

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire



Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences vétérinaires

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Docteur
En
Médecine vétérinaire
THEME

**Dosage des protéines totales dans la semence du
lapin mâle de population locale
(*Oryctolagus cuniculus*)**

Présenté par :
-Nekili Sonia
-Kaoula Youcef

Soutenu publiquement, le 29 Décembre 2020 devant le jury :

M Zaouani M.	MCA (ENSV)	Président
Mme Ilès I.	MCA (ENSV)	Examinatrice
Mme Boulbina I.	MAA (ENSV)	Promotrice

2019-2020

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Nous, soussignées Nekili Sonia et Kaoula Youcef déclarons être pleinement conscientes que le plagiat de documents ou d'une partie d'un document publiés sous toute forme de support, y compris l'internet, constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée. En conséquence, nous nous engageons à citer toutes les sources que nous avons utilisées pour écrire ce mémoire de fin d'études.

Signatures :

Handwritten signature of Nekili Sonia in blue ink, featuring a stylized 'N' and 'S'.Handwritten signature of Kaoula Youcef in blue ink, featuring a stylized 'K' and 'Y'.

Remerciements

Avant de commencer, nous tenons à remercier le BON DIEU, le puissant de nous avoir guidé sur la bonne voie, de nous avoir accordé la santé, le moral et sa bénédiction pour la réussite de nos études et l'achèvement de notre travail.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promotrice, madame Boulbina Ibtissem, pour sa patience, sa disponibilité, ses judicieux conseils et surtout pour toute l'aide et le temps qu'elle nous a consacré tout au long de notre travail.

Nous remercions également les membres du jury :

Dr. Zaouani Mohammed, maitre de conférences A, à l'école nationale vétérinaire d'Alger, d'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence du jury de ce mémoire.

Dr. Ilès Imene, maitre de conférences A, à l'école nationale vétérinaire d'Alger, pour avoir accepté d'examiner notre travail. Sincères remerciements.

Nous remercions également tous nos professeurs et enseignants de l'école nationale supérieur vétérinaire qui ont contribué à transmettre leurs savoirs pour enrichir nos connaissances.

Nos reconnaissances se dirigent aussi vers nos amis et collègues qui nous ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de notre cursus particulièrement à Yasmine et Ilyess, nous vous remercions pour votre aide.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui ont toujours cru en moi et m'ont soutenue tout au long de mon cursus, que le bon dieu les protège et leurs accorde une longue vie.

A mon cher frère, à ma chère sœur et à son mari à qui je souhaite une vie pleine de bonheur et de succès.

A ma petite nièce qui apporte beaucoup de joie dans la famille, que dieu la garde pour nous.

A mon binôme avec qui on a passé des moments inoubliables durant notre cursus universitaire, je lui souhaite tout le bonheur.

A toute ma familles ainsi qu'à mes amis et amies.

Sonia

Dédicaces

Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire des personnes chers qui nous ont quittés très tôt, mais qui durant leur bref passage ont su ancrer en moi leurs valeurs et principes, mon plus grand souhait est qu'ils soient fiers de moi là où ils sont.

A ma famille qui m'a soutenue dans les moments les plus difficiles et qui sont aujourd'hui aussi présent dans l'un des moments les plus joyeux.

Hakim et Nawel, je vous serais infiniment reconnaissant, ma grand-mère, Wissem et Amine, oncles et tantes, cousins et cousines, mes petits neveux merci à tous de rendre la vie plus agréable.

Grands et petits, tous sans exception avez contribué à ce que je suis aujourd'hui.

A ma binôme, une personne exceptionnelle, merci de m'avoir procuré les cours et résumés de ces 5 longues années, je te souhaite tout le bonheur.

A mes professeurs, amis, camarades et futurs collègues merci.

Youcef

➤ ml	Millilitre
➤ µm	Micromètre
➤ s	Seconde
➤ Na	Sodium
➤ Mg	Magnésium
➤ Ca	Calcium
➤ K	Potassium
➤ Mmol	Milli mol
➤ L	Litre
➤ mg	Milligramme
➤ °C	Degré Celsius
➤ %	Pourcentage
➤ H	Heure
➤ r	Coefficient de corrélation
➤ vs	Versus
➤ J	Jour
➤ g	Gramme
➤ KDA	Kilodalton
➤ NGF	Nerve growth factor
➤ TRP	Transient receptor potential
➤ SBP	Sex steroid Binding Protein
➤ CBG	Corticostéroïde Binding Globuline
➤ pH	Potentiel en hydrogène
➤ C.A.S.A.	Computer assisted sperm analysis
➤ VCL	Curvilinear velocity ou vitesse curvilinéaire
➤ VSL	Straight-line velocity ou vitesse de progression linéaire
➤ VAP	Velocity Average Path ou vitesse selon la trajectoire moyenne
➤ LIN	Linéarité
➤ STR	Straightness ou rectitude
➤ ALH	Amplitude of lateral head displacement ou amplitude de déplacement latéral de la tête
➤ LC – MS/MS	La chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse
➤ cm ²	Centimètre carré
➤ cm	Centimètre
➤ CMV	Complexe minéraux vitamines
➤ dl	Décilitre
➤ Nm	Nanomètre

Figure	Titre	Page
Figure 1	Schéma de l'appareil reproducteur mâle (Lebas, 1996 ; cité par Boulbina, 2011).	03
Figure 2	Description du cycle spermatique (Boussit, 1989).	09
Figure 3	Résultat de la centrifugation du sperme (Rodrigo et <i>al.</i> , 2020).	11
Figure 4	Schéma d'un spermatozoïde (Sousa, 2018).	12
Figure 5	Les différentes anomalies touchant les spermatozoïdes (f1- double tête ; c2- gonflement de la pièce intermédiaire ; e3 : queue enroulée) (Kuzminsky et <i>al.</i> , 1996).	20
Figure 6	Lapins mâles de population locale (photo personnelle).	32
Figure 7	Récolte de semence à l'aide d'un vagin artificiel (photo personnelle).	34
Figure 8	Kit de dosage des protéines SPINREACT : réactif et standard (photo personnelle).	37
Figure 9	Cuves comportant le liquide séminal et le réactif biuret (photo personnelle).	37
Figure 10	Variation de la concentration moyenne des protéines dans le plasma séminal en fonction des lapins mâles de population locale.	41

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Composition du plasma séminal chez le lapin (Vaissaire, 1977 ; Boussit, 1989 ; Alvarino, 2000).	13
Tableau 2	Echelle adaptée de PETITJEAN (1965) pour la notion de motilité d'ensemble (citée par Boussit, 1989).	17
Tableau 3	Echelle pour la notion de motilité individuelle (Andrieu, 1976 citée par Boussit, 1989).	18
Tableau 4	Paramètres de la motilité des spermatozoïdes et valeurs standards (Theau-Clement et <i>al.</i> , 1996).	21
Tableau 5	Effet de la race sur quelques caractéristiques de qualité du sperme des lapins mâles (Anous et <i>al.</i> , 2017).	24
Tableau 6	La concentration moyenne des protéines dans le plasma séminal chez différentes espèces (lapin, cheval, bélier, sanglier et homme) (Alvarino, 2000 ; Gundogan, 2005 ; Rogriguez-Martinez et <i>al.</i> , 2011 ; Garcia et <i>al.</i> , 2014).	27
Tableau 7	Température et hygrométrie ambiantes moyennes enregistrées au cours de l'expérimentation (moyenne \pm écart type).	38
Tableau 8	Poids et consommation moyens mesurés au cours de l'expérimentation (moyenne \pm erreur standard).	39
Tableau 9	Concentration moyenne des protéines totales dans le plasma séminal des lapins mâles de population locale (moyenne \pm erreur standard).	40
Tableau 10	Concentration moyenne des protéines totales dans le sang des lapins mâles de population locale (moyenne \pm erreur standard).	42
Tableau 11	La relation entre les protéines dans le plasma séminal et le plasma sanguin (moyenne \pm erreur standard).	43

