighting and conducted 2 extractors for ventilation.

A cooling system is insta. The rabbit cages, made of wire mesh, are 100 cm long by 43 cm wide and 31 cm high. All cages are equipped with a feeder and a semi-automatic water trough in the form of a nipple.

During the experimental period, all females receive 150g/d of commercial standard feed in the form of pellets, containing alfalfa bran, forage wheat, corn, soybean meal, molasses, anticoccidien, phosphate, amino acid, trace elements and salt. The chemical composition of the food is given in Table 1. For the experimental lots, the basic ration is supplemented by flaxseed or fish oil. Females receive omega-3s for 3 months (2 months before AI and 1 month during gestation).

AGROFOR International Journal, Vol. 5, Issue No. 1, 2020

Table 1. Chemical composition of standard food

The	Dry matter DM (%)	91,42
	Minerals matter MM (%)	7,51
	Crude protein CP (%)	14,5
	Crude cellulose CC (%)	9,49
	Fat matter FM (%)	3.38
	Calcium (%)	0,89
	Phosphorus (%)	0,6

sixty-six rabbits used in the study were divided into 6 homogeneous lots (n=11) with 2 pubic (P) and peripubertal (PE) control groups and 4 groups for which the diet is enriched either with fish oil, or with extruded flaxseed for P and PE females for the supply of polyunsaturated fatty acids. Thus the 66 rabbits are distributed as follows:

Lots CP and CPE (control puberts, n=11 and control peripubertal, n=11) receive the basic ration of 150g/d of the standard feed.

Lots LGP and LGPE (flaxseed pubères, n=11 and flaxseed peripubertal, n=11) receive a basic ration of 150 g/d to which 3% flaxseed per day was added.

The FOP and FOPE batches (puberts fish oil, n=11 and peripubertal fish oil, n=11) received a basic ration of 150 g/d to which was added 2% fish oil per day.

After two months, the rabbits of the six lots were artificially inseminated with semen collected and analysed at the laboratory level. The gestation diagnosis was made by abdominal palpation, performed on the 11th day of AI.

The reproductive parameters of the rabbits in the six lots, based on the diet and age of the females, were evaluated using fertility, birth and weaning prolificity and stillbirth rates. The means and standard deviations of the identified reproduction parameters were calculated using the Excel software (descriptive statistics). Comparison between batches for reproduction performance was done by variance analysis using the Xlstat 2016 software.

RESULTS AND DISCUSSION

Overall and far from the effect of n-3 fatty acid supplementation, the three treatments studied allow for consistent performance with those reported by the bibliography for rabbit of the Algerian synthetic strain (Chibah, 2016; Sid et al., 2018).

Comparison of the data for the six lots for fertility and stillbirth rates showed no significant differences ($P>0.05$). While for total born (TB), live born (LB) and weaned born (WB), the differences are significant (table 2).

AGROFOR International Journal, Vol. 5, Issue No. 1, 2020

Table 2. Reproductive performance of rabbits in the 6 lots (mean standard deviation)

	CP	CPE	LGP	LGPE	FOP	FOPE	p
Fertility rate (%)	54.54 (n=6)	63.63 (n=7)	54.54 (n=6)	81.81 (n=9)	63.63 (n=7)	72.72 (n=8)	0.74
Stillbirth rate (%)	4.23 ±6.05 (n=6)	8.84 ±14.04 (n=7)	6.11 ±8.69 (n=6)	5.42 ±7.37 (n=9)	6.71 ±6.82 (n=7)	4.96 ±6.55 (n=8)	0.96
Number of total births (TB)	7.33 [©] ±1.49 (n=6)	7.14 [©] ±2.03 (n=7)	8.00 [©] ±2.30 (n=6)	10.44 ^(a) ±1.57 (n=9)	8.43 ^(b,c) ±1.59 (n=7)	10.37 ^(a,b) ±1.93 (n=8)	0.004
Number of live births (LB)	7 ^(b) ±1.41 (n=6)	6.57 ^(b) ±2.38 (n=7)	7.50 ^(b) ±2.06 (n=6)	9.77 ^(a) ±0.91 (n=9)	8.00 ^(a,b) ±1.85 (n=7)	9.87 ^(a) ±1.96 (n=8)	0.006
Number of deaths born (DB)	0.33 ±0.47 (n=6)	0.57 ±0.90 (n=7)	0.5 ±0.76 (n=6)	0.66 ±0.94 (n=9)	0.43 ±0.49 (n=7)	0.5 ±0.70 (n=8)	0.98
Number of born weaned (BW)	6.66 ^(b,c) ±1.97 (n=6)	6.57 [©] ±2.38 (n=6)	6.5 [©] ±1.89 (n=6)	8.77 ^(a,b) ±1.22 (n=9)	7 ^(b,c) ±1.77 (n=7)	9.37 ^(a) ±1.79 (n=7)	0.02

CP: Control puberts. CPE: Control peripubertal. LGP: Linen grains pubères, LGPE: Linen grains peripubertal, FOP : Fish oil puberts, FOPE : and Fish oil peripubertal. p: statistical significance. On each line, the numbers affected by different letters (a,b,c,) are significantly different at the 5% threshold.

We find that the fertility rate has been improved by the addition of omega-3 in the diet of the peripubertal rabbits for both the diet enriched with flaxseed (81.81%) and the diet enriched with fish oil (72.72), although the statistical analysis showed no significant differences between the six treatments ($P > 0.05$).

Colin et al. (2012) show improved fertility through incorporation of flaxseed extruded into food in a synthesis of work on 2179 rabbits. These same authors note that this improvement was achieved with low fertility levels in the control diet. In our study the control lots have the lowest fertility rates, 54.54% for CP).

For the birth mortality rate, no statistically significant differences were found ($P > 0.05$). The diet enriched with polyunsaturated fatty acids (PUFA) does not result in any difference for rabbits in the six lots. Overall and apart from the effect of the incorporation of n-3 fatty acids in the food, our animals have very satisfactory stillbirth rates and much lower than the value of 17.5 found by Moumen in 2017 on rabbits of the local population of the region of Aurès, Algeria.

Sid et al. (2018) reported slightly higher in ours (9.8%) for the same synthetic strain but a much higher rate for the white population (18.2%).

A very clear improvement on the components of prolificity was achieved by incorporating fish oil and flaxseed into the food. In fact, the diet enriched with omega 3 of animal origin allowed, in young and adult females, the most important means for the majority of the prolificity parameters studied: 8LB and 7BW for elderly females; 9.87LB and 9.36BW for young females).

Our results are consistent with those of Colin et al. (2012), which showed an improvement in prolificity through extruded flaxseed supplementation in food in a synthesis of work on 2179 rabbits.

Overall, the prolificity results obtained in this study are close to those of the bibliography for the synthetic strain ITELV 2006, indeed, Zerrouki et al. (2014) published comparable values for rabbits reared at two stations: Baba Ali (8.76) and Lamtar (8.02).

In terms of LB, the results recorded during the study show a response of the rabbits to the diets tested. This finding is consistent with that of Colin et al. (2005) who confirm that the incorporation of 7% omega-3, in the form of flaxseed extruded into the food, significantly improves the number of live rabbits born per litter. For infant deaths, statistical analyses showed no significant difference ($P > 0.05$) between the six lots.

The number of DB ranges from 0.33 to 0.66. This finding is consistent with that of Gacem et al. (2009), which reported a value of 0.58 for the white population and 0.7 for the synthetic strain. Conversely, Sid et al. (2018) report higher values for the synthetic strain (0.8) and the white population (1.3).

The highest number of weaned lapereaux (9,37) is obtained in unpunished rabbits receiving the feed containing fish oil, followed by the unpunished rabbits receiving the feed enriched with flaxseed (8,77). I assumed that the lowest value is 6.5 at the level of the pubic lot receiving the feed with the flaxseed and the impudent lot checking. The withdrawal prolificity values obtained in the pubic lots receiving flaxseed in the diet and control lots for young and adult rabbits are very close to those recorded by Zerrouki et al. (2014) for the same strain are: 6.85 at Baba Ali and 6.61 at Lamtar. The improvement in the number of pupae weaned following the incorporation of omega-3s in the food, highlighted in this experiment, was reported by Colin et al. (2017), which confirm that the incorporation of algae rich in docosahexaenoic acid (DHA) into food significantly improves the viability of rabbits. This is explained, according to the same authors, by the fact that the level of omega 3 fatty acids in the milk of rabbits receiving food containing extruded flaxseed is 2 to 3 times higher than that of control rabbits. This result is very interesting since omega-3s play a very important role in immune development. However, Maertens et al. (2005) indicate that the performance of the control and extruded flaxseed concentrate rabbits was not significantly different between the two diets, but overall the females in lot omega-3 weaned 3.5 more pups during the experimental period. The Omega 3 feed produced higher milk fat (+1.3%; $P > 0.05$) and the dietary profile of Pufas was very well reflected in the milk.

CONCLUSIONS

In this study, we investigated whether an increase in omega 3 fatty acid content in the diet of breeding rabbits, either by the addition of extruded flaxseed or fish oil could improve reproductive performance. Our results suggest a significant improvement in reproductive performance due to the addition of flaxseed and fish oil. There was no significant improvement in fertility or stillbirth rates in the experimental lots compared to the control lot. Nevertheless, it was clear, although not significant, that the addition of fish oil or flaxseed resulted in better rates than the control lots. It should be noted that the standard feed constituting the basic ration for the control lot contains a significant amount of dehydrated alfalfa high in n-3 GA. The enrichment of the food by Agpin-3 made it possible to obtain, in young females (impubeers), better fertility rates and litter sizes at birth and weaning compared to adult females. These preliminary results point us towards an interest in studying young rabbits of this very prolific strain and preparing them to ensure better productivity with better body condition.

It should be noted that in our study, the incorporation rates are minimum, 3% flaxseed and 2% fish oil. It would be interesting, therefore to start trials with higher levels of omega 3, with a better balanced food and a larger number of females that will be monitored over a higher number of breeding cycles.

It is interesting to conduct studies with diets with a low intake of omega 3, so that the effects of n-3 PUFA are more marked. Indeed, in the absence of information indicating the exact levels of the food marketed in omega-3 fatty acids, the effect of the intake must be confirmed by in-depth analyses determining the quantity and quality of omega-3 fatty acids in the standard food.

The results obtained, at the end of this modest work, show that AI provides encouraging fertility and prolificacy rates for the synthetic strain.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors express their thanks to the Directorate-General for Scientific Research and Technological Development (DGRSDT), for the financing of this research.

REFERENCES

- Bolet G. ZerroukiN., Gacem M., Brun J.M., Lebas F., 2012. Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria.[Proceedings 10th World Rabbit Congress -September 3 -6, 2012- SharmElSheikh -Egypt, 195 –199.
- Benatmane F., 2012 ; Impact of aliments enrichis en acides gras polyinsaturés n-3 sur les performances zootechniques et la qualité nutritionnelle des viandes : cas du lapin et du poulet de chair. Thèse de Doctorat en Sciences agronomiques, Université Moloud Maamri, Tizi Ouzou, Algérie, 259p.
- Cherfaoui-Yami D 2015 ; Evaluation des performances de production des lapins d'élevage rationnel en Algérie. Thèse de Doctorat en Sciences, Université Moloud Maamri, Tizi Ouzou, Algérie, 92p.

- Cherfaoui Dj., Theau-Clément M., Zerrouki N., Berchiche M., 2013. Reproductive performance of male rabbits of Algerian local population. *World Rabbit Sci.* 2013, 21: 91-99.
- Chiba Karima 2016; Evaluation de la production laitière de la lapine et de la croissance du lapereau sous la mère de population blanche et de souche synthétique ; Thèse de Doctorat en sciences agronomique, Université Moloud Maamri, Tizi Ouzou, Algérie, 162p
- Colin M.1*, Delarue J.2, Caillaud L.1, Prigent A.Y.3. 2017 Effets de l'incorporation de microalgues (*Schizochytrium*) dans l'alimentation des lapins sur leurs performances et la teneur en dha de leur viande. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France
- Colin M., Cai XI, Anne Yvonne Prigent, 2012 ; L'enrichissement des aliments lapin en omega 3 courtes et longues chaînes: une opportunité pour le producteur et le consommateur, CUNICULTURE Magazine vol 39 (2012)
- Colin M., N. Raguenes, G. Le berre, S. Charrier, A.Y. Prigent, G. Perrin, 2005 ; Influence d'un enrichissement de l'aliment en acides gras oméga 3 provenant de graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) sur les lipides et les caractéristiques hédoniques de la viande de Lapin, 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris.
- Gacem M, Zerrouki N, Lebas F and Bolet G 2009 Comparaison des performances de production d'une souche synthétique avec les deux population disponibles en Algérie. 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre, Lemans, France, 15-18.
- Lebas F. 2010, Influence de l'alimentation sur les performances des lapins ; séminaire Tunis.
- Lebas F., 2007 ; Acides gras en Oméga 3 dans la viande de lapin Effets de l'alimentation. CUNICULTURE Magazine Volume 34 (année 2007) pages 15-20
- Lebas F., 2002. Le jeune : de la conception au sevrage. La sélection des qualités maternelles pour la croissance du lapereau. *Cuniculture*, 165,102-109.
- Maertens L., J.M. Aerts, D.L. De brabant 2005, Effet d'un aliment riche en acides gras omega-3 sur les performances et la composition du lait des lapines et la viabilité de leur descendance 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre
- Mefti-Korteby H., Kaidi R., Sid S., Daoudi O., 2010. Growth and Reproduction Performance of the Algerian Endemic Rabbit. *European Journal of Scientific Research Vol.40 No.1 (2010), pp.132 -143.*
- Moumen s., 2017 Influence du rythme de reproduction sur les performances de reproduction et de production des lapines de population locale : étude de la relation entre l'état nutritionnel de la femelle et sa fécondité thèse de doctorat en sciences université Batna.
- Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Korteby H. et Boudjenah H. 2018 Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie *Livestock Research for Rural Development* 30(7) 2018

AGROFOR International Journal, Vol. 5, Issue No. 1, 2020

- Theau-Clément M., 2008. Facteurs de réussite de l'insémination chez la lapine et méthodes d'induction de l'oestrus. *INRA Prod. Anim.*, 2008, 21 (3), 221-230.
- Theau-Clément M. 2005 Préparation de la lapine à l'insémination : Analyse bibliographique. 11^{ème} Journée Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris, France.
- Zerrouki N., Lebas F., Gacem M., Meftah I., Bolet G., 2014 Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in algeria, in 2 breeding locations, *World Rabbit Sci.*22: 269-278.
- Zerrouki N, Lebas F, Berchiche M and Bolet G 2005 Evaluation of milk production of an Algerian local rabbit population raised in the Tizi-ouzou area (kabylia). *World Rabbit Science*. 13: 39.

Conclusion de l'essai 2

Plusieurs travaux ont étudié les effets de l'augmentation du taux d'acide gras oméga 3 dans les aliments sur la qualité de la viande de lapin à la fois sous l'angle qualitatif et quantitatif. Cependant, peu de travaux ont étudié l'effet de la supplémentation en acide gras oméga 3 sur les performances de reproduction chez cet animal. L'objectif de notre deuxième expérimentation est d'étudier l'effet comparé d'une supplémentation en acides gras Oméga-3 d'origine animale (huile de poisson) ou végétale (graines de lin extrudé) sur les performances de reproduction (réceptivité, fertilité, prolificité et mortalité embryonnaires) de lapines pré-pubères et pubères de la souche synthétique algérienne conduites en IA.

Les lapines ont reçu 3% de grains de lin et 2% d'huile de poisson pendant 3 mois : 2 mois avant l'insémination artificielle (IA) et 1 mois pendant la gestation. Elles ont été suivies jusqu'à la mise bas afin d'étudier l'effet des omégas 3 sur leurs performances de reproduction. La comparaison des données entre les six lots (pubères témoin (PT), impubères témoin (IMPT), pubères grains de lin (PGL), impubères grains de lin (IMPGL), pubères huile de poisson (PHP) et impubères huile de poisson (IMPHP)) pour les paramètres des morts nés (MN) et des taux de fertilité et de mortinatalité n'a montré aucune différence significative ($P > 0,05$). Alors que pour les nés totaux (NT), nés vivants (NV) et lapereaux sevrés (NS) les différences sont significatives ($P < 0,05$). Une amélioration très nette de la prolificité a été obtenue par l'incorporation de l'huile de poisson et des grains de lin dans l'aliment chez les lapines impubères. En effet, les femelles de ces lots enregistrent les valeurs les plus élevées (10,37 NT, 9,87NV, 9,3 NS et 10,44 NT, 9,77NV, 8,77NS respectivement pour les IMPHP et les IMPGL), contrairement aux lapines impubères du lot témoin qui ont donné les nombres les moins élevés (7,14NT, 6,57NV et 6,57NS). L'enrichissement de l'aliment par les AGPI ω -3 a permis d'améliorer la fertilité et la prolificité à la naissance et au sevrage chez les jeunes femelles par rapport aux femelles adultes.

Chapter 4

*Influence of type of
stimulation on the success of
artificial
insemination in rabbits does of
the synthetic strain (Essai 3)*

Chapter 4. Influence of type of stimulation on the success of artificial insemination in rabbits does of the synthetic strain (essai 3)

D'après notre synthèse bibliographique, l'induction de l'ovulation, nécessaire en cas d'insémination artificielle, par des analogues de GnRH est la méthode la plus efficace à court et à long terme. Cependant, leur nature protéique et exogène associée à leur poids moléculaire élevé a fait craindre un pouvoir immunogène important, réduisant, ainsi leur efficacité en cas d'usage prolongé chez cette espèce.

En effet, l'évolution prévisible de la réglementation sur l'utilisation d'hormones exogènes engage à rechercher des méthodes alternatives pour améliorer la réceptivité sexuelle des lapines et en conséquence leur productivité. Pour ces raisons, des méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones appelées «Biostimulations», ont été proposées. Immédiatement avant l'insémination, ces méthodes appliquées, doivent être faciles d'application, peu onéreuses, compatibles avec le bien-être animal et bien adaptées à la conduite en bande.

Dans ce cadre, vient se situer la présente étude qui a pour objectif la stimulation de l'ovulation de lapines, conduites en insémination artificielle, par des méthodes hormonales (GnRH et PMSG) comparée à une méthode d'induction de l'ovulation par l'utilisation d'un mâle stérile. Elle vise également à étudier l'effet du mode d'induction de l'ovulation sur certains paramètres reproductifs chez la lapine conduite en insémination artificielle.

INFLUENCE OF TYPE OF STIMULATION ON THE SUCCESS OF ARTIFICIAL INSEMINATION IN RABBITS DOES OF THE SYNTHETIC STRAINBoudour K.², Aichouni A.², Lankri E.², Zerrouki N.¹¹Natural Resources Laboratory, Mouloud Maameri University, Tiziouzou, Algeria²Hassiba-Benbouali University, Chlef, Algeria**Abstract**

The objective of the study is to determine the impact of applying different stimulation modes in rabbits to achieve fertile insemination (positive palpation). A total of 30 rabbits of the synthetic strain aged 6.5 ± 1.4 months, with an average weight of 3607.2 ± 241.6 g, were divided into three experimental batches (10 rabbits/batch), according to the stimulation method used: hormonal (either GnRH or PMSG) and mechanical stimulation by the use of sterile males. The effect of the determined stimulation mode on the reproductive parameters of the rabbit conducted in AI was analyzed during the three consecutive reproduction cycles, in order to determine the most reliable and cost-effective method to recommend to improve the fertility and productivity of the rabbits... The rabbits were monitored and their reproductive parameters recorded. The receptivity of rabbits before insemination is recorded. All data obtained from three reproductive cycles revealed that, apart from stillbirth, other reproductive parameters were not affected by the mode of ovulation induction.

Keywords: *Hormonal stimulation, infertile male, ovulation, fertility, prolificacy, mortality*

INTRODUCTION

The rabbit's particular situation in animal production confers him a special status in the area of reproductive biotechnology, in particular artificial insemination, a biotechnology that has proved its worth over the past 15 years in rabbits. Today, 86% of farmers worldwide use it with an average fertility of 77% (Theau-Clement, 2005). According to Theau-clément and *al* (2011), ovulation induction, necessary in the case of artificial insemination, by GnRH analogues is the more efficient method in the short and long term. However, their protein and exogenous nature associated with their high molecular weight has led to fears of significant immunogenicity, thus reducing their efficacy in prolonged use in this species. Thus, Adams (1972) showed that 87% of rabbits no longer ovulate after the fifth injection.

Indeed, the predictable evolution of regulations on the use of exogenous hormones requires the search for alternative methods to improve the sexual receptivity of rabbits and consequently their productivity. For these reasons, methods called "Biostimulations" have been proposed. These methods, applied immediately prior to insemination, must be easy to apply, inexpensive, compatible with animal welfare and well adapted to band driving.

In this context, the present study aims to stimulate ovulation of rabbits, conducted in artificial insemination, by hormonal methods (GnRH and PMSG) compared to a method of ovulation induction by the use of a sterile male. It also aims to study the effect of the mode of ovulation induction on certain reproductive parameters in rabbits undergoing artificial insemination.

1. MATERIALS AND METHODS*1.1 Animal material and experimental conditions*

The experiment took place in the animal house hutch of the Department of Agricultural Sciences and Biotechnology of Hassiba Ben Bouali University (Chlef), during a period from May 2 to September 21, 2017. The breeding building consists of a breeding room containing the maternity cages, a room for the cages of the breeding males and an analysis laboratory where the various analyses carried out

during the experiment took place. Ventilation is provided by two exhaust fans, which are switched on every morning to remove harmful gases. Lighting is provided by artificial light, the duration of illumination of the maternity cell is 16 hours/day.

Thirty rabbits of the Algerian synthetic strain "ITELV 2006", aged 6.5 ± 1.39 months, were inseminated with the seed of a male belonging to the same genetic type, aged 08.5 months and a half and weighing 2975 g. Characteristics of this strain were also described by Lebas and *al* (2010) and Zerrouki and *al* (2014). Females are supplied with a commercial pelleted feed, composed of alfalfa, from flour mills, maize, sunflower meal, molasses, poly-vitamins, trace elements, calcium carbonate, phosphates, amino acids, vitamin E, D3, A. The chemical analysis of the feed yielded 14.5% raw protein and 9.5% crude fiber. Water was always available from automatic nipple drinkers. Lighting was natural.

1.2 Methods

1.2.1 Evaluation of male sperm parameters

An analysis of the macro and microscopic characteristics of ejaculate collected from the male used was performed by visual observation, volume, pH and color measurement on the graduated tube weaned at collection. Sperm concentration, mass and single motility, viability and rate of sperm abnormalities were also assessed. After the semen has been analysed, the semen was diluted 10 x with a commercial "Galape" diluent.

1.2.3 Receptivity control

It is carried out by color observation and vulva turgidity before insemination. Females with turgid red or purple vulva were reported as receptive, while females with pink or white vulva were not receptive.

1.2.4 Constitution of lots

The 30 rabbits were divided into three experimental groups of 10 rabbits, depending on how ovulation was induced.

First group (1): Ovulation was induced by the hormonal method by administering 0.3ml of GnRH, injected intramuscularly, 1 hour before the insemination .- **Second group (2):** Ovulation was induced by the hormonal method by the administration of 0.3ml of GnRH, injected intramuscularly, 1 hour before the insemination.

Second group (2): Ovulation was hormonally induced by administering 40 IU of PMSG, by intramuscular injection, 2 days before insemination.

Third group (3): Ovulation induction in rabbits was performed using a sterile male with the usual sexual characteristics (overlap). The infertile male was left with a female for 15 minutes, which was deemed sufficient to induce overlapping of the female, and therefore ovulation.

Females from the three lots were inseminated by a dose of 0.3ml of semen that was collected and analysed. 12 days following the AI, abdominal palpation was performed on inseminated rabbits to diagnose pregnancy. At birth, the females are weighed, the litters are counted, weighed and the dead born are withdrawn. Weaning is carried out 30 days after birth. The weaned young rabbits are weighed.

1.2.5 Zootechnical parameters used

Reproductive parameters studied are: receptivity, fertility, litter size at birth and at weaning (total born, alive born and number of weanlings), mortality of kits at birth and during the birth-weaning phase, litter and kits weights at birth and at weaning are recorded.

1.2.6 Statistics analysis

Variables that were measured and calculated were statistically processed by XL stat plus version 5 software, with an Analysis of Variance Model (ANOVA), taking the fixed effect of ovulation induction mode in the female (3 levels). A descriptive statistical study was made with the same

software. The means were compared 2 to 2 by the Fisher test. The presentation of all results is made in tables and graphs, using Excel software version 2007.

2. RESULTS AND DISCUSSION

2.1 Characteristics of semen

In the experimental study period, 20 collections of sperm were carried out. Mean values of macro and microscopic analyses of semen used to inseminate females are presented in Table 1. The semen volume determined is 0.52ml, higher than the sperm volume values reported by Theau Clément (2007) when estimating the fertility of rabbit semen from INRA strains (0.4 ml), and by on New Zealand white rabbit (0.49ml). On the other hand, Boulbina (2011) notes that rabbits of local Algerian population have a higher sperm volume (0.86 ml).

The color of samples is pearly white (BN). According to the Roca et al. table, 1993, this semen color was given a score of 3. The pH of the sperm used in the experiment is 6.76, which is slightly lower than that found by Brun and *al* (2006) who reported an average pH of 7.3. A large variability in pH of sperm from males of different strains and breeds has been reported by many authors. Indeed, Brun and *al*, (2006) recorded an average pH of 7.13 on a seed collected from males of the local population, aged between 19 and 33 weeks. Similarly, Lavara and *al*.(2008) published pH values ranging from 5.6 to 7.8, similar to those recorded by Garcia- Tomas and *al*. (2006); Brun and *al*. (2009), from 6.94 to 7.63. In addition, these authors reported the effect of the environment in pH variation. The overall movement of a sample taken from the collected ejaculate was estimated at 5.25 according to Petitjean's (1965) grid (Boussit 1989) ranging from 0 to 9.

Seed analysis parameters	Evaluation
Volume	0.52 ml
Color	3 (BN)
pH	6.76
Massale motility	5.25
Individual motility	3.5
Concentration	513.12x 106 spz/ml
Anomalies	9.8

Table 1. Semen characteristics of males rabbits of synthetic strain

Indeed, during the investigation of mass mobility by microscopy, we noted a movement of most spermatozoa, which allowed us to determine a good motility of the used semen.

The spermatozoa observed under a microscope (x40) are moving quickly through a small diameter helix. We attributed this individual mobility a score of 3.5 on the Andrieu scale (1974) (Boussit 1989).

The mean concentration of sperm in collected ejaculates is evaluated at 513.12x 106 spz/ml, which is higher than the value recorded by Nabi (2013) on the semen of white buck rabbits (428.94x 106 spz/ml) and lower than on the semen recorded by Boulbina (2011) (734.9x106 spz/ml). The rate of abnormal sperm observed is 9.8%.

Comparison of the semen characteristics used in this study with the bibliographic data revealed that our females were inseminated with good quality semen.

Lankri and *al* (2019), on the same strain of males, reported comparable characteristics to our results (502±29.106 spz/ml, 0.48 ±0.11 ml, 5.21±0.77, 3.36±0.56, 6.86±0.12 respectively for concentration,

volume, mass motility note, individual motility note and pH) has a better quality for artificial insemination.

2.2 Reproductive parameters of rabbits according to the rabbit's mode of stimulation

Table 2 summarizes the reproductive performance of rabbits according to the mode of ovulation induction in rabbits.

Table 2. Reproductive performance according to the mode of ovulation induction

Variables	stimulation mode			
	GnRH	Infertile male sterile	PMSG	P
Receptivity(%)	73,33	63,33	70	0.1
Pregnancy rate (%)	86,66	73,33	80	0.1
Kindling rate(%)	68,33	61,66	65	0.1
Total born	9,63	10,23	10,2	0.4
	n=289	n=307	n=306	
Alive born	8,06	7,63	7,2	0.37
	n=242	n=229	n=216	
Weaned	7,33	6,76	6,5	0.32
	n=220	n=203	n=195	
litter birth weights (g)	486,18	433,48	407,25	0.1
Kitsbirth weight	60,785	56,946	58,03	0.13
Mortinatality (%)	16,53 ^a	26,26 ^b	29,4 ^b	<0.01
Mortality birth- weaning (%)	7,93	10,33	9,73	0.7

2.2.1. Stimulation mode and receptivity effect

An average receptivity rate of 68.9% was recorded during the experiment, lower than the rates obtained by Moulla and Yakhlef, 2007 and by Zerrouki et al, (2001) on local population rabbits that were naturally mated. They recorded an average rate of 89.87% and 80% respectively. These lower receptivity rates are attributed to the lactation state of females. This observation was confirmed by Theau-Clement and Roustan (1980) who recorded 73% in lactating females and 84% in non-lactating females. Similarly, Roustan and Maillot (1990) reported that nulliparous females are more receptive, accounting for our rabbits' relatively low rates, the most of them in the 2nd or 3rd cycle (secondiparous and multiparous).

Females in which ovulation is induced by GnRH have a higher receptivity rate (73.33%) than those in which we used the PMSG (70%), but the differences are not statistically significant. Many authors have showed that the receptivity is greater following the use of GnRH analogues than the PMSG, which appears to be reducing it. However, Theau-Clément (2005) showed that the administration of 20 IU of PMSG per rabbit, 48 hours before artificial insemination increases receptivity.

Salveti (2008) shows that an intramuscular injection of a dose of GnRH allows a higher rate of receptivity compared to a mixture of the same hormone with the semen, i.e. a rate of 90% versus 60% for both pathways, respectively. Other researchers have indicated that the use of equine chorionic gonadotropic hormone (ECG) would have a positive effect on rabbit susceptibility (Alabiso and *al.*, 1994; Mirabito and *al.*, 1994; Theau-Clement and Lebas, 1996; Theau-Clement and *al.*, 1998).

The attempt to trigger ovulation directly by unfertilizing mating with the use to a sterile male resulted in a lower receptivity rate (63.33%) than the other two batches. This was confirmed by Kustos and *al* (2000), who reported that the overlap by a sterile male has no effect on improving rabbit receptivity.

2.2.2 Fertility effects

For several years now, the impact of hormonal methods on female rabbits has been the object of several studies. Indeed, Hulot and Poujardieu (1976) reported that injections of GnRH, hCG or LH have been shown to induce ovulation well; however, repeated injections with these hormones lead induce immunization and decreased efficiency after the 4th or 5th injection.

In our study, the hormonal effect on fertility is clearly observed, despite an absence of significativity ($P < 0.1$). Indeed, we recorded higher palpation and parturition rates (86.66 and 68.33%) with GnRH injections than with PMSG (73.33 and 61.66%). GnRH appears to be increasing fertility rates.

This result is in agreement with the one reported by Theau-Clément (2008) who indicates that repeating injections of PMSG are generally followed by a reduced fertility rate in female rabbits. On the other hand, Quintela and *al*. (2004) show that adding 25g of GnRH analog in the semen gives a fertility higher than that of the rabbits obtained following an intramuscular injection of 20g Gonadorelin (GnRH, 270 IA) or 91.1% and 85.6%, respectively.

Fertility rates recorded in rabbits following the use of a sterile male to stimulate ovulation are similar to those recorded with the other two methods (80 and 65% respectively for pregnancy and calving rates).

However, Kustos and *al* (2000), show that the introduction of a male among females 4 days before artificial insemination was not modify fertility. In addition, Hulot and Poujardieu (1976) noted that mechanical stimulation of the vagina by action on the brain can caused ovulation, but the results were very random (14.7%).

Theau-Clément and Roustan (1980) point out that in artificial insemination, the fertility rate is influenced by the receptivity rate of rabbits. In contrast, Theau-Clément and Poujardieu (1994); Theau-Clément and Lebas (1996); Rodriguez de Lara and Fallas (1999), Theau-Clément (2001), report that the fertility of receptive rabbits is significantly higher (>75%) than that of non-receptive ones. Our results insofar as rabbits stimulated by the administration of GnRH have receptive levels and consequently comparatively high fertility.

In general, we recorded average values of 80% and 65% respectively for gestation and farrowing rates without considering the effect of the stimulation mode. These results are higher than those recorded by Hounton (2008), who reported a fertility rate of 52.11%. Tanimomo, (2007) recorded a rate of 69.50%.

The fertility of rabbits can be influenced by many factors, highlighting the parity of females (the multiparous majority in our study), indeed, Perrier *et al*. 2000; Theau-Clément (2005) show that the fertility rate of primiparous women is generally $\leq 70\%$ lower than that of nulliparous women. This was confirmed by Questel (1984) who recorded a fertility rate of 81% for nulliparous females and 57% for multiparous females.

It should be noted, however, that no statistically significant difference ($p < 0.1$) was found between palpation or calving rates depending on the method of ovulation induction.

2.2.3 Effect on prolificity

The number of kits In fact, the hormonal method using GnRh seems to give the lower total number (9.63). The other two groups have comparable values (10.23 and 10.2 for sterile male and PMSG groups). In terms of alive births and number of weaned, the situation is reversed. The rabbits in the GnRH group have the greatest numbers of kits However, the statistical analysis did not show any statistically significant variation ($P < 0.3-0.4$) between the three modes of ovulation induction. Hormonal induction mode (GnRh and PMSG) does not increase prolificity in females as compared to induction by the sterile male.

A similar observation was made for the average litter weight and mean birth weight of kits. Indeed, the females of the three groups produce litters with an average weight of 486.2g, 433.5g and 407.2g with an average birth weight of approximately 60.8g, 57.0 and 58.0 g respectively for the females in the GnRH, sterile male and PMSG groups.

This result is confirmed by Hulot and Poujardieu (1976), Theau-Clément and Lebas (1996), Vicente et al. (2009), demonstrated that the improvement in the prolificacy of hormone-treated rabbits is in fact only associated with an increase in the percentage of susceptible rabbits.

Also, Quitela and al (2004) and (2008) reported that using GnRH directly in the semen dose for insemination is more effective compared to intramuscular injection.

Theau-Clément (2005), Mehaisen and al (2005) noted that using eCG tends to increase the ovulation rate. Several studies, examining the relationship between the different treatments used to induce ovulation, have found a variation in their effect on prolificacy. Indeed, according to Bechstedt and Hattenhaur (1984), GnRh is more effective than treatment with HCG. In addition, Kennelly and Foote (1965); Maurer and al. (1968); Besenfelder and al. (2002); Mehaisen and al. (2005) demonstrate a higher response to super ovulation treatment with FSH use compared to eCG use.

2.2.4 Effect on mortality

Many authors have noted a negative influence of hormone use on embryo quality (kanffiman and al., 1998; Mehaisen and al., 2006). Indeed, in the present study, this negative effect is observed on the stillbirth rate, which is the only parameter affected by method of inducing ovulation ($P=0.01$). Rabbits in GnRH lot have a lower rate (16.53%), compared to rabbits in PMSG lot (29.4%) and sterile male lot (26.26%). Our results are consistent with those reported in the bibliography. Indeed, Canali and al., 1991; Alabiso and al., 1994; Maertens and Luzi, (1995), noted that the use of hCG can have a negative effect on fertilisation rates and birth viability rates.