INTRODUCTION.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Rappels anatomo-physiologiques de l'appareil génital mâle du lapin

I. Anatomie de l'appareil génital mâle.....3

I.1. Testicule4

I.2. Epididyme4

I.3. Canal déférent.....4

I.4. Urètre5

I-5. Glandes annexes5

I.5.1. Vésicule séminale.....5

I.5.2. Glande vésiculaire ou la pro prostate5

I.5.3. Prostate5

I.5.4. Glande para prostatique6

I.5.5. Glande de Cowper ou glande bulbo urétrale.....6

I.6. Voies externes d'excrétion6

I.6.1. Pénis6

I.6.2. Fourreau (Preputium)6

II. Physiologie de la reproduction7

II.1. Développement des gonades7

II-2. Maturité sexuelle7

II.3. Spermatogenèse.....8

I.3.1. Modification morphologique8

I.3.2. Evolution des constituants de surface.....9

I.3.3. Acquisition de la motilité.....10

Chapitre II : Sperme d'un lapin adulte

I. Composition11

I.1. Spermatozoïdes.....11

I.1.1. Tête.....12

I.1.2. Col12

I.1.3. Queue.....12

I.2. Plasma séminal13

I.3. Granules séminales14

I.4. La masse gélatineuse.....	14
II. Evaluation classique et caractéristiques de la semence chez le lapin.....	15
II.1. Examen macroscopique du sperme	15
II.2. Examen microscopique du sperme.....	16
<u>Chapitre III : Facteurs influençant les performances reproductives du mâle</u>	
I. Saisonnalité.....	22
II. Photopériode.....	22
III. Température.....	23
IV. Alimentation.....	23
V. Race.....	24
VI. Effet individu.....	25
VII. Age.....	25
<u>Chapitre IV : Protéines dans le plasma séminal</u>	
I. Généralités sur les protéines.....	26
II. Profil protéique (protéome) du plasma séminal chez le lapin.....	26
III. Relation entre les protéines séminales et les différents paramètres spermatiques.....	29
IV. Facteurs de variations de la concentration des protéines dans le plasma séminal chez le lapin.....	29
IV.1. Race.....	29
IV.2. Saison.....	30
IV.3. Alimentation.....	30
PARTIE EXPERIMENTALE	
<u>Chapitre I : Matériel et méthodes</u>	
I. Objectif.....	31
II. Matériel et méthodes.....	31
II.1. Lieu et durée de l'expérience.....	31
II.2. Bâtiment.....	31
II.3. Matériel d'élevage et conditions ambiantes.....	31
II.4. Animaux.....	31
II.5. Alimentation.....	32
II.6. Conduite expérimentale.....	32
II.6.1. Paramètres d'ambiances et les paramètres zootechniques.....	32
II.6.2. Prélèvement sanguin.....	33
II.6.3. Collecte de la semence.....	34

II.6.4. Dosage des protéines dans le plasma sanguin et le plasma séminal	35
III. Analyse statistique.....	37
<u>Chapitre II : résultats et discussion</u>	
I. Paramètres d’ambiances.....	38
II. Paramètres zootechniques.....	39
III. Concentration des protéines dans le plasma séminal.....	40
IV. Concentration des protéines dans le sang.....	42
V. Relation entre la concentration des protéines dans le plasma séminal et le plasma sanguin	43
CONCLUSION.....	45
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	46

Résumé

L'objectif de notre travail est la mesure de la concentration protéique dans le plasma séminal et le plasma sanguin mais également essayer de trouver une éventuelle relation entre les concentrations des deux milieux. Pour cela, notre étude a été menée durant le mois de février sur 5 lapins reproducteurs de population locale et matures sexuellement. Les prélèvements sanguins ont été effectués une fois chaque deux semaine, quant à la collecte de semence ; elle a été réalisée une fois par semaines avec deux éjaculats successifs pour le même lapin. Les résultats obtenus montrent une concentration moyenne en protéines de $1,9 \pm 0,12$ g/dl dans le plasma séminal et de $7,23 \pm 0,16$ g/dl dans le sang. En comparant ces derniers avec d'autres travaux effectués dans d'autres pays nous trouvons une variabilité des résultats. Celle-ci est liée à la variabilité dans les protocoles expérimentaux (race, âge, saison et alimentation). Le rapport entre la concentration des protéines du plasma séminal et celle du sang donne une moyenne de $0,27 \pm 0,02$ avec toutefois une corrélation positive de faible signification entre les deux concentrations ($p= 0.03$). Ce résultat laisse suggérer qu'il y a une éventuelle contribution du sang dans les protéines séminales qui reste à confirmer avec un nombre plus important d'échantillons.

Mots clés : lapins de population locale, protéines totales, plasma séminal, plasma sanguin.

Abstract

The objective of our work is to measure the protein concentration in seminal and blood plasma but also to try to find a possible relationship between the concentrations of the two media. For this purpose, our study was conducted during the month of February on 5 breeding rabbits of local population and sexually matured. Blood samples were taken once every two weeks, as for semen collection, it was carried out once a week with two successive ejaculates for the same rabbit. The results obtained showed an average protein concentration of 1.9 ± 0.12 g/dl in seminal plasma and 7.23 ± 0.16 g/dl in blood. By comparing them with other work done in other countries we find a variability in the results. This is related to the variability in the experimental protocols (race, age, season and diet). The ratio between the concentration of proteins in seminal plasma and in blood gives a mean of 0.27 ± 0.02 with, however, a positive correlation of low significance between the two concentrations ($p= 0.03$). This result suggests that there is a possible contribution of blood in seminal proteins that remains to be confirmed with a larger number of samples.