Moreover, this justifies the higher stillbirth rate from rabbits for which ovulation was induced by PMSG. Contrary to stillbirth, mortality recorded between birth and weaning was not affected by the method of ovulation induction ($P=0.7$). Although the GnRH lot registered the lowest rate (7.93%), compared to the two other lots (10.33 and 9.73 respectively for the sterile male lot and PMSG).

Many studies report that induction mode only has an effect on increases in the number of receptive females at the time of insemination (Theau-Clément and Lebas, 1996; Salvetti, 2008).

CONCLUSION

From these results, it appears that:

Rabbits' receptivity is influenced by the mode of ovulation induction. Indeed, the rabbits in which ovulation is induced by GnRH have a significantly greater receptivity and fertility rates and prolificacy compared to females for which PMSG and the infertile male have been used.

Except for the stillbirth rate, no reproductive variables were significantly affected by the ovulation induction mode. This is an interesting result as an alternative method which is easily applied, cheap, compatible of animal welfare and well-adapted to driving in a band, such as that using a sterile male, can substitute hormonal methods which show a high immunogenic capacity in time and which can reduce their effectiveness if used for a long period of time in this species.

Females for which ovulation is induced by the sterile male have a good fertility rate and prolificacy, in accordance with bibliographic data. This allows us to say that this method will be able to substitute these hormonal methods, thus allowing more safety, while taking into account the regulations aimed at reducing the use of exogenous hormones in all animal species.

Finally, it would be very interesting to continue this work on a larger number of females in order to confirm our results and the robustness of the methods used as an alternative to hormone use.

REFERENCES

- Adams C. E. 1972. Induction of ovulation and AI technics in the rabbit. *Vet Rec* 91, 194-197.
- Alabiso M., Bonanno A., Alicata M.L., Portalano B. 1994. Trattamento “differenziato” con PMSG su coniglie inseminate artificialmente. *Rivista di Coniglicoltura* 31(1/2), 25-30.
- Bechstetd U et Hattenhauer H, 1984. Induction of ovulation in the rabbit with GnRH. *Monauhstie fur veterinarmedizn*, 39(5), 237-275.
- Besenfelder U., Raska R., Egerbacher M., Mossbacher G., Brem G., 2002. Influence of progesterone synchronization on ovarian histology, ovulation capacity and embryo production in FSH or PMSG superovulated rabbits. *Theriogenology*, 57, 535.
- Boulbina, 2011 Caractéristiques de la semence du lapin de population locale (*Oryctolagus cuniculus*). Thèse de magistère. Ecole nationale supérieure d'Alger.
- Boussit D. 1989., Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. Association Française de Cuniculture, Ed. Lempdes France, 234 p.
- Brun J. M, Sanchez A, Duzert R, Saleil G et Theau-Clément M. 2009 Paramètres génétiques des caractéristiques de la semence de lapin. 13èmes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 Novembre 2009, Le Mans (France), 4 p.
- Brun J M, Theau-Clément M, Esparbié J, Falières J, Saleil G and Larzul C. 2006. Semen production in two rabbit lines divergently selected for 63-d body weight. *Theriogenology*, 66 : 2165- 2172.
- Canali, C., Boiti, C., Castellini, C., Zampini, D. 1991. Riposta anticorpale delle coniglie trattate ripetutamente con PMSG nella pratica della sincronizzazione degli estri. 2° Meeting Nazionale Studio della efficienza riproduttiva degli animali di interesse zootecnico, Bergamo, Italie 24 novembre, 1989, 103-108
- Davoust, C., Saleil, G., Theau-clement, M., Roustan, A. 1994. Influence de l'association PMSG-hCG sur la productivité numérique de lapines allaitantes conduites en bande unique à 35 jours (en insémination artificielle). 6èmes Journées de la Recherche Cunicole, 6-7 Décembre, 1994, La Rochelle, France. Vol 1, 145-152.
- Garcia-Tomas M, Sanchez J, Rafel O, Ramon J and Piles M. 2006. Heterosis, direct and maternal genetic effects on semen quality traits of rabbits. *Livestock Science*, 100 : 111-120.
- Hounton G. 2008. Evaluation des performances de reproduction des lapines en sélection au CECURI au cours de l'année 2007. Mémoire de fin de cycle : Diplôme d'ingénieur des travaux. UAC, EPAC, Abomey-calavi, Bénin, 65 p.
- Hulot F et Pourjadieu B, 1976. Induction artificielle de l'ovulation et fertilité chez la lapine allaitante ou non. *Ann. Biol, Anim. Bioch. Biophys*, 16(5), 635-643.
- Kauffman, R.D., Schmidt, P.M., Rall, W.F., Hoeg, J.M. 1998. Super ovulation of rabbits with FSH alters in vivo development of vitrified morulae. *Theriogenology* 50, 1081-1092.
- Kennelly, J.J. ET Foote, R.H. 1965. Superovulatory responses of pre-and postpuberal rabbits to commercially available gonadotrophins. *Journal of Reproduction and Fertility*, 9, 177-188.
- Kustos K., Eiben CS., Szendrő ZS., Theau-Clément M., Gódor S-NÉ, Jovánczai ZS. 2000. Effect on reproductive traits of male presence among rabbit does before artificial insemination (Preliminary results). 7th World rabbit Congress, 4-7 July 2000, Valencia Spain, 161-166.
- Lankri E., Boudour K., Aichouni A., Rechachou F. 2019. Effet de la fréquence de récolte de serme sur sa qualité chez des lapins de souche ITELV 2006. *Livestock Research for Rural Development* 31 (5) 2019.
- Lavara R, Vicente J S, Marco-Jiménez F and Baselga M. 2008. Correlation between CASA and ASMA parameters in rabbit semen. 9th World Rabbit Congress, juin 2008, Verona (Italy), p.10-13.

- Lebas F., 2010. Intérêt de l'insémination artificielle pour les élevages cynicoles en Algérie. Atelier de travail sur la création d'une souche synthétique, Baba Ali (Algérie) 14-15 juin 2010.
- Maertens L. and Luzi F., 1995. Effect of diluent and storage time of rabbit semen on the fertility of does reared under two different lighting schedule. *World Rabbit Science*, 3, 57-61.
- Maurer R. R., W. L. Hunt and R. H. Foote; 1968. Repeated superovulation following administration of exogenous gonadotrophins in dutch-belted rabbits. *J. Reprod. Fert.* (1968) 15, 93-102.
- Mehaisen G.M.K., J.S. Vicente, R. Lavara, M.P. Viudes-de-Castro. 2005. Effect of eCG dose and ovulation induction treatments on embryo recovery and in vitro development post vitrification in two selected lines of rabbit does. *Animal Reproduction Science* 90 (2005) 175–184.
- Mirabito L., Galliot P., Souchet C. 1994. Effet de l'utilisation de la PMSG et de la modification de la photopériode sur les performances de reproduction de la lapine. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle, Vol I, 169-178.
- Moulla F and Yakhlef H 2007 Evaluation des performances de reproduction d'une population locale de lapins en Algérie. 12èmes Journées de la Recherche Cunicole. Le Mans, France. 27- 28 Novembre. 45- 48.
- Nabi I 2013 Performances de reproduction du lapin (*Oryctolagus cuniculus*) de population blanche : Production spermatique des mâles et fertilité des femelles conduites en insémination artificielle. Mémoire de magistère, Ecole nationale supérieure vétérinaire El Harach Alger. 93p
- Perrier G, Theau-clément M, Jouano M, Drouet J.P, 2000. Reduction of the GnRH dose and inseminated rabbits doe reproductive performance. 7th World rabbit congé, July 4-7, valencia, Espagne, a, 225-230.
- Questel G., 1984. Contribution à l'étude de la fertilité chez le lapin domestique. Mémoire de fin de formation, INRA Paris-Grignon, France, 65 p.
- Quintela L.A., Peña A.I., Vega M.D., Gullón J., Prieto C., Barrio M., Becerra J.J., Herradón P.G., 2008. Ovulation induction in rabbit does by intravaginal administration of the GnRH Analogue [des-Gly10, D-Ala6]- LHRH Ethylamide: Field trial. 9 th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy.
- Quintela L.A., Pena A.I., Vega M.D., Gullon J., Prieto M.C., Barrio M., Becerra J.J., Maseda F., Herraadon P.G., 2004. Ovulation induction in rabbit does submitted to artificial insemination by adding buserelin to the seminal dose. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44, 79-88.
- Roca T, Casas J and De Gracia J 1993 Efecto de los factores ambientales sobre las características del semen de conejo. *Boletín de cunicultura*, N° 70, 4 p.
- Rodriguez DE LARA, R ET Fallas, L M 1999 Environmental factors and physiological factors influencing kindling rates and litter size at birth in artificially inseminated doe rabbits. *World Rabbit Science*, 7(4), 191-196.
- Roustan A et Maillot D, 1990. Comparaison des résultats de fertilité et du productivité numérique a la naissance de deux groupes de lapines conduites en insemination artificielle et en saillie naturelle. Analyse de quelques facteurs de variation. 5^{ème} journées de la recherche cunicole, 12-13 décembre, 1990, paris francs. Tome i, comm3.
- Salvetti P. 2008. Production des embryons et cryoconservation des ovocytes chez la lapine : Application à la gestion des ressources génétiques. Thèse Universitaire Interdisciplinaire Sciences Sante, Claude Bernard Lyon 1, 179 p.
- Szendrő Zs., Jovanczai Zs., Theau-Clément M., Radnai I., Biro-Nemeth E., Milisits G. 1999: The effect of doe-litter separation on production performance in rabbit does and their kits. *World Rabbit Science* Vol.7(3), 165-169.

- Tanimomo E., 2007. Evaluation des performances de reproduction des lapines en sélection au CECURI au cours de l'année 2006. Mémoire de fin de cycle : Diplôme d'ingénieur des travaux. UAC, EPAC, Abomey-calavi, Bénin, 58 p.
- Theau-Clément., Galliot P., Souchet C., Bignon L., Fortun-Lamothe L., 2011. Etude préliminaire de la variabilité du comportement d'œstrus de la lapine. 14èmes Journées de la Recherche Cunicole, 22-23 novembre 2011, Le Mans, France. 65-68.
- Theau-Clément M., 2008. Facteurs de réussite de l'insémination chez la lapine et méthodes d'induction de l'œstrus. INRA Pro. Anim. 2008,21, (3), 221-230.
- Theau-Clément M., 2007. Preparation of the rabbit doe to insemination: Rabbit Sci. 2007, 15, 6-80.
- Theau-Clément M 2005 Préparation de la lapine à l'insémination : Analyse bibliographique. 11^{ème} Journée Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris, France, 67-
- Theau-Clément M., Castellini C., Maertens L., Boiti C., 1998. Biostimulation Applied to rabbit reproduction: theory and practice. World Rabbit Sci., 6, 179-184.
- Theau-Clement M, 2001. Etude de quelques facteurs de contrôle de l'interaction entre la lactation et la reproduction chez la lapine conduite en insémination artificielle. Thèse doctorale en « Sciences agronomiques ». Institut National Polytechnique de Toulouse, 103 p.
- Theau-Clément M., Castellini C., Maertens L., Boiti C., 1998. Biostimulation Applied to rabbit reproduction: theory and practice. World Rabbit Sci., 6, 179-184.
- Theau-Clément M. & Lebas F., 1996. Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 4 (2), 47-56.
- Theau-Clément M., Poujardieu B., 1994. Influence du mode de reproduction, de la réceptivité et du stade physiologique sur les composantes de la taille de portée des lapines. 6emes journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle, 6 et 7 Décembre 1994, Vol-1,187-194.
- Theau, M. et Roustan, A. 1980. L'insémination chez la lapine. Techniques utilisées, quelques résultats. 2nd World Rabbit Congress, April, 1980. Barcelone, Spain, Tome I, 333-342.
- Vicente B.; Valencia D G.; Serrano M. P.; Lázaro R.; Mateos G. 2009. Effects of feeding rice and the degree of starch gelatinisation of rice on nutrient digestibility and ileal morphology of young pigs. Br. J. Nutr., 101 (9): 1278-1281.
- Zerrouki N, Lebas F, Gacem M, Meftah I, Bolet G. 2014. Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in algeria, in 2 breeding locations, World Rabbit Sci.22: 269-278.
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F. 2001. Caractérisation d'une population locale de lapins en Algérie: Performances de reproduction des lapines. In 9èmes Journées de la Recherche Cunicole. Paris, 28-29 nov. 2001,ITAVI. pp. 163-166.

Conclusion de l'essai 3

Dans le but d'améliorer la réceptivité sexuelle des lapines, des méthodes alternatives à l'utilisation des hormones, répondant, ainsi aux exigences de l'élevage rationnel et de la conduite en bande, ont été proposées. La comparaison d'une de ces alternatives, utilisant un mâle stérile avec la méthode classique hormonale utilisant la GnRH ou la PMSG a fait l'objet de cet essai.

Les résultats obtenus de cette comparaison ont montré que le taux de mortinatalité semble l'unique paramètre de reproduction statistiquement affecté par le mode d'induction de l'ovulation. Ce résultat s'avère très intéressant dans la mesure où une méthode alternative utilisant un mâle stérile pourra substituer les méthodes hormonales classiques.

En outre, les femelles pour lesquelles l'ovulation est induite par le mâle stérile présente un taux de fertilité et de prolificité de bon niveau comparé à la bibliographie. Ceci nous permet de dire que cette méthode alternative à l'utilisation d'hormones pourra remplacer cette dernière en permettant un plus de sécurité, notamment, avec l'évolution de la réglementation visant à diminuer l'utilisation d'hormones exogènes chez toutes les espèces animales.

Chapitre 5

*Performances de reproduction
des lapines de la souche*

*« ITELV 2006 » en fonction de
l'intervalle mise bas-
insémination artificielle.*

Résultats préliminaires (essai 4)

*Chapitre 5. Performances de reproduction des lapines de la souche
« ITELV 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas- insémination
artificielle*

Résultats préliminaires (essai 4)

De nombreux auteurs suggèrent que le rythme de reproduction le plus adapté et le plus pratiqué pour les élevages rationnels, est le semi-intensif facilitant la conduite en bandes, avec un intervalle mise bas –insémination de 11 à 12 jours ; ce qui correspond à une durée de 42 jours entre deux mises bas successives. Toutefois, la recherche de la viabilité d'autres rythmes de reproduction, tel que le rythme intensif (1 ou 2 jours après la mise bas) ou extensif (30-32 jours post-partum) a fait l'objet de plusieurs études mais toujours avec les souches européennes. L'objectif de l'essai 4 est de comparer les performances de reproduction des lapines de la souche synthétique algérienne « ITELV2006 » à trois intervalles mise bas-insémination artificielle (J4, J7 et J11), afin de déterminer l'intervalle permettant d'optimiser ces performances, avec une meilleure réceptivité *post partum* des lapines. Les résultats de cet essai confirment l'effet du stade d'allaitement, rapporté par la bibliographie, sur les performances des lapines. Ainsi, les inséminations réalisées à 7 jours après la mise bas ont donné les valeurs les plus faibles.

Performances de reproduction des lapines de la souche « Itelv 2006 » en fonction de l'intervalle mise bas-insemination artificielle Résultats préliminaires

Boudour*¹ K., Aichouni A.¹, Lankri E.¹, Zerrouki Daoudi N²

¹ Université Hassiba Benbouali, Chlef, Algérie.

² Laboratoire Ressources Naturelles, Université de Tizi Ouzou, Algérie

* Correspondant : k.boudour@hotmail.com

Résumé . - Soixante lapines primipares de la souche Itelv-2006, de poids et d'âge comparables (3870 g et 5,7 mois en moyenne) ont été réparties après mise bas en trois lots de 20, correspondant à une insémination artificielle (IA) pratiquée 4 – 7 ou 11 jours après la mise bas. Les paramètres étudiés ont été la réceptivité (couleur de la vulve) au moment de l'IA, la fertilité et la prolificité (nés totaux) à la suite de cette IA. Les lapines inséminées à J4 ou à J11 *post partum* étaient significativement plus réceptives que celles inséminées à J7 : 70 et 80% vs 30% respectivement (P=0,003). La fertilité à la mise bas a été similaire pour les lots J4 et J11 (70 et 75%) mais significativement plus faible pour le lot J7 : 60% (P=0,030). Enfin la prolificité la plus faible a été observée pour les lots J11 : 7,89 nés totaux par portée, vs 8,78 et 9,75 pour les lots J4 et J7 (P=0,01). Toutefois une très forte mortalité (47% en moyenne) liée très probablement aux conditions extérieures très défavorables au moment des mise bas, nécessite de considérer ce dernier résultat avec précautions.

Abstract : Reproductive performance of rabbit does of the strain "Itelv 2006" according to the artificial kindling-insemination interval - Preliminary results. Sixty primiparous rabbits does of the Itelv-2006 strain, of comparable weight and age (3870 g and 5.7 months on average) were distributed after kindling in three lots of 20, corresponding to an artificial insemination (AI) performed 4 - 7 or 11 days after kindling. The parameters studied were receptivity (color of the vulva) at the time of AI, fertility and prolificacy (total kits born) following this AI. Rabbits inseminated on D4 or D11 *post partum* were significantly more receptive than those inseminated at D7: 70 and 80% vs. 30% respectively (P = 0.003). Fertility at kindling was similar for lots D4 and D11 (70 and 75%) but significantly lower for lot D7: 60% (P = 0.030). Finally, the lowest prolificacy was observed for group D11: 7.89 total born per litter, vs 8.78 and 9.75 for lots D4 and D7 (P = 0.01). However, a very high stillbirth proportion (47% on average) very probably related to the very unfavorable external conditions at the time of kindling, requires to consider this last result with precautions.