Key words: local population rabbits, total proteins, seminal plasma, blood plasma.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو قياس تركيز البروتينات المتواجدة على مستوى السائل المنوي والسائل الدموي. وأيضا محاولة إيجاد علاقة بين التراكيزين المتحصّل عليهما في هاذين الوسطين لهذا قمنا بهذا العمل خلال شهر فيفري على 5 أرانب ذكور محلية وناضجة جنسيا. أخذت العينات الدموية مرّة كل أسبوعين، أما السائل المنوي فقد تمّ جمعه مرّة واحدة في الأسبوع مع قذفتين متتاليتين لنفس الأرنب. متوسط تركيز البروتينات المتحصّل عليها خلال دراستنا تشير إلى $1,9 \pm 0,12$ غ/دل في السائل المنوي و $7,23 \pm 0,16$ غ/دل في الدم. عند مقارنة النتائج المتحصّل عليها خلال دراستنا مع دراسات أجريت في بلدان أخرى؛ نلاحظ أنّ هناك بعض الاختلافات في النتائج وهذه الاختلافات نستطيع شرحها في اختلاف البروتوكولات التجريبية (السلالة، العمر، الموسم، الغذاء...). العلاقة بين متوسط تركيز البروتينات في البلازما المنوي وبلازما الدم تشير إلى معدّل $0,27 \pm 0,02$ مع وجود ارتباط إيجابي مع دلالة منخفضة ($p=0.03$) تشير هذه النتيجة إلى أنّ هناك مساهمة محتملة للدم في البروتينات المنوية التي لا يزال تأكيدها بعدد أكبر من العينات

كلمات دالة: أرانب محلية، البروتينات الكلية، البلازما المنوية، بلازما الدم

Introduction

Par définition la semence des mammifères est divisée en composants « cellulaire » et « acellulaire », ce dernier est nommé plasma séminal. Le plasma séminal est essentiellement le résultat des sécrétions de la queue de l'épididyme et des glandes annexes. Les espèces animales diffèrent concernant la présence et la taille de ces glandes annexes, ce qui conduit évidemment à des variations de leur contribution relative à la composition et au volume du sperme, en particulier en ce qui concerne le plasma séminal. Chez certaines espèces, ce dernier représente jusqu'à 95 à 98% du volume total de la semence (Rodríguez-Martínez et *al.*, 2011).

La qualité de la semence est classiquement mesurée en contrôlant le nombre de spermatozoïdes présents, leur motilité et leur normalité morphologique. La réticence à examiner le plasma séminal est souvent liée à la vision classique selon laquelle ce liquide est un véhicule pour les spermatozoïdes.

Chez le lapin, la plupart des études précédentes se sont concentrées sur les spermatozoïdes et peu d'attention a été accordée au plasma séminal (Casares-Crespo et *al.*, 2017). Cela est également le cas dans le peu de travaux effectués en Algérie sur les lapins mâles de population locale qui ne se sont concentrés que sur la qualité de la semence (exemple : Boulbina, 2011 ; Karar et Soltani, 2016 ; Mokdade, 2019), alors qu'aucune étude ne s'est intéressée au plasma séminal ou au moins, aux constituants biochimiques de ce dernier.

Le plasma séminal contient une cohorte diversifiée de protéines, provenant principalement de l'épididyme et des glandes sexuelles accessoires. Ces protéines participent dans la majorité des fonctions des spermatozoïdes, telles que la maturation épидидymaire, la capacitation des spermatozoïdes, la réaction acrosomique et même la fécondation (Topfer-Petersen et *al.*, 1998; Gwathmey et *al.*, 2006).

De plus, des corrélations positives entre certaines protéines identifiées dans le plasma séminal des lapins et la qualité de la semence ont été observées (Arruda-Alencar et *al.*, 2012 ; Bezerra et *al.*, 2019).

L'objectif principal de notre étude est de mesurer et déterminer la concentration des protéines dans le plasma séminal des lapins mâles de population locale pendant une période de thermo-neutralité (absence de stress thermique). D'un autre côté, nous allons mesurer la

Introduction général

protéinémie de ces lapins mâles et essayer de trouver une éventuelle relation entre les concentrations des protéines mesurées dans le plasma séminal et sanguin.

Pour cela, nous avons scindé notre document en deux parties :

Une partie bibliographique à travers laquelle, un rappel des aspects anatomiques et physiologiques de l'appareil reproducteur du lapin mâle sera énoncé, complété par l'étude des composants du sperme du lapin ainsi que les caractéristiques de la semence. Il sera également abordé dans cette partie les facteurs influençant les performances reproductives du mâle et enfin on terminera avec les protéines dans le plasma séminal.

Une partie expérimentale se compose, quant à elle de la section matériels et méthodes utilisés lors de notre expérimentation, suivie par les résultats obtenus et une discussion de ces derniers. Le document est finalisé par une conclusion comprenant un résumé des principales informations obtenues et par des recommandations.

Partie bibliographique

Chapitre I :

Rappels anatomo-physiologiques de l'appareil génital du lapin mâle

I. Anatomie de l'appareil génital mâle

Chez le lapin, l'appareil génital est similaire à ceux des rongeurs. Il comporte 3 grandes portions qui sont (Barone, 2010) :

- **La portion glandulaire** : représentée par les deux testicules ;
- **La portion tubaire** : constitue les voies spermatiques comportant l'épididyme, le conduit déférent et la glande vésiculaire ;
- **La portion copulatrice** : formée par l'urètre, les glandes bulbo-urétrale, la prostate, le corps caverneux et le pénis.

Les différentes portions de l'appareil génital mâle sont représentées dans la figure 1 (Lebas, 1996 ; cité par Boulbina, 2011).