Introduction.

Créé en 2006 (Gacem et al. 2009) et diffusée à partir de 2012, la nouvelle souche algérienne de lapins « ITELV 2006 » a fait l'objet de nombreux travaux qui se sont concentrés sur la description de ses caractéristiques, en comparaison avec les populations locales existantes (Bolet et al 2012 ; Zerrouki et al 2014 ; Sid et al 2018). Dans tous ces essais, la reproduction était conduite en saillie naturelle.

L'utilisation de l'insémination artificielle (IA) peu fréquente jusqu'à ce jour en Algérie, permet à l'éleveur de réaliser aisément une conduite en bandes en maîtrisant pour toutes les lapines de la bande l'intervalle entre la mise bas (MB) et l'IA (Theau-Clément 2005 et 2008 ; Dal Bosco et al., 2011).

Pour les souches sélectionnées européenne, la conduite en bandes se fait principalement avec un intervalle de 42 jours entre deux inséminations consécutives, ce qui correspond à une IA 11-12 jours après la mise bas. Différents travaux et observations ont été conduits pour savoir si d'autres rythmes de reproduction pouvaient être techniquement ou économiquement viables mais toujours avec les souches européenne

(Xiccato et al., 2005, Feugier et al., 2006, Castellini 2007).

Par contre aucune étude de ce type n'a été conduite sur la nouvelle souche ITEV 2006. L'objectif de ce travail préliminaire est donc de tenter de déterminer pour ce génotype l'intervalle optimum entre mise bas et IA en comparant les performances obtenues avec 3 intervalles MB-IA, à savoir 4 – 7 et 11 jours.

1 - Matériel et Méthodes

Matériel animal et conditions expérimentales

Soixante lapines primipares contemporaines âgées de 5,5-6 mois, appartenant à la souche Itelv-2006 ont été réparties en 3 lots de 20 immédiatement après la mise bas, en vue d'une insémination 4 – 7 ou 11 jours après la MB, le jour de MB étant compté comme jour 1. (lots J4 – J7 et J11). Leur poids moyen était de 3876 ± 152 g. Ces lapines ont été libres d'allaiter leur portées durant tout l'essai et ont été alimentées à volonté avec un aliment granulé commercial contenant 14,5% de protéines brute, 9,45% de cellulose brute, 3,38% de matières grasses, 0,89% de calcium et 0,60% de phosphore total. Elles disposaient en permanence

d'eau de boisson par un système d'abreuvement semi-automatique

Les lapines étaient logées dans une même cellule dans des cages individuelles au sein de l'animalerie de l'Université de Chlef

1.2- Répartition des lapines et IA

Toutes les mises bas initiales ont eu lieu entre le 2 et le

4 août 2015. L'IA à 4 jours a été effectué sur les lapines ayant mis bas le 3 août, l'IA à 7 jours sur les lapines ayant mis bas le 4 août et l'IA à 11 jours, sur les lapines ayant mis bas le 2 août.

Toutes les inséminations ont été faites avec la semence d'un seul mâle de la même souche (8 mois, 3740 g), en semence fraîche correspondant à 2 prélèvements du mâle à 10 min d'intervalle, chacune des 3 journées

« utiles ». La qualité de la semence a été contrôlée pour chaque éjaculat avant mélange et dilution au 1/10^e des 2 éjaculats du jour, selon les techniques et méthodes préconisées par Boussit (1989).

La qualité de la semence a été homogène pour les 6 éjaculats utilisés : volume 0,6-0,9 ml, pH de 6,9-7,2, note de motilité massale de 4, concentration de 402-430 x 10⁶ spermatozoïdes / ml et un pourcentage de spz morts de 28-29%. Après l'observation de la qualité, tous les prélèvements ont été utilisés et la dilution a été effectuée avec du « Galap » (IMV Technologies)

Les femelles de chaque lot ont été inséminées avec une dose de 0,3 ml de semence diluée, après avoir reçu 0,3 ml d'un analogue de GnRH (Cystoreline), injecté en intramusculaire pour déclencher l'ovulation.

Paramètres contrôlés

La réceptivité des lapines à l'accouplement a été estimée par observation de la couleur de la vulve juste avant l'IA (Theau-Clément et al., 2012).

La fertilité a été évaluée lors de la palpation abdominale effectuée 12 jours après insémination (proportion de lapines palpées positives), puis après observation des mises bas effectives.

La prolificité a été estimée par la taille de la portée à la naissance, exprimée en nés-totaux. Les fortes chaleurs observées au moment des mises bas (température maximale chaque jour de 33-36° entre le 6 et le 14 septembre 2015, période des mises bas) ainsi que la réalisation de travaux à proximité immédiate de l'animalerie à la même période, ont entraîné une très forte mortalité moyenne (47%) interdisant toute analyse prenant en compte les proportions de lapereaux nés vivants ou morts.

Analyse statistique

Les résultats obtenus pour l'ensemble des variables ont été analysés avec le logiciel XL stat plus v 5 (2016) permettant une analyse de variance (ANOVA) incluant l'effet du stade d'allaitement des lapines sur les paramètres étudiés. En cas d'effet significatif, les

moyennes ont été comparées 2 à 2 par le test de Fisher.

2. Résultats et Discussion

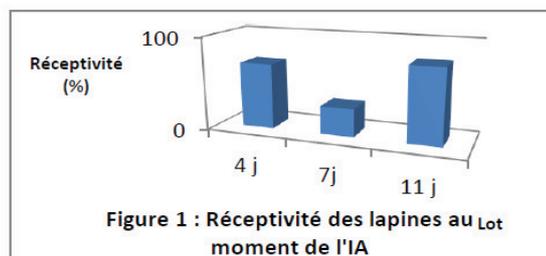
Aucune mortalité des femelles expérimentales n'a été observée sur l'ensemble de l'essai.

Effet de l'intervalle MB-IA sur la réceptivité des femelles

La réceptivité des lapines de la souche Itelv-2006 est influencée par le stade de lactation (Figure 1). En effet, un taux de 70% a été enregistré pour le premier lot (J4) alors que celui du deuxième lot, inséminé à 7 jours *post-partum* présente un taux significativement plus faible (30%). Les lapines du lot J11 enregistrent un taux de réceptivité (80%) similaire à celui du lot J4 et même un peu supérieur (figure 1).

Selon la littérature, le pourcentage de lapines qui acceptent l'accouplement est très élevé (généralement de l'ordre de 90-100 %) le jour même de la mise bas (Beyer et Rivaud, 1969 ; Diaz et al., 1988 ; Roustan et Maillot, 1990). Il décroît à 4 jours *post partum* (Diaz et al., 1988 : 47,2 % ; Theau-Clément et al., 1990 : 54,2 %) pour remonter à 11 jours (Theau-Clément et al., 1998)

Cette évolution de la réceptivité sexuelle après la mise bas n'est pas exactement retrouvée dans notre cas. En effet, les réceptivités à 4 jours et 11 jours *post partum* sont semblables et c'est pour le lot J7 que cette réceptivité est la plus faible, effet similaire à celui décrit au stade J4 dans la littérature (cf références ci-dessus)

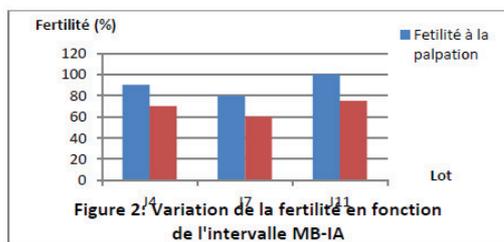


Il convient toutefois remarquer que cet essai ne porte que sur 20 lapines primipares par lot. Des essais sur un beaucoup plus grand nombre de lapines et aussi sur des lapines multipares sont donc nécessaires avant de pouvoir affirmer que la souche Itelv-2006 aurait une évolution de la réceptivité *post partum* différente de celle des populations sélectionnées classiques. Une confirmation serait utile lorsque la reproduction est effectuée par saillie naturelle, ce qui est actuellement le cas de la quasi totalité des éleveurs algériens (Kadi, 2014)

Effet de l'intervalle MB-IA sur la fertilité

La fertilité des lapines estimée lors de la palpation ou mesurée à la mise bas est significativement plus faible pour les lapines du lot J7 que pour les deux autres (Figure 2). Ainsi, comme pour la réceptivité, nous

retrouvons les performances les plus faibles pour le lot J7, mais l'écart par rapport aux deux autres lots n'est pas aussi marqué que pour la réceptivité. Comme pour cette dernière il n'y a pas de différence significative entre les performances des lots J4 et J11 : 70 et 75% de mises bas respectivement.



Comme pour la réceptivité nous ne retrouvons pas exactement les performances de la littérature montrant une plus faible fertilité à J4 (Theau-Clément et Lebas, 1996). Par contre nous confirmons pour la souche Itelv-2006, les bons résultats obtenus après une IA pratiquée 11 jours après la mise bas, comme cela est généralement pratiqué en France sur les souches sélectionnées européennes (Coutelet, 2015).

Effet de l'intervalle MB-IA sur la prolificité

Comme indiqué dans la partie Matériel et Méthodes, la prolificité n'a pu être évaluée que pour le nombre de nés totaux

Contrairement à ce que nous avons constaté pour la réceptivité et la fertilité, c'est le lot J7 qui obtient les meilleures performances pour la taille de portée à la mise bas (Figure 3) Il faut remarquer aussi que la moins bonne performance est observée pour le lot J11 : pratiquement 2 lapereaux de moins que pour le lot J7.

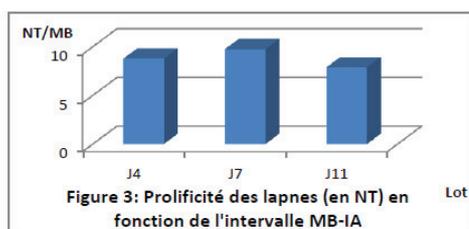


Tableau 3 : Prolificité des lapines (en nés totaux) en fonction de l'intervalle mise bas-insémination

Compte tenu des circonstances dans lesquelles s'est déroulée la fin de gestation des lapines ainsi que leurs mises bas, ces résultats doivent impérativement être vérifiés par une nouvelle expérimentation avant que soit portée une conclusion quelconque en terme de relation entre l'intervalle MB-IA et la prolificité pour la souche Itelv-2006.

Conclusion

Les résultats de cette expérimentation, préliminaire montrent que comme attendu dans la gamme étudiée (4 – 7 – 11 jours post partum) l'intervalle entre la mise e et son insémination artificielle, a un effet significatif sur les performances de reproduction pour la souche Itelv-2006, comme cela a été décrit

pour les lapines en général dans la littérature internationale.

Toutefois, dans la limite de cet essai préliminaire sur des lapines primipares, il semble que pour cette souche, les plus mauvais résultats de réussite (fertilité) soient observés pour les IA pratiquées 7 jours après la mise bas alors que généralement cela est observé pour les IA pratiquée à J4.

En tout état de cause, de nouveaux essais portant sur des effectifs nettement plus importants et sur des lapines primipares et multipares suivies sur plusieurs portées consécutives, sont nécessaires pour arriver à des conclusions applicables sur le terrain, en particulier vis-à-vis de la prolificité.

Références

- Beyer C et Rivaud N. 1969. Sexual behavior in pregnant and lactating domestic rabbits. *Physiology and Behavior*, 4, 753-757.
- Bolet G, Zerrouki N, Gacem M, Brun J.M., Lebas F., 2012 Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. *Proceedings 10th World Rabbit Congress - September 3 -6, 2012- Sharm El Sheikh - Egypt*, 195 -199.
- Boussit, D. 1989. Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. Association Française de Cuniculture, Ed. Lempdes France, 234 p.
- Castellini, C., 2007. Reproductive activity and welfare of rabbit does. *Italian Journal of Animal Science* 6, 743-747.
- Coutelet G., 2015. Performances moyennes des élevages cuniques en France pour l'année 2014. Résultats Renaceb. *Cuniculture Magazine*, 47, 39-40
- Dal Bosco A, Rebollar P G, Boiti C, Zerani M, Castellini C 2011 Ovulation induction in rabbit does: Current knowledge and perspectives. *Animal Reproduction Science* 129, 106-117.
- Diaz P, Galsalvez I f, Rodriguez jm, 1988. Sexual behavior in the post partum period of domestic rabbits. *Anim. Repro. Sci.* 17, 251-257.
- Feugier, A., 2006. Une méthode alternative de reproduction chez la lapine : un modèle pour une approche systémique du fonctionnement des élevages cuniques. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique de Toulouse, 157 pp.
- 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, 17-18 nov. 2009, Le Mans France*, 149-152.
- Kadi, S.A., 2013. Ressources génétiques cuniques en Algérie : État des lieux. *11èmes Journées Internationales des Science Vétérinaires, 30 nov-1er déc. 2013, El Harrach Algérie.*, 45
- Roustan A., Maillot D, 1990. Comparaison des résultats de fertilité et du productivité numérique à la naissance de deux groupes de lapines conduites en insémination artificielle et en saillie naturelle. Analyse de quelques facteurs de variation. *5ème journées de la recherche cunicole, 12-13 décembre, 1990, paris francs*. Tome i. comm. N°3.
- Sid S, Benyoucef MT, MeftiKorteby H., Boudjenah H 2018 Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie *Livestock Research for Rural Development*, 30(7), article #120
- Theau-Clément M 2005 Préparation de la lapine à l'insémination : Analyse bibliographique. *11ème Journée Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris, France*, 67-71.
- Theau-Clément M., Bolet G., Roustan A., Mercier P., 1990. Comparaison de différents modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade

- physiologique et la réceptivité au moment à la mise à la reproduction. 5^{èmes} Journées Rech. Cunicole France. Paris. Comm N°6.
- Theau-Clément M., Castellini C., Maertens L., Boiti C., 1998. Biostimulation Applied to rabbit reproduction: theory and practice. *World Rabbit Sci.*, 6, 179-184.
- Theau-Clément M., Lebas F., 1996. Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 4 (2), 47-56.
- Theau-Clément., Monniaux D., Tircazes A., Balmisse E., Bodin L., Brun J. M., 2012. Descriptive analysis of rabbit sexual receptivity and its sources of variation. *Proceeding 10th World Rabbit Congress-September 3-6, 2012-Sharm El-Sheikh-Egypt*, 447-541.
- Xiccato, G., Trocino, A., Boiti, C., Brecchia, G., 2005. Reproductive rhythm and litter weaning age as they affect rabbit doe performance and body energy balance. *Animal Science* 81, 289-296.
- Zerrouki N, Lebas F, Gacem M, Meftah I, Bolet G 2014 Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in 2 breeding locations, *World Rabbit Sci.*, 22: 269-2

Discussion générale

Discussion générale

L'axe principal de notre recherche était centré sur l'évaluation de quelques facteurs de variation des performances reproductives des lapines de la souche synthétique, en utilisant le mode de reproduction de l'IA afin de bénéficier des progrès génétique réalisés antérieurement et de définir les meilleures conditions pour la production de cette souche. La réceptivité, la fertilité et la prolificité des femelles reproductrices ; la mortalité et le poids des lapereaux à la naissance et au sevrage ont été évalués en tenant en compte des effets suivants :

- Effet de la saison (Essai 1) ;
- Effet de l'alimentation (Essai 2) ;
- Effet du mode d'induction de l'ovulation chez la lapine (Essai 3) ;
- Effet de l'intervalle MB- IA (Essai 4).

Pour optimiser les performances d'un élevage cynicole, l'éleveur intervient à différents niveaux : la reproduction, la génétique, l'alimentation, la prophylaxie, le renouvellement et le logement. Cependant, l'évaluation individuelle de chaque facteur à part est difficile à réaliser, en raison de la complexité de l'interaction de ces différents facteurs.

Dans cette partie, nous mettons en exergue les principaux résultats escomptés durant les années de réalisation de ce projet de thèse.

Le premier essai concerne la caractérisation des performances de reproduction des lapines appartenant à la souche synthétique en fonction de la saison. Les résultats montrent un effet très significatif ($p < 0,001$) de la saison sur les performances pondérales des lapines et de leurs portées.

Plusieurs travaux ont rapporté l'effet négatif des températures élevées sur les performances de reproduction des lapins. Gacem et *al.* (2009); Zerrouki et *al.* (2014) et Sid et *al.*, (2018a), indiquent que les températures élevées diminuent le poids des lapereaux et des lapines du même génotype. De même, Lazzaroni et *al.* (2012), sur une population locale italienne ont souligné un effet négatif de la saison estivale sur le poids de la portée à la naissance et au sevrage, tandis que les saisons hivernale et printanière sont favorables aux nombre de nés vivants et au poids moyen du lapereau au sevrage. Selon Szendrő et *al.* (2012) et García et *al.* (2019), la dépression de la fertilité des lapines durant la saison chaude est expliquée par une

chute de la consommation alimentaire. En effet, les femelles gestantes réduisent leur ingestion pour diminuer l'énergie produite par le métabolisme et maintenir une température corporelle stable ce qui entraîne une diminution de la croissance fœtale d'où le taux élevé de mortalité observé dans notre étude.

Durant la période chaude, les lapines de la « SS » sèvrent un nombre faible de lapereaux comparativement à celui enregistré pendant la période AV ou AP. Ce résultat corrobore celui de Chibah *et al.* (2014), Chibah (2016) et Zerrouki *et al.* (2014) qui ont mis en évidence une relation étroite entre la mortalité des lapereaux durant la période naissance- sevrage et la production laitière. Amroun *et al.* (2018) confirment que les lapines produisent des quantités de lait plus importantes et plus riches en hiver et au printemps que celles mesurées en été et en automne.

En dépit des faibles performances enregistrées durant la saison estivale, les lapines sont restées productives, ce qui rend le recours inutile à l'arrêt de la reproduction par les cuniculteurs durant la période chaude.

La tentative d'amélioration de la productivité des lapines suivies a été mise en œuvre par l'utilisation d'un complément alimentaire apportant un taux adéquat en acides gras polyinsaturés. La comparaison des paramètres de lapines jeunes et adultes recevant une supplémentation en oméga 3 d'origine végétale (grain de lin) ou animale (huile de poisson) a permis une amélioration très nette ($p < 0,05$) des composantes de la prolificité (NT, NV et NS).

Le régime enrichi en huile de poisson a permis, chez les femelles des deux catégories les moyennes les plus importantes pour la majorité des paramètres de prolificité étudiés.

Ce résultat rejoint ceux de Colin *et al.* (2012) et Colin *et al.* (2005) qui ont indiqué une amélioration de la prolificité des lapines par supplémentation en grains de lin extrudés dans l'aliment.

Le taux le plus élevé de la prolificité au sevrage est obtenu chez les lapines impubères recevant l'aliment contenant l'huile de poisson, suivie des lapines impubères recevant l'aliment enrichie par les grains de lin. Colin *et al.* (2017) expliquent ce résultat par le fait que le taux d'acide gras oméga 3 dans le lait de lapines recevant des aliments contenant des grains de lin extrudés est 2 à 3 fois plus élevé que celui des lapines témoin. Ce résultat est très intéressant puisque les omégas 3 ont un rôle très important dans le développement immunitaire.

L'aliment enrichie par les acides gras oméga 3, a permis des taux de mortinatalité faibles comparativement à l'aliment témoin, bien que cette différence reste statistiquement non significative ($p > 0.5$). Cette dernière pourrait être expliquée par les taux minimums faibles d'incorporation de grains de lin (3%) et de l'huile de poisson (2%) et par le fait que l'aliment témoin, contient une quantité importante de luzerne déshydratée riche en AG n-3.

Il est à noter que les jeunes femelles ont eu des meilleurs taux de fertilité et de tailles de portées à la naissance et au sevrage par rapport aux femelles adultes par enrichissement de l'aliment par les AGPI n-3, ce qui nous oriente vers l'intérêt d'étudier les jeunes lapines de cette souche très prolifique et de leur préparer pour assurer une meilleure productivité avec un meilleur état corporel.

De nombreux travaux ont été réalisés afin d'étudier l'effet des oméga 3 sur la qualité nutritionnelle de la viande de lapin telle que celle de Kouakou *et al.* (2019) qui ont souligné que la supplémentation de l'aliment classique des lapins, composé de l'aliment commercial granulé par une source d'AGPI (feuilles et de tiges d'euphorbe) est un moyen assez simple pour obtenir à moindre coût une viande avec un rapport LA/ALA conforme aux recommandations internationales et que la production de lapins enrichis en AGPI n-3 pourrait avoir un impact positif sur la santé humaine, notamment en contribuant à la réduction des facteurs de risque de maladies cardiovasculaires.

L'effet du mode de stimulation hormonal (soit la GnRH ou la PMSG) ou mécanique par l'utilisation de mâle stérile sur les paramètres de reproduction de la lapine conduite en IA analysé (essai 3), a révélé que mis à part la mortinatalité, les autres paramètres de reproduction (réceptivité, fertilité, prolificité, et mortalité) n'ont pas été affectés par ce facteur.

En comparant les résultats de l'utilisation de la GnRH et de la PMSG, il a été noté que les lapines chez lesquelles l'ovulation est induite par la GnRH présentent un taux de réceptivité plus élevée (73.33%) que celui des lapines pour lesquelles nous avons utilisé la PMSG (70%) dont les écarts ne sont pas significatifs. Ces observations sont confirmées par Theau-Clément (2005) et Salvetti (2008).

La tentative de déclenchement de l'ovulation directement par saillie non fécondante avec l'utilisation d'un mâle stérile a permis un taux de réceptivité faible (63,33%) comparativement aux deux autres lots. Cela est confirmé par Kustos *et al.* (2000), qui signalent que le chevauchement par un mâle stérile n'a aucun effet sur l'amélioration de la réceptivité des lapines.

L'effet hormonal sur la fertilité est clairement observé, malgré l'absence de significativité ($p > 0,1$). Il a été enregistré des taux de palpation et de mise bas plus élevés par des injections de GnRH (86,66 et 68,33%), que par l'injection de la PMSG (73,33 et 61,66%). Ce résultat est en accord avec celui de Theau-Clément (2008) et Quintela et *al.* (2004).

L'utilisation d'un mâle stérile pour stimuler l'ovulation a permis d'obtenir des taux analogues à ceux enregistrés avec les deux autres méthodes (80 et 65% respectivement pour les taux de gestation et de mise bas). Ces résultats ne corroborent pas ceux des travaux de Kustos et *al.* (2000).

Il faut noter, toutefois, qu'aucune différence statistiquement significative ($p > 0,1$) n'a été révélé entre les taux de palpation ou de mise bas en fonction de la méthode d'induction de l'ovulation. Concernant la prolificité, l'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative ($p = 0,3-0,4$) entre les trois modes d'induction de l'ovulation, ce qui laisse à penser que le mode d'induction hormonal (GnRh et PMSG) n'améliore pas la prolificité chez les lapines par rapport à l'induction par le mâle stérile.

Les poids des portées et le poids individuel du lapereau à la naissance n'ont pas été affectés par le mode de stimulation. Ce résultat est justifié par Theau-Clément et Lebas (1996) qui ont montré que l'amélioration de la prolificité des lapines traitées n'est en fait associée qu'à l'augmentation du pourcentage de lapines réceptives, contrairement aux résultats des travaux de Hulot et Pujardieu (1976) qui ont démontré qu'il existe une association du traitement hormonale et le taux de prolificité.

Il a été observé un effet significatif du mode d'induction de l'ovulation ($p = 0,01$) sur la mortinatalité des lapereaux qui s'avère le seul paramètre affecté et qui est en accord avec plusieurs auteurs notamment Kanffiman et *al.* (1998) et Mehaisen et *al.* (2006).

Contrairement à la mortinatalité, la mortalité enregistrée entre la naissance et le sevrage n'a pas été affectée par le mode d'induction de l'ovulation ($P = 0,7$).

De nombreux auteurs rapportent que le mode d'induction a un effet seulement sur l'augmentation du nombre de lapines réceptives au moment de l'insémination (Theau-Clément et Lebas, 1996 ; Salvetti, 2008).

Pour l'essai 4 relatif à l'effet de l'intervalle MB-IA, les lapines de la souche synthétique inséminées à J4 ou à J11 *post partum* étaient significativement plus réceptives que celles inséminées à J7 ($P = 0,003$). Les résultats publiés par la littérature n'ont pas pu être démontré pour la souche synthétique. En effet, dans notre étude, le taux de réceptivité le plus élevé a été enregistré à J4 et J11, alors que les lapines ont été moins réceptives à J7. Cependant, pour les souches européennes sélectionnées, les lapines deviennent très réceptives le jour même des

mises bas et moins réceptives à 4 jours *post partum* pour qu'elles reprennent leur réceptivité à 11 jours.

De même, le taux de mise bas a été similaire pour les lots J4 et J11 (70 et 75%) mais significativement plus faible pour le lot J7 : 60% ($P=0,030$).

Les meilleurs résultats de fertilité obtenus avec nos lapines, à J11 sont en accord avec ceux de Coutelet (2015) pour les souches françaises sélectionnées.

Enfin, les résultats de cette expérimentation montrent que l'intervalle entre la mise bas d'une lapine et son insémination artificielle, a un effet significatif sur les performances de reproduction pour la souche Itelv-2006.

Cependant, de nouveaux essais portant sur des effectifs plus importants et sur des lapines primipares et multipares suivies sur plusieurs portées consécutives, sont nécessaires pour pouvoir vérifier les résultats préliminaires de cette étude.

La composition chimique de l'aliment commercial distribué aux lapines reproductrices pendant la durée de nos essais révèle une teneur en protéines de 14,5% et en cellulose brute de 9,45%. Toutefois ces taux sont nettement inférieurs aux normes recommandées pour les lapines reproductrices conduite en élevage semi intensif qui sont de 17 à 17,5% de protéines et 12 à 13% de cellulose brute (Lebas, 2004b). L'apport en calcium reste tout de même inférieur aux recommandations de Lebas (2004b) qui préconise un taux de 0,89%. Alors que celui du phosphore semble être satisfaisant et répond à la norme de 0,6% de Lebas (2004b).

Ces caractéristiques nutritionnelles de l'aliment utilisé dans nos expérimentations, répondant mal aux exigences nutritionnelles des animaux, semblent sous-estimer leurs performances. Néanmoins, les valeurs moyennes obtenues au cours de cette étude se sont améliorées par rapport à celles indiquées lors des travaux antérieurs ayant exploité les mêmes types de lapins avec la saillie naturelle (Gacem *et al.*, 2009 ; Sid *et al.*, 2018a ; 2018b). Ces résultats peuvent être attribués à l'application de l'IA, notamment avec le rythme de reproduction semi- intensif. En effet plusieurs auteurs ont rapporté que les saillies effectuées 10 à 12 jours *post-partum* sont plus fertiles (Theau-Clément *et al.*, 1996 ; Theau-Clément, 2007 et 2008).

*Conclusion générale et
perspectives*

Conclusion générale

La conduite de la reproduction en insémination artificielle a conduit à identifier certains facteurs susceptibles de réussir cette biotechnologie dans le but de mieux l'exploiter dans les élevages rationnels algériens, en particulier, chez la lapine de la souche synthétique.

Au terme de ce projet de thèse, nous pouvons conclure que :

- Les taux de réceptivité et de fertilité obtenus mettent en évidence une nette amélioration, comparativement aux résultats des travaux antérieurs, réalisés sur le même génotype, mais conduit en saillie naturelle. Cette progression peut être attribuée à l'application de l'insémination artificielle en rythme de reproduction semi- intensif.
- L'étude a mis en évidence l'effet des facteurs influençant les résultats de l'IA à savoir l'effet de la saison qui semble plus prononcé comparativement aux travaux antérieurs sur la même souche, menés dans d'autres régions de l'Algérie et utilisant un mode de saillie naturelle. On retrouve l'effet négatif de la période sèche sur les performances de reproduction de la lapine de « SS » assurant, relativement, les plus faibles taux de fertilité et de prolificité de l'année. Cependant, les lapines sont restées productives d'où l'arrêt non justifié de la mise en reproduction en cette saison chaude.
- L'effet escompté de l'additif alimentaire «AGPI n-3 » sur les performances reproductives a été confirmé pour les lapines synthétiques. Les meilleurs taux de fertilité et de prolificité sont enregistrés chez les jeunes femelles (impubères), par rapport aux femelles adultes.
- L'étude de l'effet du mode d'induction de l'ovulation chez la lapine de la « SS » a montré que la majorité des performances des lapines n'ont pas été affectées. Cela confirme l'efficacité de la méthode utilisant un mâle stérile pouvant, ainsi substituer les méthodes hormonales, permettant un plus de sécurité.
- Les résultats obtenus, au terme de ce travail, montrent l'intérêt de l'utilisation de l'IA comme outil de reproduction pour ce génotype amélioré afin d'accroître sa productivité pondérale et numérique.

Principales Perspectives

A la lumière des résultats de ce projet de thèse, plusieurs perspectives peuvent être envisagées à savoir :

1. Etudier les jeunes lapines de cette souche très prolifique afin de les préparer à assurer une meilleure productivité avec un meilleur état corporel.
2. Engager des essais afin de développer d'autres méthodes alternatives pour la stimulation de l'ovulation telles que les programmes lumineux et alimentaires ainsi que la stimulation mécanique du col utérin.
3. La correction de la composition de l'aliment semble constituer la meilleure alternative pour optimiser les potentialités réelles de l'animal. en effet, cette souche semble améliorer sensiblement les résultats de productivité. Cependant les conditions d'exploitation, notamment l'absence d'un aliment commercial équilibré, semblent être un frein majeur pour exprimer les potentialités productives de la souche. Nous proposons, dans ce contexte, de tirer profit des travaux qui ont proposé différentes formules et compléments alimentaires adaptés à nos conditions et permettant d'obtenir des performances appréciables.
4. Envisager les outils de clonage et la transgénèse dans les schémas de sélection du lapin.
5. En conclusion, ce travail permet d'envisager le recours à l'insémination artificielle pour la reproduction des lapins de la « SS ». Il convient de tester cette biotechnologie avec ce matériel animal à plus grande échelle et d'envisager la vulgarisation des résultats obtenus auprès des fabricants d'aliment et des éleveurs.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Adams C.E. et Sinch M.M. (1981).** Semen characteristics and fertility of rabbits subjected to exhaustive use. *Lab. Anim.* 15: 157-161.
2. **Ahmed Nagwa A., Elfar A.A., Sakr O.G. (2005).** Effect of buck and doe gathering on sexual and maternal behaviour, serum estradiol, progesterone, and reproductive performance in nzw doe rabbits. *The 4th Inter. Con. on Rabbit Prod. in Hot Clim., Sharm El-Sheikh, Egypt*, 169-175.
3. **Ain-Baziz 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. *10th World Rabbit Congress*, September 36, 2012, Sharm El- Sheikh, Egypt, 347- 350.
4. **Alvarino J.M.R. (2000).** Reproductive performance of male rabbits. In : *Proc. 7th World Rabbit Congr., Valencia Jul., 2000, vol. A* : 13-35.
5. **Alvarino J.M.R., Rebollar P.G., Arco J.A., Torres R. (1995).** Estimulacion ovarica en la coneja mediante prostaglandina F2 α y PMSG. *Informacion Technica Economica Agraria, VI Jornadas sobre la Produccion Animal*, 16, 461- 463.
6. **Alvarino M.R. (1993).** Control de la reproduccion en el conejo. 1ère éd., IRYDA, Mundi-Prensa, 137 p.
7. **Amann R.P. (1966).** Effect of éjaculation frequency and breed on semen characteristics and sperm output of rabbits. *Dairy Breeding Research Center, Department of Dairy Science, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, U.S.A.* f. *Repro. Fert.* (1966) 11 : 291-293.
8. **Amann R.P. et Lambise J.T. (1969).** The male rabbit. III. Determination of daily sperm production by means of testicular homogenates. *J. Anim. Sci.*, 28: 369-374.
9. **Amorim E.A.M., Torres C.A.A., Graham J.K., Amorim L.S., Santos L.V.L., 2009.** The hypoosmotic swelling test in fresh rabbit spermatozoa (Short communication). *Animal Reproduction Science*, 111 : 338-343.
10. **Amroun T.T., Zerrouki-Daoudi N., Charlier M. (2018).** Mortalité des lapereaux sous la mère : effets de la saison de mise bas et de la production laitière des lapines de la population blanche et de la souche synthétique. *Livest. Res. Rural Dev.*, 30, 14.
11. **Andrieu R. (1974).** Physiologie de la reproduction chez le lapin domestique. Conservation du sperme de lapin sous forme liquide. Mémoire de fin d'études, ENSA de Montpellier, Station de Physiologie de la reproduction, INRA, France.
12. **Arencibia Arrebola D.F. et Rosario Fernandez L.A. (2009).** Consideraciones practicas acerca de la calidad del semen de Conejos aplicado en estidiuos de toxicologia de la fertilidad. *Redvet Revista Electronica Veterinaria*, 8 (10): 1-18.
13. **Argente M.J., Santacreu M.A., Climent A., Blasco A., (2008).** Effects of intrauterine crowding on available uterine space per fetus in rabbits. *Livestock Science* 114; 211–219.
14. **Arroita Z., Falceto M.V., Martin Rillo S., De Alba C., Moreno C., Ciudad M J and Rafel O. (2000).** Effect of collection frequency on production, quality and storage of young bucks semen. In *Proc.7th World Rabbit Congress*, 4-7 July, Valencia (Spain). Vol. A : 81-87(6 p.). In *Journal of the World rabbit science association*, vol. 8, supplément 1.
15. **Ayyat M.S. et Marai F.M. (1998).** Evaluation of application of the intensive rabbit. Production systems under the sub-tropical conditions of Egypt. *World Rabbit Sci.*, 6: 213-217.
16. **Babile M., Candau A., Auvergne., Frahi R. (1982).** Effets de l'environnement post-natal sur la reproduction des lapines premiers résultats. 3ème Journée de recherche cunicole.