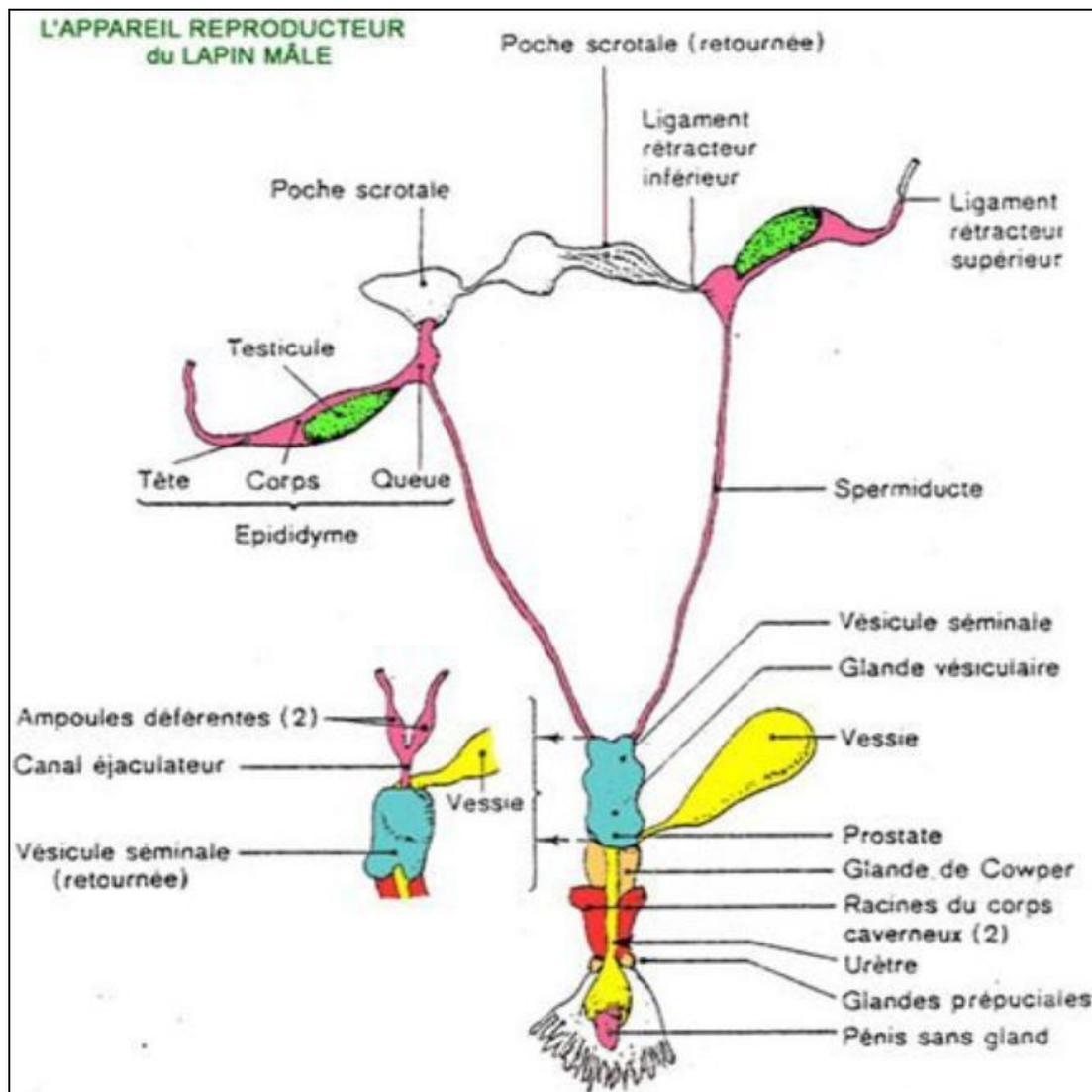


Figure 1 : L'appareil reproducteur mâle (Lebas, 1996 ; cité par Boulbina, 2011).

I.1. Testicule

Le testicule est une glande amphicrine dont la fonction exocrine permet la production de gamètes mâles par le processus de spermatogénèse et la fonction endocrine concerne la production des hormones stéroïdes masculines. Organe pair situé à la naissance dans la cavité abdominale, il descend dans les sacs scrotaux vers l'âge de deux mois. Chez l'adulte, les testicules sont de forme ovoïde, placés dans des sacs scrotaux, et qui restent en communication avec la cavité abdominale par un large canal inguinal par lequel les testicules peuvent transiter. Ainsi, le lapin peut rentrer ses testicules sous l'effet de la frayeur ou lors de combat avec d'autres mâles (Lebas et *al.*, 1996).

I.2. Epididyme

Petit organe allongé, appliqué contre le bord postérieur du testicule, un peu en dehors depuis l'extrémité supérieure jusqu'à l'extrémité inférieure. On y distingue une tête, un corps et une queue (Craplet, 1952). La tête, couvre l'extrémité capitée du testicule, solidarisée à la glande par la pénétration des canalicules efférents et par la continuité de son albuginée avec celle du testicule. Le corps, également accolé au testicule jusqu'à sa partie postérieure. La queue, libre, légèrement renflée couvrant l'extrémité caudale du testicule et attachée de façon solide à la glande via le ligament propre du testicule (Barone, 2010). La queue se recourbe en haut et en dedans pour se continuer par le canal déférent (Craplet, 1952).

I.3. Canal déférent

Faisant suite au canal épидидymaire, le canal déférent s'étend de la queue de l'épididyme jusqu'à l'orifice éjaculateur, par lequel il débouche dans l'urètre par l'intermédiaire d'un bref conduit « le conduit éjaculateur large et impair » (Vaissaire, 1977). A son extrémité distale, il se dilate en une ampoule différentielle (renflement pelvien) (Barone, 2010).

I.4. Urètre

C'est un conduit long de 12 à 13 cm dont 8 à 9 seulement pour la partie pénienne, servant à la fois à l'excrétion de l'urine et du sperme. Il part de la vessie et tapisse l'intérieur du pénis jusqu'à son extrémité (Barone, 2010).

I-5. Glandes annexes

Elles secrètent le liquide spermatique qui se mélange aux spermatozoïdes donnant ainsi le sperme.

I.5.1. Vésicule séminale

Impaire, médiane et bilobée. Placée entre rectum et vessie ; sa partie terminale fusionne avec les ampoules déférentielles afin de former le canal éjaculateur qui s'ouvre dans l'urètre par deux canaux excréteurs (Boussit, 1989).

La taille de cette glande est très variable selon la quantité de liquide qu'elle contient. Ce liquide varie d'une consistance peu visqueuse à gélatineuse et il contribue à 45,6% du volume de l'éjaculat d'un lapin (Campos et *al.*, 2014).

I.5.2. Glande vésiculaire ou la pro prostate

Elle est de forme ovale, volumineuse et bilobée de couleur blanchâtre liée à l'accumulation des sécrétions granulaires blanches. Située dorsalement à la vésicule séminale et à la portion antérieure de l'urètre. Elle possède deux canaux excréteurs qui s'ouvrent dans ce dernier (Sabbagh, 1983).

I.5.3. Prostate

Principale glande accessoire de l'appareil génital, située dorso-ventralement à la glande précédente (Barone, 2010). Oblongue et volumineuse, comporte deux lobes latéraux réunis par un isthme et présente 4 à 6 conduits excréteurs s'ouvrant dans l'urètre (Bourcier, 1973).

I.5.4. Glande para prostatique

De taille plus petite, arrondies, situées de part et d'autre de l'urètre, en regard de la terminaison des conduits déférents, ventralement à la prostate caudale. Elles débouchent dans l'urètre par un nombre variable de petits conduits (Barone, 2010).

I.5.5. Glande de Cowper ou glande bulbo urétrale

Les glandes de Cowper ; glandes muqueuses, tubulo-alvéolaires composées, sont ovoïdes chez le lapin (Vaissaire, 1977). De teinte brun rosée couvrant toute la partie caudale de l'urètre pelvien et son extrémité crâniale entre en contact avec la prostate caudale. Elle présente de chaque cotés 2 conduits excréteurs, qui vont s'ouvrir au début de la partie pénienne de l'urètre (Barone, 2010).

I.6. Voies externes d'excrétion

I.6.1. Pénis

Mesure environ 8cm, dirigé obliquement en arrière à l'état de repos et, se tourne en avant et horizontalement au moment de l'érection (Vaissaire, 1977). Sa racine est large mais présente un corps court. La partie libre du pénis est lisse, un peu déprimé dorso-ventralement et se rétrécit de façon progressive. Le ligament suspenseur du pénis est doublé par une paire de fort muscles subischio-caverneux très spécifique au lapin et ont pour fonction de ramener le pénis vers l'avant pendant l'érection (Barone, 2010).

I.6.2. Fourreau (Preputium)

Il est formé par un tégument externe (la peau), et un tégument interne renfermant dans son épaisseur des glandes préputiales qui ; sécrètent une matière grasse appelée smegma (Vaissaire, 1977).

II. Physiologie de la reproduction

II.1. Développement des gonades

La différenciation des gonades commence le 16^{ème} jour après la fécondation et la production des hormones androgènes à partir du 19^{ème} jour de gestation.

Il est à noter qu'à la naissance, les testicules sont dans la cavité abdominale et leur développement se fait moins vite que le reste du corps. Après l'âge de 5 semaines, ils connaissent une croissance extrêmement rapide. Selon Lebas (2009), l'accélération de la croissance testiculaire peut être mise en évidence entre 70 et 110 jours environ.

Les glandes annexes ont une croissance de même type mais légèrement décalée dans le temps et plus tardive. Leur activité sécrétoire est en nette progression, jusqu'à l'âge d'un an (Alvarino, 2000 ; Lebas, 2009).

Selon Skinner, (1963), au 63^{ème} jour après naissance, les testicules du lapin descendent dans le scrotum. Alors que d'autres études révèlent que bien que le lapin soit pubert à 4 mois, les testicules ne sont pas encore dans le scrotum et que cette descente ne sera observée qu'à l'âge de 6 mois (Fraser, 1988).