17. **Bamba K. et Cran. (1988).** Evaluation of acrosomal integrity of boar spermatozoa by Bright field microscopy using an eosin-nigrosin strain. *Theriogenol.* 29 : 1245- 1251.
18. **Bencheick N. (1993).** Production de sperme et fertilité du lapin mâle. *Oryctolagus cuniculus* .Effets de la fréquence de collecte et du type génétique. Thèse d'état. Ecole nationale Agronomique de Toulouse.
19. **Bencheikh N. (1995).** Effets de la fréquence de collecte de la semence sur les caractéristiques du sperme et des spermatozoïdes récoltés chez le lapin. *Ann. Zootech.* 44: 263-279.
20. **Berepudo N.A., Nodu M.B., Monsi A., Amadi E.N. (1993).** Reproductive response of prepubertal female rabbit to photoperiod and/ or male presence. *World Rabbit Sci.*, 1, 83-87.
21. **Bergaoui R., Kriaa S., (2001).** Performances des élevages cunicoles modernes en Tunisie. *World Rabbit Science*, 9(2) 69-76.
22. **Bessaad, Lebas F. (1978).** In *horlow georges* 1979.
23. **Beyer C., Hoffman H.L., González-Flores O. (2007).** Neuroendocrine regulation of estrous behavior in the rabbit: Similarities and differences with the rat. *Horm. Behav.* 52, 2–11.
24. **Blocher F., Franchet A. (1990).** Fertilité, prolificité et productivité au sevrage en insémination artificielle et en saillie naturelle; influence de l'intervalle mise bas saillie sur le taux de fertilité. 5ème Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, 12-13 décembre 1990, Tome 2, Com. 2, 1-14.
25. **Bodnar K, Torok I, Hejel P et Bodnar E. (1996).** Preliminary study on the effect of ejaculation frequency on some characteristics of rabbit semen. 6th World Rabbit Congress, Toulouse (France), 2: 41-44.
26. **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. 8th world Rabbit Congress, Toulouse (France).
27. **Boiti, C. (2004).** Underlying physiological mechanisms controlling the reproductive axis of rabbit does. *Proceedings of the 8th World Rabbit Congress, Puebla (Mexico), Vol. 1, 186- 206.*
28. **Boiti C, Castellini C, Theau-Clément M, Besenfelder U, Liguori L, Renieri T et Pizzi F. (2005).** Guidelines for the handling of rabbit bucks and semen. *World Rabbit Science*, 13: 71-91.
29. **Boiti C., Besenfelder U., Brecchia G, Theau-Clément M., Zerani M., (2006).** Reproductive pathology of the rabbit doe. *Recent Advances in Rabbit research.* Edited by L. Maertens and P. Coudert. 4-19.
30. **Boiti C., Guelfi G., Brecchia G., Gobbetti A., Maranesi M., Zerani M. (2008).** The physiological dilemma of the high progesterone syndrome in rabbit does. 9th world Rabbit Congress. June 10-13.
31. **Bolet G. (1984).** Contrôle de la sécrétion de FSH et de LH après l'accouplement chez la lapine : effets du blocage de l'ovulation, de l'inhibition de la synthèse de progestérone ou de l'immunisation passive contre l'oestradiol 17 β . Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), p. 19 p. agris.fao.org.
32. **Bolet G., Brun J M., Hulot F., Theau-Clement M. (1990).** Variabilité génétique et effet de la sélection dans le croisement de trois souches : 1/Composantes biologiques de la taille de portée. 5ème Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, 12-13 Décembre 1990, Com. N°65, 1-13.
33. **Bolet G., (1998).** Problèmes liés à l'accroissement de la productivité chez la lapine reproductrice. *INRA Productions Animales*, juin 1998, 235-238.
34. **Bolet G. et Saleil G., (2002).** Strain INRA 1077 (France). Rabbit genetic resources in mediterranean countries. *Options Méditerranéennes. Série B.* 38. 109-116.

35. **Bolet G., Brun J.M., Lechevestrier S., López M., and Boucher S. (2004).** Evaluation of the reproductive performance of eight rabbit breeds on experimental farms. *Anim. Res.* 53,59–65.
36. **Bolet G., Zerrouki N., Gacem M., Brun J.M., Lebas F. (2012).** Genetic parameters and trends for litter and growth traits in a synthetic line of rabbits created in Algeria. In: 10th World Rabbit Congr., Sharm El Sheikh, Egypt, 3-6 Sept. 2012, 195-199
37. **Boumahdi-Merad Z., Theau-Clément M., Berbar A., Kaidi R. (2013).** Etude comparative des structures ovariennes des lapines en fonction de leur réceptivité au moment de l'accouplement et du stade post coitum. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans 19-20 Nov. 2013, 165168.
38. **Boussit D. (1989).** Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. Association Française de Cuniculture, Ed. Lempdes France, 234 p.
39. **Brecchia G., Bonanno A., Galeati G., Dall'aglio C., Digrigoli A., Parrillo F., Boiti C. (2004).** Effects of a short and long term fasting on the ovarian axis and reproductive performance of rabbit does. 8th World RabbitCongress, September 7-10, 2004, Puebla,Mexico, 231-236.
40. **Brecchia G., Menchetti L., Cardinali R., Polisca A., Troisi A., Maranesi M., Boiti C. (2012).** Effects of fasting during pregnancy in rabbit does. Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt, 341- 345
41. **Briffaut A.S. (2007).** Congélation de la semence canine : Détermination de la combinaison optimale de quatre facteurs différents. Thèse de Docteur Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 128 p.
42. **Brun, J.M. (1992).** Les bases de la génétique quantitative : Définition et mesure des paramètres du croisement. INRA Productions Animales, Hors série, Génétique Quantitative, 101-105.
43. **Brun J.M., Bolet G., Theau-Clément M., Esparbié J., Falières J. (1999).** Constitution d'une souche synthétique de lapins INRA : 1. Evolution des caractères de reproduction et du poids des lapines dans les premières générations. 8èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, 9-10 Juin 1999, 123-126.
44. **Brun J.M., Theau-clement M., Bolet G. (2002a).** Evidence for heterosis and maternal effects on rabbit semen characteristics. *Anim. Res.*, 51 : 433-442.
45. **Brun J.M., Theau-Clément M., Bolet G. (2002b).** The relationship between rabbit semen characteristics and reproductive performance after artificial insemination. *Animal Reproduction Science*, 70 : 139-149.
46. **Brun J.M., Theau-clement M., Esparbie J., Falieres J., Saleil G., Larzul C. (2006).** Semen production in two rabbit lines divergently selected for 63-d body weight. *Theriogenology*, 66: 2165- 2172.
47. **Brun J.M., Ailloud E., Balmisse E., Sanchez A., Bolet G., Theau-Clement M. (2013).** Héritabilité de la fécondance de la semence de lapin utilisée en insémination artificielle. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre 2013, Le Mans, France.
48. **Cabannes C.R. (2008).** Comparaison des méthodes d'évaluation de la qualité de la semence dans les espèces bovine, canine et humaine. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 107 p.
49. **Castellini C., Lattaioili P., Minelli A., Moroni M. (2000).** Effect of seminal plasma on the characteristics and fertility of rabbit spermatozoa. *Anim. Repro. Sci.* 63: 275-282.
50. **Castellini C., Boiti C., Dal Bosco A., Lattaioili P., Zampini, D. (2003).** Effet de la supplémentation en acides gras n-3 et vitamine E sur les caractéristiques de la semence de lapins d'âges différents. 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, INRA-ITAVI, Paris, p. 77-80.

51. **Castellini C., Dal Bosco A. et Cardinali R. (2004).** Effect of dietary α -linolenic acid on the semen characteristics of rabbit bucks. 8th World Rabbit Congress, 7-10 Septembre 2004, Puebla (Mexico), p. 245-250.
52. **Castellini C., Besenfelder U., Pizzi F., Theau-Clément M., Vicente J., Renieri T. (2006).** Developments in the investigation of rabbit semen and buck management. In : Recent advances in rabbit sciences. Édité par Maertens L. et Coudert P., p. 53-67.
53. **Castellini C., Lattaioli P., Cardinali R., Dal Bosco A., Mourvaki E. (2007).** Validation of a spectrophotometric method used for the measurement of spermatozoa concentration in rabbit semen. *World Rabbit Science*, 15: 115-119.
54. **Castellini C. (2008).** Semen production and management of rabbit bucks. 9th World Rabbit Congress, 10-13 Juin 2008, Verona (Italy), p. 265-277.
55. **Castellini C. (2010).** Reproductive activity and welfare of rabbit does. *Italian Journal of Animal Science*, 6(1s), 743-747.
56. **Chavatte-Palmer P., Laigre P., Simonoff E., Challah M., Chesné P., Renard J.P. (2005).** Caractérisation de la croissance fœtale in utéro par échographie chez la lapine. 11èmes journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, 29-30 Novembre 2005, 83-86.
57. **Chen Y., Yang X., Foote R.H. (1989).** Timed breeding of rabbits with fresh and frozen-thawed semen and evidence of acrosome alteration following freezing and thawing. *Anim. Reprod. Sci.*, 18, 35-41.
58. **Chevrel M.L., Cormier M. (1948).** Effets de la carence en vitamine A sur le système génital male du lapin. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences* 1948 Vol.206 pp.1854-1855.
59. **Chibah-Ait Bouziad K., Zerrouki-Daoudi N., Amroun-Laga T., Lebas F. (2014).** Effet de la taille de portée née ou allaitée sur la production laitière de lapines de deux types génétiques élevés dans des conditions d'élevage rationnelles. In : 7es Journées de Recherche sur les productions animales, Tizi-Ouzou, Algérie, 10-11 nov. 2014.
60. **Chibah K. (2016).** Evaluation de la production laitière de la lapine et de la croissance du lapereau sous la mère de population blanche et de souche synthétique. Thèse Doct., Université Moloud Maamri, Tizi Ouzou, Algérie, 162 p.
61. **Christian Meyer. (2009).** Document interne, L'insémination artificielle de la lapine. Note bibliographique, UR18 Systèmes d'élevage et produits animaux, Dep. Environnement et Société, Cirad, TA C18/A, BP 5035, 34 398 Montpellier Cedex 5, France.
62. **Colin M., N. Raguenes., G. Le berre., S. Charrier., A.Y. Prigent., G. Perrin. (2005).** Influence d'un enrichissement de l'aliment en acides gras oméga 3 provenant de graines de lin extrudées (Tradi-Lin) sur les lipides et les caractéristiques hédoniques de la viande de Lapin, 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris.
63. **Colin M., Cai X.I., Anne Yvonne Prigent. (2012).** L'enrichissement des aliments lapin en oméga 3 courtes et longues chaînes: une opportunité pour le producteur et le consommateur, *CUNICULTURE Magazine* vol 39 (2012).
64. **Colin M., Delarue J., Caillaud L., Prigent A.Y. (2017).** Effets de l'incorporation de microalgues (*Schizochytrium*) dans l'alimentation des lapins sur leurs performances et la teneur en dha de leur viande. 17èmes Journées de la Recherche Cunicole, 21 et 22 novembre 2017, Le Mans, France.
65. **Cooksey et Lasley. (1963).** Seasonal rhythm in the fertility of the male domestic rabbit. *Small stooock mag.*,47-10.
66. **Costantini. (1988).** Cité par PRIGENT AY(1989).
67. **Coutelet G. (2013).** Résultats technico-économiques des éleveurs de lapins de chair en France en 2012. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans 19-20 Nov. 2013, 111-114.

68. **Coutelet G. (2015).** Performances moyennes des élevages cunicoles en France pour l'année 2014. Résultats Renaceb. Cuniculture Magazine, 47, 39-40.
69. **Dal Bosco A., Rebollar P.G., Boiti C., Zerani M., Castellini C. (2011).** Ovulation induction in rabbit does: Current knowledge and perspectives. *Animal Reproduction Science* 129 (2011) 106– 117.
70. **Damico J., Torres C., Argente M.J., García M.L. (2013).** Study of uterine and foetal traits of the rabbit female at 12 days of gestation. Abstracts of 38th Symposium on Cuniculture, asescu Zamora, Spain, 30th-31st May, 2013. *World Rabbit Science*. 21: 201-210 209.
71. **Delouis C., Houdebine L.M., Richard P. (2001).** La lactation. *La Reproduction chez les Mammifères et l'Homme*. Thibault C, Levasseur MC, Ellipses-INRA Editions. 580-610.
72. **Deprès E, Théau Clement M., Lorvelec O. (1994).** Productivité des lapines élevées en Guadeloupe : Influence du type génétique de l'allongement de la durée d'éclaircissement, de la saison et du stade physiologique. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole. La Rochelle 6-7 Décembre. Vol 1, 153-162.
73. **Diaz P., Gosalvez L.F., Rodriguez J.M. (1988).** Sexual behaviour in the postpartum period of domestic rabbits. *Animal Reproduction Science*, 17, 251-257.
74. **Djago A.Y. et Kpodekon M. (2007).** Méthodes et Techniques d'Élevage du Lapin : Élevage en Milieu tropical. Editeur : Association "Cuniculture" 31450 Corronsac – France.
75. **Duperray J., Grand E., Weissman D., Laurent J. M., Launay C. (2015).** La préparation des jeunes femelles futures reproductrices hybrides : Effet de leur mode d'alimentation sur leurs performances de reproduction au cours des trois premiers cycles. 16ème Journées de la Recherche Cunicole, 24 et 25 novembre 2015, Le Mans, France.
76. **Eiben C.S., Tobias G., Godor-Surmann K., Kustos K., Szira G. (2006).** Annals 3rd Rabbit Congress of the America. 21-23 August. Brazil.
77. **El-Gaafary M.N. et Marai F.M. (1994).** Artificial insémination in rabbits. Options méditerranéennes. Série A.
78. **El-Masry K.A., Nasr A.S., Kamal T.H. (1994).** Influence of season and dietary supplementation with selenium and vitamin E or zinc on some blood constituents and semen quality of New Zealand white rabbit males. *World rabbit sci.* 3: 79-86.
79. **Fayez I., Marai I., Alnaimy A., Habeeb M. (1994).** Thermoregulation in rabbits. CIHEAM - Options Méditerranéennes ressource ciheamorg/om/pdf/c08/95605277.pdf.
80. **Feugier A. (2006).** Une méthode alternative de reproduction chez la lapine : un modèle pour une approche systémique du fonctionnement des élevages cunicoles. Thèse de doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. 152 p.
81. **Feugier A., Fortun-Lamothe L. (2006).** Extensive reproductive rhythm and early weaning improve body condition and fertility of rabbit does. *Anim. Res.* 55 (2006) 459–470.
82. **Finzi A. (1990).** Recherches pour la sélection de souches de lapins thermotolerants. Options Méditerranéennes (Série Séminaires). 8: 41-45.
83. **Finzi A., Morera P., Kuzminsky G. (1995).** Sperm abnormalities as possible indicators of rabbit chronic heat stress. *World Rabbit Sci.*, 3 : 157–161.
84. **Fortun L., Prunier A. et Lebas F. (1993).** Effects of lactation on foetal survival and development in rabbit does mated shortly after parturition. *Journal of Animal Science*, 71, 1982-1986.
85. **Fortun-Lamothe L. et Lebas F. (1994).** Influence of the number of the suckling young and the feed level on foetal survival and growth in rabbit does. *Annales de Zootechnie*, 43, 163-171
86. **Fortun L. (1994).** Effets de la lactation sur la mortalité et la croissance fœtale chez la lapine primipare. Thèse de doct. Ing. Univ de Rennes 1. *Scien Biolog.* 1994.

87. **Fortun-Lamothe L. et Bolet G. (1995).** Les effets de la lactation sur les performances de reproduction chez la lapine. INRA Pro. Anim., 1995, 8, (1),49-56.
88. **Fortun Lamothe L. et Mariana J.C. (1998).** Effets de la simultanéité de la gestation et de la lactation chez la lapine sur le développement folliculaire chez les filles futures reproductrices. 7  mes Journ. Rech. Cunicole Fr., Lyon, 261-264.
89. **Fortun-Lamothe L. (1998).** Effets de la lactation, du bilan énergétique et du rythme de reproduction sur les performances de reproduction chez la lapine primipare. 7  mes Journées de la Recherche Cunicole, Lyon, 257-260.
90. **Fortun-Lamothe F., Prunier A., Bolet G., Lebas F. (1999).** Physiological mechanisms involved in the effects of concurrent pregnancy and lactation on foetal growth and mortality in the rabbit. *Livestock Production Science* 60; 229 –241.
91. **Fortun-Lamothe L. (2003).** Bilan énergétique et gestion des réserves corporelles de la lapine : mécanismes d’action et stratégies pour améliorer la fertilité et la longévité en élevage cunicole. 10  mes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 nov. 2003, Paris.
92. **Fortun-Lamothe L. (2006).** Energy balance and reproductive performance in rabbit does. *Animal reproduction science*, 93(1), 1-15.
93. **Fortun-Lamothe L., Thomas M., Tichit M., Jouven M., Gonzalez-Garcia E., Dourmad J.Y., Dumont B. (2013).** Agro-  cologie et écologie industrielle: deux voies complémentaires pour les systèmes d’élevage de demain. Applications potentielles aux systèmes cunicoles. 15. Journées de la Recherche Cunicole, Nov 2013, Le Mans, France. pp.121-131. fhal-01198227f.
94. **Frangiadaki E., Golidi E., Menegatos I., Luzi F. (2003).** Comparison of does’ performances under high and moderate temperature in a greek commercial farm. *World Rabbit Science*,11, 137 – 143.
95. **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. 13  mes Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre 2009. Le Mans, France.
96. **García Hernández Y., Ponce de León Senti R.E., Ledesma Rodriguez A., Rodriguez Calvo Y., Garcia Qui  ones D. (2019).** Influencia del nivel de calor en rasgos de prolificidad en conejos en Cuba. *Livest. Res. Rural Dev.*, 31 (1), 4.
97. **García M.L., Andres I., Caselles P. et Lavara R. (2004).** Estudio de la edad de los machos de conejo en la inseminacion artificial. *Boletín de cunicultura*, N   132. Mars-Avril, p. 17-25.
98. **Garcia-Tomas M., Sanchez J., Rafel O., Ramon J., Piles. M. (2005).** Variabilité et relations phénotypiques de plusieurs caractéristiques de production et de qualité du sperme chez le lapin. 11  mes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris.
99. **Garcia-Tomas M., Sánchez J., Rafel O., Ramon J., Piles M. (2006).** Reproductive performance of crossbred and purebred male rabbits. *Livestock Science*, 104 : 233-243.
100. **García-Tom  s M., Sánchez J., Rafel O., Ramon J., Piles M., (2007).** Développement sexuel post-natal chez le lapin : profils de croissance et de développement du testicule et l’épididyme dans deux lignées. 12  mes Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France.
101. **Garner et Johnson. (1995).** Viability Assessment of Mammalian Sperm Using SYBR-14 and Propidium Iodide. *Biology of Reproduction*, Volume 53, Issue 2, 1 August 1995, Pages 276 284, <https://doi.org/10.1095/biolreprod53.2.276>.
102. **Garreau H, Eady S.J., Hurtaud J., Legarra A. (2008).** Genetic parameters of production traits and resistance to digestive disorders in a commercial rabbit population. Proc. 9th World Rabbit Congr., June 10-13, Verona, Italy, 61-65.

103. **Gidenne T., Lebas F. (2005).** Le comportement alimentaire du lapin. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2009, Paris, 184-196.
104. **Gidenne T., Garreau H., Drouilhet L., Aubert C., Maertens L. (2017).** Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 109 – 122.
105. **Gogol P., Bochenek M., Smorag Z. (2002).** Effect of rabbit age on spermatozoa chromatin structure. *Reprod. Dom. Anim.*, 37: 92-95.
106. **Hanzen Ch. (2009).** La propédeutique de l'appareil reproducteur et l'examen du sperme des ruminants. Année : 2008-2009, 21 p.
107. **Harouz-Cherifi Z., Kadi S A., Mouhous A., Berchiche M., Bannelier C., Gidenne T. (2018).** Incorporation de 40% de drêche de brasserie dans l'aliment de lapins en engraissement : performances de croissance, d'abattage et efficacité économique. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30.
108. **Haskouri H., (2001).** Insémination artificielle et détection des chaleurs chez la vache, institut agronomique et vétérinaire HASSENE II, département de la reproduction animale et de l'insémination artificielle, p1.
109. **Hassan N.S. (2005).** Animal model evaluation and some genetic parameters of milk production in New Zealand White and Baladi Black rabbits using DF-REML procedure. 4th International Conference on Rabbit Production in Hot Climates, Sharm El-Sheikh, Egypt 24-27 February 2005, 55-64.
110. **Henaff R., Surdeau P. (1981).** La reproduction chez les lapins. *Bulletin Technique d'Information*.
111. **Hulot F. et Pourjadieu B. (1976).** Induction artificielle de l'ovulation et fertilité chez la lapine allaitante ou non. *Ann. Biol, Anim. Bioch. Biophys*, 16(5), 635-643.
112. **Hulot F., Matheron G. (1979).** Analyse des variations génétiques entre trois races de lapins de la taille de portée et de ses composantes biologiques en saillie post-partum. *Ann. Cénét. Sél. Anim.*, 1979,11(I), 53-77.
113. **Hulot F., Matheron G. (1981).** Effet du génotype, de l'âge et de la saison sur les composantes de la reproduction chez la lapine *Ann. Cénét. Sél. Anim.*, 1981, 13(2),131-150.
114. **Hulot F., Mariana J.C., Gattiau G. (1985).** Effet du génotype, de l'âge et de la saison sur les follicules préovulatoires de la lapine 8 heures après la saillie. *Reproduction Nutrition Développement*, 25(1A), 17-32.
115. **Ilès I., Belabbas R., Boulbina I., Zénia S., Ain Baziz H. (2013).** Evolution de la réceptivité sexuelle au cours d'une période d'allaitement de 41 jours chez la lapine primipare non- gestante. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, Le Mans 19-20 Nov. 2013, 161-164.
116. **Iles I. (2015).** 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. Thèse de Doctorat. ENSV. (Algérie). P 214.
117. **Ingrid D. (2008).** Analyse génétique et modélisation de la production de semence et de la réussite de l'insémination artificielle en ovin, Thèse Pour obtenir le grade de Docteur d'Agroparistech Discipline : Génétique animale, p16-28.
118. **Jarrin D., Lafargue-Hauret P., Ricca V., Rouillere H. (1994).** Alimentation des lapines dont les lapereaux sont sevrés à 35 jours influence des niveaux énergétiques et protéiques de l'aliment. 6èmes Journées de la recherche cunicole, la Rochelle-Vol.2.
119. **Joly T. et Theau-clément M. (2000).** Reproduction et physiologie de la reproduction. 7ème Congrès mondial de cuniculture. A.S.F.C. 5 Décembre 2000 - Valencia "Ombres et Lumières" : 19-24.

120. **Kasa I.W. et Thwaites C.J. (1992).** Semen quality in bucks exposed to 34°C for 8 hours or either 1 or 5 days. *J. Appl. Rabbit. Res.*, 15 : 560-586.
121. **Kauffman R.D., Schmidt P.M., Rall W.F., Hoeg J.M. (1998).** Super ovulation of rabbits with FSH alters in vivo development of vitrified morulae. *Theriogenology* 50, 1081-1092.
122. **Kennou S., (1990).** Système de reproduction dans la production traditionnelle villageoise de lapin en Tunisie. *Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens*; n 8.
123. **Kermabon A.Y., Belair L., Theau-Clement M., Salesse R., Djiane J. (1994).** Effects of anoestrus and bromocryptine treatment on the expression of prolactin and LH receptors in the rabbit ovary during lactation. *Journal of reproduction and fertility*, 102(1), 131-138.
124. **Kharroubi Hamza. (2017).** La reproduction et la production dans les élevages cunicoles. Thèse de doctorat, ISV Blida.
125. **Kirton K.T., Claude Desiardins., Harold D., Hafs. (1966).** Levels of Some Normal Constituents of Rabbit Semen During Repetitive Ejaculation. *Fertility and Sterility* Volume 17, Issue 2, March–April 1966, Pages 204-211 [https://doi.org/10.1016/S0015-0282\(16\)35886-1](https://doi.org/10.1016/S0015-0282(16)35886-1) Get rights and content.
126. **Kouakou N’G.D.V., Coulibaly S.B.M., Angbo-Kouakou C.E.M., Ahongo Y.D., Assidjo N.E., Kouba M. (2019).** Rabbit meat (*Oryctolagus cuniculus* L.) enriched in omega 3 with a feed containing euphorbia 10.19182/remvt.31779.
127. **Kustos K., Eiben CS., Szendrő ZS., Theau-Clément M., Gódor S-NÉ, Jováncai ZS. (2000).** Effect on reproductive traits of male presence among rabbit does before artificial insemination (Preliminary results). 7th World rabbit Congress, 4-7 July 2000, Valencia Spain, 161-166.
128. **Kuzminsky G., Fausto A.M., Morera P. (1996).** Morphological abnormalities of rabbit spermatozoa studied by scanning electron microscope and quantified by light microscope. *Reprod. Nutr. Dev.*, 36 : 565-575.
129. **Lankri E., Boudour K., Aichouni A. et Rechachou F. (2019).** Effet de la fréquence de récolte de sperme sur sa qualité chez des lapins de souche ITELV 2006. *Livestock Research for Rural Development* 31 (5) 2019.
130. **Larzul C., De Rochambeau H. (2004).** Comparison of ten rabbit lines of terminal bucks for growth, feed efficiency and carcass traits. *Anim. Res.* 53 (2004) 535–545.
131. **Lattaioli P. et Castellini C. (1998).** Efficacité d'un système d'analyse d'images pour évaluer la semence de lapin : précision et répétabilité. 7èmes Journées de la Recherche Cunicole; Lyon, 13-14 mai : 233-236.
132. **Lavara R., Moce E., Andreu E., Pascual J.J., Cervera C., Viudes-de-castro M.P., Vicente J.S. (2000).** Effects of environmental temperature and vitamin supplements on seminal parameters from a rabbit line selected by high growth rate. 7th World Rabbit Congress, 4-7 Juillet, Valencia (Spain), 5 p.
133. **Lavara R., Mocé E., Lavara F., Viudes de Castro M.P., Vicente JS. (2005).** Do parameters of seminal quality correlate with the results of on-farm inséminations in rabbits?. *Theriogenol.* 64: 1130-1141.
134. **Lazzaroni A., Andione F., Luzi M., Zecchini M. (1999).** Performances de reproduction de lapin gris de Carmagnola: Influence de la saison et de l'âge des lapereaux au sevrage. 8èmes Journées de la Recherche Cunicole, 1999, Paris, France, 151-154.

135. **Lazzaroni C., Biagini D., Redaelli V., Luzi F. (2012)** .Technical note: year, season, and parity effect on weaning Performance of the carmagnola grey rabbit breed. World Rabbit Sci. 2012, 20, 57- 60.
136. **Le Roux A., (2002)**. La réforme de verrats de centres d'insémination artificielle pour baisse de qualité de semence : approche anatomopathologique et histologique. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale de Toulouse, 141 p.
137. **Lebas F. et Coudert P., (1986)**. Productivité et morbidité des lapines reproductrices. II-Effet de l'âge à la première fécondation chez des lapines de deux souches. Ann. Zootech., 1986, 35(4), 351362.
138. **Lebas, F., Coudert, P., Rouvier, R., de Rochambeau, H. (1986)**. The rabbit: Husbandry and Health. FAO Animal Production and Health Series, no. 21. 202 pp.
139. **Lebas F., Marionnet D., Henaff R. (1991)**. La production du lapin. (3ème Edition révisée). AFC et Tec & Doc co-éditeurs, 206 pp.
140. **Lebas F. (1994)**. La reproduction chez la lapine : le point. Bull. Tech. Insém. Artif., N°72, (mai 1994), 29-31.
141. **Lebas F., Coudert P., Rochambeau H. et Thebault R.G. (1996)**. Le lapin : Elevage et pathologie. Rome. 227 p.
142. **Lebas F. (2000)**. Granulométrie des aliments composés et fonctionnement digestif du Lapin. INRA Prod. Anim. 13, 109-116.
143. **Lebas F. (2002)**. Biologie du lapin. <http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>.
144. **Lebas F., (2004a)**. L'élevage du lapin en zone tropicale. Cuniculture Magazine Volume 31, année 2004,3-10.
145. **Lebas, F. (2004b)**. Recommandations pour la composition d'aliments destinés à des lapins en production intensive. Cuniculture Magazine, Vol 31,2.
146. **Lebas F., (2005)**. Rabbit production in tropical zones. III International Rabbit Production Symposium, Villa real (Portugal); 2 Novembre 2005, 9 pp.
147. **Lebas F., (2008)**. Méthodes et techniques d'élevage du lapin. Historique de la domestication et des méthodes d'élevage. <http://www.cuniculture.info>.
148. **Lebas F. (2009)**. Biologie du lapin. <http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>.
149. **Lopez F.J. et Alvarino J.M.R. (1998)**. Artificial insemination of rabbits with diluted semen stored up to 96 hours. Department Production Animal E.T.S.I. Agronomy, 28040 Madrid, Spain. p251.
150. **López-Tello J., Rodríguez M., Formoso-Rafferty N., Bermejo R., Arias-Álvarez M., García- García M., Lorenzo P.L., Rebollar P.G. (2015)**. Intra terine position affects correct foetal- placentar development in the rabbit. Abstracts of the 40th ASESCU Cuniculture Symposium Santiago de Compostela, Spain, 28th-29th May, 2015. World Rabbit Sci. 2015, 23: 129-140.
151. **Luzi F., Barbieri S., Lazzaroni C., Cavani C., Zecchini M., Crimella C. (2001)**. Effet de l'addition de propylène glycol dans l'eau de boisson sur les performances de reproduction des lapines. World Rabbit Sci., 9 (1) ,15-18.
152. **Luzi F., Maertens L., Mijten P., Pizzi F. (1996)**. Effect of feeding level and dietary protein content on libido and semen characteristics of bucks. 6th World Rabbit Congress, Toulouse (France), 2: 87-92.
153. **Maertens L. and Gidenne T. (2016)**. Feed efficiency in rabbit production: nutritional, technicoeconomical and environmental aspects. In Proc.: 11th World Rabbit Congress, 2016 June, Qingdao, China, 337-351.
154. **Maertens L. (1998)**. Effect of flushing, mother litter separation and PMSG on the fertility of lactating does and the performances of their litter. World Rabbit Science, Vol 6 (1),185-190.8.

- 155. Maertens L., Okerman F. (1987).** Elevage : Reproduction, croissance et qualité de carcasse. Influence de la méthode d'élevage sur les performances des jeunes lapines. Revue de l'Agriculture n°5, Septembre-Octobre 1987, Vol 40, 1171-1183.
- 156. 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 Sci. 2010, 18: 151 – 158 doi:10.4995/wrs.2010.7744.
- 157. Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Abou-Fandoud, E.I. and Abdel-Hafez, M.A.M. (2004).** Reproductive traits and the physiological background of the seasonal variations in Egyptian Suffolk ewes under the conditions of Egypt. Annals of Arid Zone, 42: 1-9.
- 158. Mariana J.C., Hulot F., Poujardieu B. (1986).** Croissance comparée des follicules ovariens dans deux souches de lapin, 4èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris (France), pp. Communication n°20, 12p.
- 159. Maria-Pilar Viudes de Castro José-Salvador Vicente Raquel Lavara. (1999).** Effet du nombre de spermatozoïdes sur la fertilité de la semence conservée 24 heures chez le lapin. Ann. Zootech. 48 (1999) 407-412. Elsevier/Inra.
- 160. Marongiu M. L., Dimauro C. (2013).** Preliminary study on factors influencing rabbit doe reproductive efficiency: Effect of parity, day of mating, and suckling on ovarian status and estrogen levels at day 6 of pregnancy. The Canadian Journal of Veterinary Research 2013;77:126–130.
- 161. Mazouzi-Hadid F., Abdelli-Larbi O., Lebas F., Berchiche M and Bolet G. (2014).** Influence of coat colour, season and physiological status on reproduction of rabbit does in an Algerian local population. Animal Reproduction Science, Volume 150 (1-2), pp 30 34. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378432014002395>.
- 162. Mehaisen, G.M., Viudes-de-Castro, M.P., Vicente, J.S., Lavara, R. (2006).** In vitro and in vivo viability of vitrified and non-vitrified embryos derived from eCG and FSH treatment in rabbit does. Theriogenology 65, 1279-1291. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16171855>.
- 163. Mehaisen G.M.K., Abbas A.O. (2014).** Effect of hormonal ecg treatment versus rearing-fasting program on embryo recovery, reproductive performance and hormonal profile in nulliparous rabbit does .Egyptian j. Anim. Prod. 2014) 51(1) : 27-34.
- 164. Meunier M., Hulot F., Poirier J.C., Torres S. (1983).** A comparison of ovulatory gonadotropic surge in two rabbit strains: no evidence for a relationship between LH or FSH surge and factors of prolificacy. Reprod. Nutr.Dévelop., 23 (4), 709-715.
- 165. Mocé E., Aroca M., Lavar R et Pascual R. et Pascual J.J. (2000a).** Effect of dietary Zinc and vitamin supplementation on semen characteristics of high growth rate males during summer season. 7th World Rabbit Congress, 4-7 juillet, Valencia (Spain), 7 p.
- 166. Mocé E., Aroca M., Lavara R. et Pascual J.J. (2000b).** Effect of reproductive rythm on seminal parameters from a rabbit line with high growth rate. 7th World Rabbit Congress, Valencia (Spain).
- 167. Mocé E., Vicente JS., Lavara R. (2003).** Effect of freezing–thawing protocols on the performance of semen from three rabbit lines after artificial insemination Volume 60, Issue 1, June 2003, Pages 115-123 Theriogenology, 2003 – Elsevier.
- 168. Mocé E., Lavara R. et Vicente J.S. (2005).** Influence of the Donor Male on the Fertility of Frozen-Thawed Rabbit Sperm after Artificial Insemination of Females of Different Genotypes. Reprod. Dom. Anim. 40: 516-521.
- 169. Mollo A., Veronesi M.C., Battochio M., Cairoli F., Brecchia G., Boiti C., 2003.** The effects of alfaprostol (PGF 2 α analogue) and eCG on reproductive performances in postpartum rabbits. World Rabbit Sci., 11, 63-74.