D'après Harcourt-Brown (2002), les testicules descendent dans le scrotum vers 12 semaines d'âge, mais ils peuvent remonter en position abdominale car le canal inguinal reste largement ouvert.

II-2. Maturité sexuelle

La maturité sexuelle correspond au moment à partir duquel la spermatogénèse n'augmente plus, les animaux pouvant alors être mis à la reproduction (Bousseau, 1994 ; Lebas et *al.*, 1994).

Cette dernière peut être atteinte vers 30 à 32 semaines d'âge pour la race Néo-Zélandaise en climat tempéré. Cependant, les premières manifestations de comportement sexuel apparaissent vers 60 à 70 jours ; le lapin commence à faire des tentatives de chevauchement, mais ce dernier sera négatif. Les premières saillies peuvent survenir vers le 100^{ème} jour, mais ; dans ces premiers éjaculats, la viabilité des spermatozoïdes est faible voire nulle. Il faut donc attendre 135 à 140 jours pour les premiers accouplements féconds (Barone, 2010).

Chapitre I Rappels anatomo-physiologiques de l'appareil génital du lapin mâle

Selon Macari et Machado (1978), la puberté chez le lapin précède l'apparition de sperme dans l'éjaculat, de sorte que la puberté et la maturité sexuelle sont des phases différentes. On dit donc que les lapins sont pubères lorsque leurs testicules deviennent androgéniquement actifs et que les glandes accessoires commencent à produire du fructose et de l'acide citrique, ainsi, l'animal adopte un comportement typiquement masculin. Dans ce cas, la puberté serait alors atteinte dès l'âge de 42 jours (campos et *al.*, 2014).

En Algérie, l'âge d'entrée en puberté chez le lapin de population local est atteint à partir de la 15^{ème} ou la 17^{ème} semaine d'âge selon la saison de naissance. De plus, la maturité sexuelle est observée à l'âge de 30 semaines (Boulbina, 2011).

Il existe des différences génétiques dans l'âge de la puberté, mais, les conditions d'élevage jouent aussi un rôle essentiel, en particulier l'alimentation et le climat (Lebas et *al.*, 2002).

II.3. Spermatogenèse

Cette étape correspond à l'élaboration d'un spermatozoïde mature haploïde (n chromosome) à partir de cellules souches dites spermatogonie diploïdes ($2n$ chromosomes) au niveau des tubes séminifères des testicules (Figure 2). La spermatogénèse passe par trois phases : La phase de multiplication, la phase d'accroissement et la phase de maturation au niveau de l'épididyme (Boussit, 1989).

Le déplacement du sperme dans l'épididyme résulte des contractions rythmiques et de la poussée exercée par les spermatozoïdes produits, le transit de la tête vers la queue peut durer 8 à 10 jours. Pendant ce transit, les spermatozoïdes formés par le testicule subissent plusieurs modifications pour avoir leurs pouvoirs fécondant (Boussit, 1989).

I.3.1. Modification morphologique

Les spermatozoïdes présentent une gouttelette cytoplasmique sur la pièce intermédiaire, près de la tête. Au cours du transit, l'acrosome se raccourcit et l'épaississement marginal gonfle. La gouttelette cytoplasmique glisse le long de la pièce intermédiaire et la densité des

Chapitre I Rappels anatomo-physiologiques de l'appareil génital du lapin mâle

spermatozoïdes s'accroît. Dans la queue de l'épididyme, les spermatozoïdes ont un acrosome réduit et n'ont plus la gouttelette cytoplasmique (Bedfort, 1963).

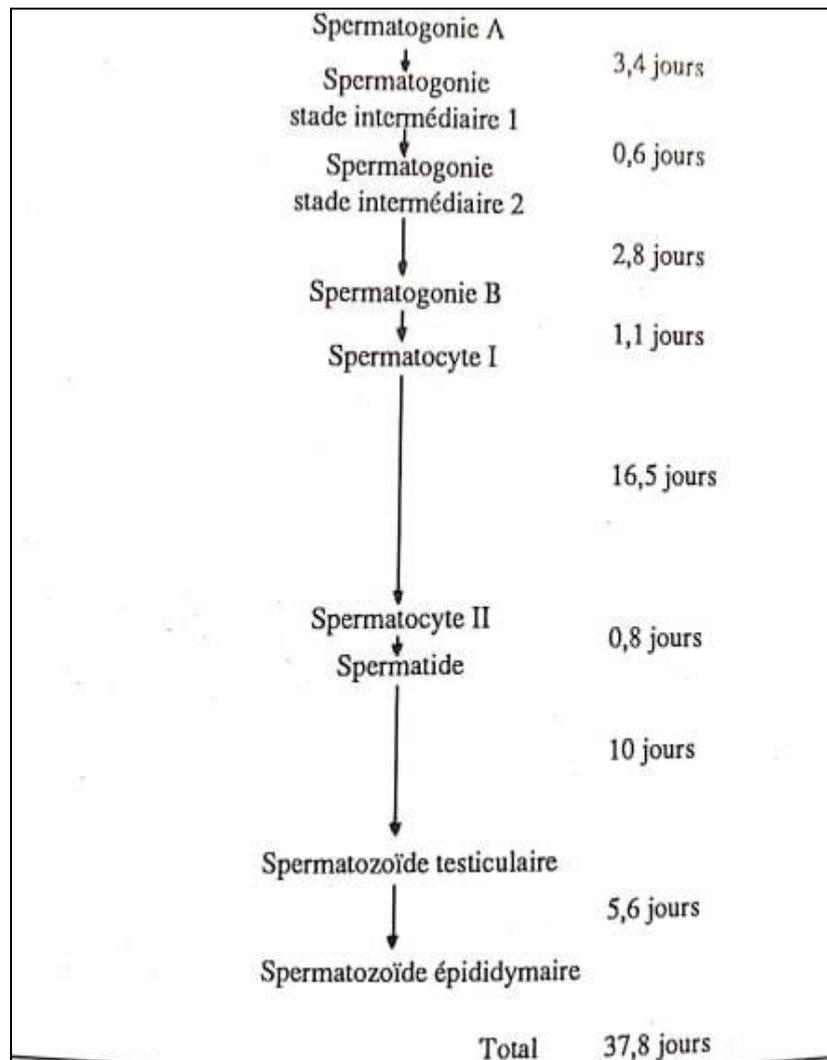


Figure 2 : description du cycle spermatique (Boussit, 1989)

I.3.2. Evolution des constituants de surface

Les spermatozoïdes sont recouverts par un revêtement glycoprotéique qui sera modifié au cours du transit par la perte de la gouttelette cytoplasmique mais également par l'adhésion de protéines provenant des sécrétions de l'épithélium séminifère. Ces modifications interviennent dans les

propriétés d'agglutination du sperme, dans le développement de la capacité fertilisante, notamment pour la reconnaissance de l'ovule (Boussit, 1989).

I.3.3. Acquisition de la motilité

Les spermatozoïdes ont des mouvements vibratoires de la queue au niveau de la tête de l'épididyme, puis les mouvements deviendront rectilignes une fois qu'ils se retrouvent au niveau de la queue de l'épididyme. L'acquisition de la motilité est la dernière phase de maturation des spermatozoïdes (Boussit, 1989). Cependant ; dans l'épididyme, les spermatozoïdes sont quiescents, leur mobilité ne s'exprimera qu'après leur dilution dans le plasma séminal, au moment de l'éjaculation (Jouannet et Serres, 1995).

Les spermatozoïdes produits par les testicules transitent normalement dans l'épididyme. Certains sont résorbés au cours du transport par l'épididyme. En effet, le pourcentage de spermatozoïdes morts ou anormaux diminue entre la tête et la queue de l'épididyme. Les spermatozoïdes sont ensuite stockés pendant un certain temps dans la queue de l'épididyme où ils sont absorbés par les tissus ou évacués par voie urinaire (Boussit, 1989).

Chez le lapin, l'activité de la spermatogenèse débute vers le 63^{ème} jour d'âge. Cependant, il faut attendre l'âge de 84 jours pour que tous les tubes séminifères soient concernés (Sabbagh, 1983).

Chez un lapin adulte, la durée de la spermatogenèse est d'environ 42 jours, avec une production journalière moyenne en spermatozoïdes de 250 millions. Cette valeur présente une variation liée à la saison et au type génétique (Rebollar, 1998).

Chapitre II :

Le sperme d'un lapin adulte

Le sperme est l'ensemble du liquide fécondant émis par le mâle. C'est une suspension de cellules vivantes dans un liquide colloïdal ; il comprend des cellules vivantes « spermatozoïdes » nageant dans le liquide spermatique qui est le mélange des sécrétions du tractus génital : épидидyme, vésicule séminale, prostate et glande de Cowper (Craplet, 1952).

I. Composition

Si l'on centrifuge un tube contenant du sperme on aura deux couches qui se formeront : des spermatozoïdes ainsi qu'une partie liquide « le liquide séminal ».

Les résultats de la centrifugation du sperme sont représentés dans la figure 3 (Rodrigo et *al.*, 2020).

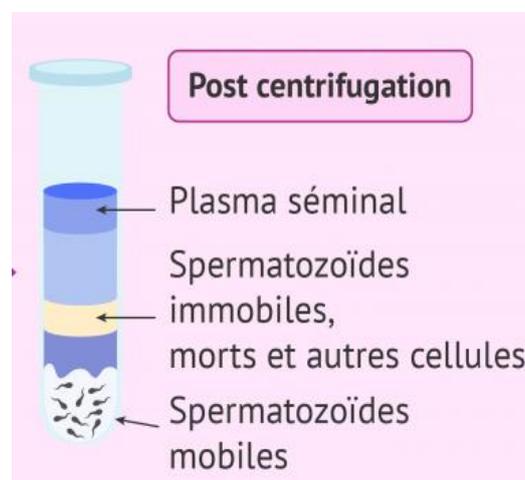


Figure 3 : Résultat de la centrifugation du sperme (Rodrigo et *al.*, 2020).

I.1. Spermatozoïdes

Un spermatozoïde est une cellule haploïde apte à féconder l'ovule, présentant un flagelle de 55-57 microns de longueur et comprenant trois parties : La tête, le col « ou corps » et la queue « ou flagelle ». La vitesse approximative des spermatozoïdes chez le lapin est estimée entre 20-35 $\mu\text{m}/\text{sec}$ (Vaissaire, 1977).

I.1.1. Tête

C'est un petit corps ovoïde de forme piriforme chez le lapin (Vaissaire, 1977), mesure 1-3 microns, constituée en majeure partie par le noyau cellulaire à n chromosomes surmonté d'une petite masse protoplasmique, l'acrosome, et dans ses deux tiers antérieurs, par une enveloppe plasmique : la coiffe céphalique (Craplet, 1952).

I.1.2. Col

Il contient une plaque basale, le centriole proximal, 9 fibres denses disposées autour d'un complexe filamentaire axial comprenant 9 paires de tubules périphériques et 1 paire de tubules centraux. Le tout entouré d'une gaine mitochondriale (mitochondries disposées en spirale) elle-même entourée d'une mince couche de cytoplasme (Vaissaire, 1977).

I.1.3. Queue

Longue et flagellée, elle est composée d'une pièce intermédiaire mesurant 9 microns et de deux autres pièces principale et terminale de 39 microns (Vaissaire, 1977, Baril *et al.*, 1993).

La figure 4 représente un Schéma d'un spermatozoïde (Sousa, 2018).

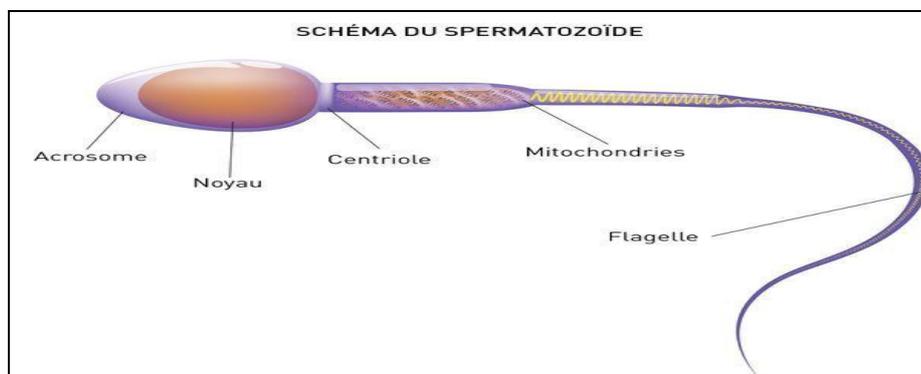


Figure 4 : Schéma d'un spermatozoïde (Sousa, 2018).

I.2. Plasma séminal

C'est la partie liquide du sperme, composée d'un mélange complexe de sécrétion des testicules, des épидидymes et des glandes sexuelles accessoires masculines (González-Cadavid et *al.*, 2014). Sa présence affecte positivement la survie et les paramètres de motilité des spermatozoïdes chez le lapin (Castellini et *al.*, 2000, Hagen et *al.*, 2002 cité par campos). Joue un rôle important dans la capacité fertilisante du sperme (La falci et *al.*, 2002).

Le plasma séminal contient des constituants tels que des glucides, lipides, protéines, minéraux et oligo-éléments (Holtz and Foote, 1978 ; Müller and Kirchner, 1978 ; Aniboni et *al.*, 2004, Castellini et *al.*, 2006 cité par campos et *al.*, 2014), qui sont importants pour le métabolisme des spermatozoïdes (Tableau 1). Par exemple, la concentration du fructose dans le plasma séminale reflète l'activité de la testostérone ainsi que la qualité du sperme (Campos et *al.*, 2014).

La vésicule séminale et l'épididyme sécrètent des ions tels que le calcium qui est nécessaire au fonctionnement des spermatozoïdes, le potassium et le magnésium qui favorisent la viabilité du sperme, le phosphate, le sodium, le bicarbonate et les métaux lourds (Derivaux, 1971 ; Boussit, 1989).

Tableau 1 : Composition du plasma séminal chez le lapin
(Vaissaire, 1977 ; Boussit, 1989 ; Alvarino, 2000).