170. **Moret B., (1980).** Comportement d'œstrus chez la lapine. *Cuniculture* 7 (1980), 159-161.
- Morimoto M., 2009. General physiology of rabbits. Chapter 5. *Rabbit Biotechnology* 27-35.
171. **Morimoto Masashi (2009).** General Physiology of Rabbits. *Rabbit Biotechnology: Rabbit genomics, transgenesis, cloning and models*. 1ere édition. Springer, edited by LM HOUDEBINE and J FAN. p. 27-35. ISBN : 978-9-04818-476-7.
172. **Moumen S., Ain Baziz H., Temim S. (2009).** Effet du rythme de reproduction sur les performances zootechniques des lapines de population locale Algérienne (*Oryctolagus cuniculus*). *Livestock Reserche for Rural Developement* 21(8)2009.
173. **Nelson, (1985).** In « physiologie of fertilisation. » Academic Press, London, New York, volume II, 215-234.)
174. **Nizza A., Di Meo C., Taranto S. and Stanco G. (2001).** Effect of collection frequency on rabbit semen production. *World Rabbit Science*, 10 (2) : 49-52.
175. **Nizza A., Di meo C. et Taranto S. (2003).** Effect of collection rhythms and season on rabbit semen production. *Reprod. Dom. Anim.*, 38 : 436- 439.
176. **Oshio et coll (1987).** Caractéristiques of rabbit sperm by equilibrium sédimentation in Percoll during fréquent éjaculation. *Archives of Andrology*, 17 (3), 189-194.
177. **Pascual J.J., Cervera C., Fernandez-Carmona J., (2001).** Effect of solid food intake before weaning on the performance of growing rabbits. 2nd meeting of workgroups 3 and 4. COST Action 848. 29-30 June 2001, Godollo, Hungary, 48.
178. **Petitjean. (1965).** Recherche sur l'estimation du pouvoir fécondant des coqs. Thèse d'ingénieur d'état, Agriculture, France.
179. **Piles, M., Rafel O., Ramàn J., Gomez E.A., (2004).** Crossbreeding parameters of some productive traits in meat rabbits. *World Rabbit Sci.* 2004, 12: 139 – 148 production.F.A.O. Ed. Rome.
180. **Piles M., Bakr M.H., Tusell L., Blas E., Sánchez J.P., Ramon J., Rafel O. (2012).** The effect of high environmental temperature on doe performance during lactation. *Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt*, 1009-1013.
181. **Quesnel H., Mejia-Guadarrama C.A., Dourmad J-Y., Prunier A., (2005).** dietary protein restriction during lactation in primiparous sows with different live weight at farrowing : II. Consequences on reproductive performance and interactions with metabolic status. *Rep. Nut. Dev.*, 45, 57-68.
182. **Quiles A., Hevia M.L., (2000).** Bases fisiozootécnicas de la reproduccion en cunicultura. *Agricultura : Revista agropecuaria*. N° 814, p. 270-273.
183. **Quintela L.A., Pena A.I., Vega M.D., Gullon J., Prieto M.C., Barrio M., Becerra J.J., Maseda F., Herraadon P.G. (2004).** Ovulation induction in rabbit does submitted to artificial insemination by adding buserelin to the seminal dose. *Reprod. Nutr. Dev.*, 44, 79-88.
184. **Quinton H. et Egron L. (2001).** Maîtrise de la reproduction chez la lapine. *Le Point Vétérinaire*, (218), 28-33.
185. **Ragab M., Lavara R., Vicente J. S., Mínguez C., Baselga M. (2012a).** Effect of lactation stage on litter size components in rabbits. *Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 -6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt*, 373- 377.
186. **Ragab M., Vicente J. S., Lavara R., Desantes, J., Baselga M. (2012b).** Relationships between ovulation rate, litter size and prenatal survival components in rabbit does. *Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt*, 367- 371.
187. **Ramon J., Rafel O., Piles M. (2013).** Influence du rythme de reproduction et de l'âge au sevrage sur la productivité des lapines et des lapereaux. 15èmes Journées de la Recherche Cunicole, 1920 novembre 2013, Le Mans, France, 19-22.

188. **Rebollar P. G., Pérez-Cabal M. A., Pereda N., Lorenzo P. L., Arias-Álvarez M., García-Rebollar P. (2009).** Effects of parity order and reproductive management on the efficiency of rabbit productive systems. *Livestock Science*, 121(2), 227-233.
189. **Roca J., Martinez S., Orenge J., Parrilia I., Vazquez J.M. et Martinez E.A. (2005).** Influence of constant long days on ejaculate parameters of rabbits reared under natural environment conditions of Mediterranean area. *Livestock Production Science*, 94: 169-177.
190. **Rommers J.M. (2004).** Breeding of young females does. 8th World Rabbit Congress. PueblaMexico.1518-1531 .
191. **Rommers J.M., Meijerhof R., Noordhuizen J.P.T.M., Kemp B. (2001).** Effect of different feeding levels during rearing and age of first insemination on body development, body composition and puberty characteristics of rabbit does. *World Rabbit Science* 2001, vol. 9(1), 101-108.
192. **Rommers J.M., Meijerhof R., Noordhuizen J.P.T.M., Kemp B. (2002).** Relationships between body weight at first insemination and subsequent body development, feed intake and reproductive performance of rabbit does. *J. Anim. Sci.*, 80: 2036-2042.
193. **Roustan A. (1980).** Première analyse des résultats de mortalité des lapereaux avant sevrage dans les élevages pratiquant le contrôle de performance sur la productivité numérique des lapines. *Cuniculture*, supplément. 31, 3-13.
194. **Roustan A. (1992).** L'amélioration génétique en France : le contexte et les acteurs Le lapin. *INRA Prod. Anim.*, hors-série, Génétique quantitative, 45-47.
195. **Roustan A. et Maillot D. (1990).** Comparaison des résultats de fertilité et de productivité numérique à la naissance de deux groupes de lapines conduites en insémination artificielle et en saillie naturelle. Analyse de quelques facteurs de variation. 5èmes Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, 1990, Paris, France. Tome I, Comm. 3.
196. **Saleil G., Goby J. P., Richard F., Bohec V. (1998).** Influence des conditions climatiques sur la reproduction du lapin élevé en plein-air. 7èmes journées de la Recherche Cunicole, France, Lyon.
197. **Salveti P. (2004).** Comparaison de deux méthodes de congélation de la semence de lapin. Mémoire de Fin d'Etudes. ISARA-Lyon, 97 p.
198. **Salveti P. (2008).** Production des embryons et cryoconservation des ovocytes chez la lapine : Application à la gestion des ressources génétiques. Thèse Universitaire Interdisciplinaire Sciences Santé, Claude Bernard Lyon 1, 179 p.
199. **Salveti P., Baudot A., Joly T. (2005).** Congélation de la semence de lapin : approche calorimétrique. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris.
200. **Schlolaut W., Hudson R., Rödel H.G. (2013).** Impact of rearing management on health in domestic rabbits: A Review. *World Rabbit Sci.* 2013, 21: 145-159.
201. **Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Kortebey H., Boudjenah H. (2018a).** Performances de reproduction des lapines de souche synthétique et de population blanche en Algérie. *Livest. Res. Rural Dev.* 30 (7), 120.
202. **Sid S., Benyoucef M.T., Mefti Kortebey H., Boudjenah H. (2018b).** Variation de la prolificité des lapines locales en fonction du génotype (souche synthétique et la population blanche). *Rev. Agro. Bio.*, 8 (2) : 1001-1008.
203. **Szendrő Zs., Gyarmati T., Lévai A., Radnai I., Biró-Németh E. (1999).** Comparison of oncedaily, free and combined forms of suckling in rabbits. *Acta. Agric.Kapos.* 3:155-163
204. **Szendrő Zs., Szendrő K., Dalle Zotte A. (2012).** Management of Reproduction on Small, Medium and Large Rabbit Farms: A Review Asian-Aust. *J. Anim. Sci.* Vol. 25, No. 5 : 738 – 748.

- 205. Theau-Clément M., Poujardieu B., Bellereaud J. (1990a).** Influence des traitements lumineux, modes de reproduction et états physiologiques sur la productivité de lapines multipares. 5èmes Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, Paris, France, I, Comm. 7.
- 206. Theau-Clément M., Bolet G., Roustan A., Mercier P. (1990b).** Comparaison de différents modes d'induction de l'ovulation chez les lapines multipares en relation avec leur stade physiologique et la réceptivité au moment de la mise à la reproduction. 5èmes Journées de la Recherche Cunicole, 12-13 Décembre, 1990, Paris, France. Tome I, Comm. 6.
- 207. Théau-Clément M et Roustan A. (1992).** A study on relationships between receptivity and lactation in the doe, and their influence on reproductive performance. *J. appl. Rabbit res.* 15, 412-421.
- 208. Theau-Clément M. (1994).** Rôle de l'état physiologique de la lapine au moment de la mise à la reproduction, sur la fécondité. In la reproduction chez le lapin. Journée AERA-ASFC, Maison Alfort, 20 Janvier, 38-49.
- 209. Theau-Clément M., Lebas F. (1994).** Etude de l'efficacité de la ciclogonine (PMSG) pour induire la réceptivité chez la lapine. *Cuniculture* 115, 5-11.
- 210. Theau-Clément M., Poujardieu B. (1994).** Influence du mode de reproduction, de la réceptivité et du stade physiologique sur les composantes de la taille de portée des lapines. 6èmes Journées de la Recherche Cunicole, La Rochelle, 6 et 7 Décembre 1994, Vol.1, 187- 194.
- 211. Theau-Clément M. & Lebas F. (1996).** Effect of a systematic PMSG treatment 48 hours before artificial insemination on the productive performance of rabbit does. *World Rabbit Science* 4 (2), 47-56.
- 212. Theau-Clément M., Bencheikh N., Mercier P., Bellereaud J. (1996).** Reproductive performance of does under artificial insemination. Use of deep frozen rabbit semen. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 1996, Vol.2, 127-132.
- 213. Theau-Clément M., Brun J.M., Bolet G., Esparbié J., Falières J. (1999).** Constitution d'une souche synthétique à l'INRA : 2. Comparaison des caractéristiques biologiques de la semence des mâles des deux souches de base et de leurs croisements réciproques. 7èmes Journées de la Recherche Cunicole, Lyon, France, 127-130.
- 214. 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 stage, Proc. 7th World Rabbit Cong., Valencia, Spain, A, 259-266.
- 215. Theau-Clément M., Mercier P. (2003).** Comparaison de l'effet d'une séparation mère-jeunes de 24 heures et d'un traitement PMSG, sur la réceptivité sexuelle et la productivité des lapines allaitantes. 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 novembre. 2003, Paris, 65-68.
- 216. Theau-Clément M., Brun JM., Sabbioni E., Castellini C., T. Renieri T., Besenfelder U., J. Falières J., Esparbie J., Saleil G. (2003).** Comparaison de la production spermatique de trois souches de lapins : moyennes et variabilités. 10èmes Journées de la Recherche Cunicole, 19-20 nov. 2003, Paris.
- 217. Théau-Clement M. (2005).** Advances in the control of rabbit reproduction: the doe, 9th annual conference of the European Society for Domestic Animal Reproduction. 1-3 september 2005. Murcia (Spain).
- 218. Theau-Clément M., Falières J. (2005).** Evaluation de la concentration de semence de lapins selon 2 méthodes : Hématimètre et NucleoCounter SP100. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris (France), p. 95-98.
- 219. Theau-Clément M., Fortun-Lamothe L. (2005).** Evolution de l'état nutritionnel des lapines allaitantes après la mise bas et relation avec leur fécondité. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, Paris, France, 29-30 Novembre 2005, 111-114.

- 220. Theau-Clément M. (2007).** Preparation of the rabbit doe to insemination: a review. *World Rabbit Sci.* 2007, 15, 6- 80.
- 221. Theau-Clément M. (2008).** Facteurs de réussite de l'insémination chez la lapine et méthodes d'induction de l'oestrus. *INRA Prod. Anim.*, 2008, 21 (3), 221-230.
- 222. Theau-Clément M., Bolet G., Fortun-Lamothe L., Brecchia G., Boiti C. (2008a).** High plasmatic progesterone levels at insemination depress reproductive performance of rabbit does. 9th World Rabbit Congress – June 10-13, 2008 – Verona – Italy.
- 223. Theau-Clément M., Malpaux B., Lamothe E., Milcent N., Juin H., Bodin L. (2008b).** Influence of photoperiod on the sexual behaviour of nonlactating rabbit does : preliminary results. 9th World Rabbit Congress, June 10-13, Verona, Italy, 465-469.
- 224. Theau-Clément M., Coisne F. (2009).** Reproduction et physiologie de la reproduction : Maîtrise de la reproduction de la lapine. In Journée d'étude ASFC «Vérone - Ombres & Lumières » [en ligne], 5 février 2009, Nantes. Disponible sur :<http://www.asfc-lapin.com/Docs/Activite/Ombres&lumi-01.htm#verone>.
- 225. Theau-Clément M., Sanchez A., Duzert R., Saleil G., Brun J.M. (2009).** Etude des facteurs de variation de la production spermatique chez le lapin. In Proc.: 13èmes Journées de la Recherche Cunicole, INRA-ITAVI, November 17-18, 2009. LeMans, France, 129-132.
- 226. Theau-Clément M., Gaillot P., Souchet C., Bignon L., Fortun-Lamothe L. (2011a).** Performances de reproduction de lapines soumises à 3 systèmes de production. 14èmes Journées de la Recherche Cunicole, 22-23 novembre 2011, Le Mans, France. 65-68.
- 227. Theau-Clément M., Tircazes A., Saleil G., Monniaux D., Bodin L., Brun J.M. (2011b).** Etude préliminaire de la variabilité du comportement d'oestrus de la lapine. 14èmes Journées de la Recherche Cunicole, 22-23 novembre 2011, Le Mans, France. 69-72.
- 228. Theau-Clément M., Gaillot P., Souchet C., Bignon L., Fortun-Lamothe L. (2012a).** Effects of a modulation of three rabbit breeding systems on reproductive performance and kit growth. 10th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt, 407- 411.
- 229. Theau-Clément M., Monniaux D., Tircazes A., Balmisse E., Bodin L., Brun J.M. (2012b).** Descriptive analysis of rabbit sexual receptivity and its sources of variation. Proceedings 10th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt, 447 – 451.
- 230. Theau-Clément M., Weissman D., Davoust C., Gaillot P., Souchet C., Bignon L., FortunLamothe L. (2012c).** Productivity and body composition of rabbit does subjected to three breeding systems. Proceedings 10 th World Rabbit Congress – September 3 - 6, 2012– Sharm El- Sheikh –Egypt, 401-405.
- 231. Theau-Clément M., Tircazes A., Saleil G., Monniaux D.,Bodin, L., Brun, J.M. (2015).** Preliminary study of the individual variability of the sexual receptivity of rabbit does. *World Rabbit Science.* 23: 163-169.
- 232. Thewis A. (2002).** Filière avicole et cunicole-N°4, Belgique-België. P.P9/3341, 4400 Flemalle. p10-11.
- 233. Thibault C., Levasseur M.C. (2001).** La reproduction chez les mammifères et l'homme. Edition INRA ELLIPSE.928p.
- 234. Tuma J., Tůmová E., Valášek V. (2010).** The effect of season and parity order on fertility of Rabbit does and kit growth. *Czech J. Anim. Sci, agriculturejournals.cz* 55: 321-329.
- 235. Van den Brand H., Dieleman S.J., Soede N.M., Kemp B. (2000).** Dietary energy source at two feeding levels during lactation of primiparous sows.I. Effects on glucose, insulin, and LH and on follicle development, weaning to estrus interval and ovulation rate. *J. Anim. Sci.*, 78,396-404.
- 236. Walter M.R., Martinet L., Moret B. et Thibault C. (1968).** Régulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin, mâle et femelle. *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 51 : 773-780.

- 237. Xiccato G., Trocino A., Sartori A., Queaque P.I. (2004).** Effect of parity order and litter weaning age on the performance and body energy balance of rabbit does. *Livest. Prod. Sci.*, 85, 239-251.
- 238. Yan ZS. et al. (1985).** Influence of hot summer neather on plasma testosterone concentration and semen quality in Angora rabbits .*Chinese Journal of Rabbit Farming*, 3, 24-26 <http://bac-sc-rep.e-monsite.com/rubrique,chez-l-homme,15831.html>.
- 239. Zerrouki N., Kadi SA., Berchiche M et Bolet G. (2005).** Evaluation de la productivité des lapines d'une population locale algérienne, en station expérimentale et dans des élevages. *Proc. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole*, novembre, Paris, France, n° 11 14.
- 240. Zerrouki N., Hannach R., Lebas F., Saoudi A. (2007).** Productivité de lapines d'une souche blanche de la région de Tizi Ouzou en Algérie. In: *12es Journées de la recherche cunicole*, Leman, France, 27-28 nov. 2007, 141-144.
- 241. Zerrouki N., Lebas F., Gacem M., Mefti I., Bolet G. (2014).** Reproduction performances of a synthetic rabbit line and rabbits of local populations in Algeria, in two breeding locations. *World Rabbit Sci.*, 22: 269-278, doi: 10.4995/wrs.2014.2129.

Annexes

Annexe 3: Grille de Petitjean. (1965) pour l'évaluation de la motilité d'ensemble du serme (Boussit, 1989).

Notation de la motilité d'ensemble (avant dilution):

- 0 Pas de spermatozoïdes.
- 1 Spermatozoïde immobile.
- 2 Quelques spermatozoïdes agités, oscillant sur place.
- 3 Beaucoup de spermatozoïdes agités sans déplacement notable.
- 4 Quelques spermatozoïdes immobiles, quelques spermatozoïdes agités sur place, quelques spermatozoïdes mobiles.
- 5 Comme 4 mais plus de spermatozoïdes mobiles, motilité assez bonne mais pas homogène.
- 6 La quasi-totalité des spermatozoïdes se déplace. Motilité bonne et homogène.
- 7 Comme 6 avec amorces de mouvements de vagues.
- 8 Comme 7 avec mouvements de vagues lents.
- 9 Vagues énergiques. Aspect de tourbillons. Motilité **excellente**.

Annexe 4: Echelle d'Andrieu. (1974) pour l'évaluation de la motilité individuelle du sperme. (Boussit, 1989).

Notation de la motilité individuelle (après dilution)

- 0 Spermatozoïdes immobiles.
- 1 Les spermatozoïdes ont des mouvements de flagelle sans déplacement.
- 2 Les spermatozoïdes se déplacent lentement. Les mouvements circulaires dominent.
- 3 Les spermatozoïdes ont des mouvements heurtés. Leur déplacement s'effectue le long d'une hélice de diamètre sensiblement égal à leur longueur ou de cercles de larges diamètres (plusieurs fois la longueur des gamètes).
- 4 Les spermatozoïdes se déplacent rapidement le long d'une hélice de faible diamètre.