Substance	Concentration dans le plasma séminal
Na	80-140 mmol/l
Mg	2-4 mmol/l
Ca	2-8 mmol/l
K	23-120 mmol/l
Fructose	40-150 mg/100ml
Sorbitol	80 mg/100ml
Glucose	Trace parfois
Inositol	30 mg/100ml
Glycerylphosphorylcholine	215-370 mg/100ml
Protéines	4-15 mg/100ml

I.3. Granules séminales

Ce sont des gouttelettes sécrétées par la prostate et observées dans le plasma séminal. Elles jouent un rôle très important dans la physiologie de la reproduction de plusieurs espèces mammifères. Ces particules présentent plusieurs dimensions, généralement on trouve de gros granules dans le sperme des lapins (Aniboni et *al.*, 2004) tandis que de petites particules chez les autres espèces de mammifères (Ronquist et *al.*, 1978 ; Breitbart and Rubinstein, 1982 ; Agrawal and Vanha Pertulla, 1987 ; Fornes et *al.*, 1991; El-Hajj et *al.*, 2004).

Selon Metz et *al.*, (1968) ; les granules de sperme du lapin ne sont pas homogènes et sont composés de différentes populations de vésicules (0,5-6µm).

Ces particules modulent le processus de capacitation et la réaction acrosomale des spermatozoïdes, leur cinétique, la réponse immunitaire du tractus génital de la femelle, ainsi que le transit des spermatozoïdes à l'intérieur de ce dernier (Castellini et *al.*, 2007). En plus, elles constituent une source de protection des spermatozoïdes contre le stress oxydatif *in vitro* en fournissant à ces derniers de l'alpha-tocophérol endogène (Mourvaki et *al.*, 2008).

I.4. La masse gélatineuse

Le sperme de lapin contient parfois un gel muco-gélatineux sécrété par la glande vésiculaire, plus ou moins consistant et transparent (Holtz and Foote, 1978 ; Boussit, 1989 ; Del Niño et *al.*, 1997) et cette sécrétion est sous l'influence des androgènes (Parson, 1950; Bell and Mitchell, 1984). Le gel se compose principalement de substances oestrogéniques, d'acide citrique et d'une petite quantité de fructose (Parson, 1950 ; Mukherjee et *al.*, 1951 ; Holtz and Foote, 1978). Cette masse gélatineuse va diminuer en fonction du nombre de collecte par jour.

Il faut noter aussi qu'après dilution dans une solution saline et incubation à 37° C ; la masse gélatineuse se dissout en libérant les spermatozoïdes, qui à leur tour deviennent très actifs (Mukherjee et *al.*, 1951).

II. Evaluation classique et caractéristiques de la semence chez le lapin

II.1. Examen macroscopique du sperme

II.1.1. Volume

Le volume est directement lu sur le tube de collecte après élimination du gel éventuel. Ce dernier varie selon des facteurs environnementaux à savoir : le régime alimentaire, la fréquence de collecte, la température ambiante, la race et l'âge. Cependant ; le volume chez le lapin est estimé entre 0.3-0.6 ml (Campos et *al.*, 2014). On note que le volume moyen de l'éjaculat augmente significativement avec l'âge. En effet, le volume du sperme éjaculé augmente progressivement jusqu'à huit mois d'âge puis il se stabilise (Amman et Hammerstedt, 1993).

II.1.2. Couleur

D'après Bilabao, 1996 ; une bonne qualité de semence chez le lapin, présente une couleur blanc nacré et ivoire, cependant, son opacité dépend de la concentration spermatique.

La couleur peut être modifiée par la présence d'éléments anormaux, comme (Alvarino, 2000) :

- La couleur jaune, indique la présence d'urine qui est normalement obtenue lorsque la température est trop élevée dans le vagin artificiel ;
- La couleur rougeâtre voir rosée, peut être due à la présence de sang frais causée par une lésion ou irritation du pénis ou de l'urètre ;
- La couleur marron, est témoin de la présence d'éléments sanguins dégénérés ou une contamination par les matières fécales ;
- La coloration blanchâtre ou transparente, indique une faible concentration en spermatozoïdes ;
- L'aspect opaque, témoigne d'une dégénérescence testiculaire avec passage des cellules géantes dans l'épididyme ou une inflammation des vésicules séminales.

II.1.3. Viscosité

La viscosité dépend de la concentration en spermatozoïdes (Hanzen, 2009). L'appréciation de ce paramètre se fait en observant l'écoulement du sperme à l'extrémité d'une pipette pasteur. Le sperme normal s'écoule goutte à goutte, alors qu'un sperme hyper visqueux fil en s'écoulant (Derivaux, 1971 ; Hanzen, 2009).

II.1.4. PH

La valeur du pH du lapin est située entre 6 et 7,3 et peut atteindre 7,5. En général, à partir d'un pH de 7,2, la concentration, la motilité et la viabilité spermatique diminuent. Toute variation de pH par rapport au pH optimum indique une mauvaise qualité de la semence. La mesure de ce dernier s'effectue par un pH mètre ou le papier indicateur et doit être immédiate car le sperme s'acidifie rapidement suite à la formation de l'acide lactique résultant de l'utilisation des sucres par les spermatozoïdes (Alvarino, 2000 ; Arencibia et Rosario, 2009 cité par Keddari et Korichi, 2017).

II.2. Examen microscopique du sperme

II.2.1. Motilité des spermatozoïdes

II.2.1.1. Motilité massale

C'est une mesure rapide et facile qui nécessite un examen microscopique de la semence, dès que celle-ci est collectée. Une goutte de sperme pure est déposée sur une lame et placée sur la platine chauffante du microscope (37°C- 38°C) sous un grossissement de x80 à x120.

L'observation doit être faite très rapidement car la motilité massale du sperme pur, à cette température, diminue rapidement.

Dans des conditions optimales, on observe de véritables vagues, et, la motilité d'ensemble peut être appréciée à l'aide d'une grille comme celle proposée par PETITJEAN(1965). Une note de 0 (immobilité totale) à 5 (tourbillon rapide) ou de 0 (pas de spermatozoïdes) à 9 (aspect de tourbillon) est attribuée à l'échantillon observé lors de cet examen caractérisant ainsi le mouvement de la masse des spermatozoïdes (Benchikh, 1995).

Le tableau 2 indique une échelle adaptée de PETITJEAN (1965) pour la notion de motilité d'ensemble. (Citée par Boussit, 1989).

Tableau 2 : Echelle adaptée de PETITJEAN (1965) pour la notion de motilité d'ensemble. (Citée par Boussit, 1989).

Note	Motilité
0	Pas de spermatozoïdes.
1	Spermatozoïdes immobiles.
2	Quelques spermatozoïdes agités sans déplacement notable
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 amorce de mouvements de vagues.
8	Comme 7 avec mouvements de vagues lents.
9	Vagues énergiques. Aspect de tourbillons. Motilité excellente.

II.2.1.2. Motilité individuelle

La motilité individuelle concerne les mouvements du spermatozoïde par son déplacement à travers le champ microscopique. Cet examen est réalisé après dilution du sperme 10 à 40 fois dans du sérum physiologique préalablement chauffé. La motilité sera déterminée au moyen d'un microscope à contraste de phase en plaçant une goutte de sperme entre lame et lamelle. Trois à cinq champs proches du centre de la goutte, seront ainsi examinés au grossissement 400 et la moyenne calculée. Cette motilité est considérée comme bonne lorsque le spermatozoïde traverse le champ du microscope rapidement avec des mouvements de rotation de la tête. Certains spermatozoïdes présentent des mouvements rotatoires circulaires ou des mouvements d'amplitude très réduite, ils ne sont donc pas comptabilisés dans les

spermatozoïdes mobiles. Une note est attribuée à chaque éjaculat variant de 0 à 5 (Tableau 3). Cette estimation doit tenir compte donc de la vitesse de déplacement des spermatozoïdes, de la rectitude de celui-ci et de ses mouvements latéraux (Boussit, 1989 ; Baril *et al.*, 1993 ; Cabannes, 2008).

Tableau 3 : Echelle pour la notion de motilité individuelle

(Andrieu, 1976 citée par Boussit, 1989).

Note	Motilité
0	Spermatozoïdes immobiles
1	Les spermatozoïdes ont un mouvement de flagelle sans déplacement
2	les spermatozoïdes se déplacent lentement. Les mouvements circulaires dominant
3	Les spermatozoïdes ont des mouvements heurtés. Leur déplacement s'effectue le long d'une hélice de diamètre sensiblement à leurs longueurs 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

II.2.1.3. Viabilité

Afin d'évaluer la viabilité des spermatozoïdes, critère indispensable dans l'évaluation spermatique, plusieurs techniques de coloration existe on note : la coloration à l'éosine-nigrosine (la plus utilisée car permet simultanément l'évaluation de la morphologie et de la viabilité des spermatozoïdes), la coloration à l'iodure de propidium ou au trypan bleu. Les spermatozoïdes dont la membrane est endommagée, laissent pénétrer le colorant et apparaissent donc rose (éosine) sur fond bleu (nigrosine). Alors que les spermatozoïdes vivants ont une membrane intacte et apparaissent incolores.

Selon Boiti *et al.*, (2005) ; Arencibia et Rosario, (2009) ; les résultats de la viabilité sont classés comme suite :

- Plus de 70-80% : semence très bonne ;
- 70% : semence bonne ;
- De 60-69% : semence moyenne ;
- Moins de 60% : qualité mauvaise.

II.2.1.4. Concentration

Elle représente le nombre de spermatozoïdes présents par unité de volume de semence, généralement donnée par million de spermatozoïdes par millilitre (Boussit, 1989). La mesure est effectuée par numération à l'hématimètre, lame de Malassez, ou cellule de Thoma et permet de calculer pour chaque éjaculat, le nombre de spermatozoïdes totaux (Benchikh, 1995). Chez le lapin, l'étendu des valeurs de la concentration de la semence est estimé selon les publications de 100 à 2000 x10⁶ spermatozoïdes/ ml (Vaissaire, 1977 ; Adams et Singh, 1981 ; Lebas et *al.*, 1997).

II.2.1.5. Anomalies des spermatozoïdes

L'observation des anomalies demande une bonne connaissance de la morphologie des spermatozoïdes et pour cela des techniques de coloration ont été développées (exemple : la coloration éosine-nigrosine).

Les anomalies structurales des spermatozoïdes peuvent atteindre isolément ou simultanément les diverses parties du spermatozoïde (Boussit, 1989).

La tête peut présenter des anomalies de forme, de dimension, de position ou de structure de l'acrosome (Boussit, 1989).

Au niveau du col, on peut trouver une mauvaise implantation de la tête, de la queue ou une absence de cette dernière. On observe également parfois une persistance de la gouttelette cytoplasmique, signe de spermatozoïdes éjaculés immatures (Boussit, 1989).

La pièce intermédiaire peut être élargie, craquée, raccourcie, double, mal insérée au niveau de la tête, tandis que la pièce principale peut présenter des anomalies de longueur, de structure, de calibre, être enroulée sur elle-même ou autour de la tête (Derivaux, 1971).

Les différentes anomalies sont représentées dans la figure 5 (Kuzminsky et *al.*, 1996) :

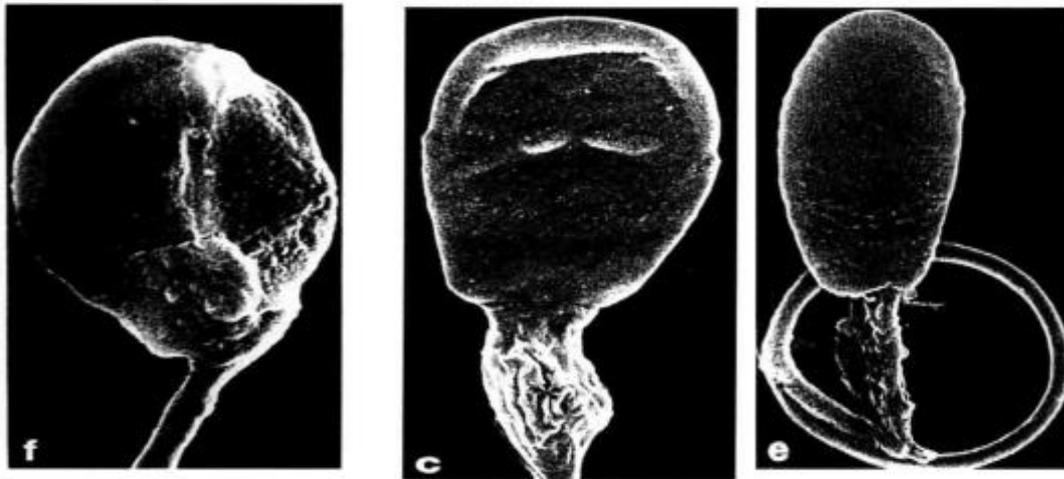


Figure 5 : les différentes anomalies touchant les spermatozoïdes (f1- double tête ; c2- gonflement de la pièce intermédiaire ; e3 : queue enroulée) (Kuzminsky et *al.*, 1996).

De nos jours, il existe des méthodes plus modernes pour l'évaluation de la semence on cite :

➤ **Computer assisted semen analysis « C.A.S.A. »**

Les systèmes CASA ont été développés dans le but d'une évaluation objective des paramètres de la motilité. Ces systèmes sont constitués d'un microscope à contraste de phase équipé par une plaque chauffante, et connecté à une caméra vidéo à haute résolution et un ordinateur (Cabannes, 2008)

Les paramètres évalués par le système C.A.S.A. sont représentés dans le tableau 4 (Theau-Clement et *al.*, 1996).

Tableau 4 : Paramètres de la motilité des spermatozoïdes et valeurs standards(Theau-Clement *et al.*, 1996).

Caractères	Valeur standard
Spermatozoïdes/ ml ($\times 10^6$)	250-600
Motilité progressive %	30-90
Volume (ml)	0.3-0.9
Ph	7.1
VCL ($\mu\text{m/s}$)	80-100
VSL ($\mu\text{m/s}$)	30-50
VAP ($\mu\text{m/s}$)	50-70
LIN (%)	35-80
STR (%)	40-80
ALH (μm)	2.0-6.0

➤ Cytométrie de flux

Technique de caractérisation individuelle, quantitative et qualitative de particule en suspension dans un liquide. Utilisée dans plusieurs domaines, permet de faire défiler des particules, molécules ou cellules à grande vitesse dans le faisceau d'un laser, en les comptant et en les caractérisant. C'est la lumière réémise par diffusion ou fluorescence qui permet de classer une population cellulaire suivant plusieurs critères et de les trier (Cabannes, 2008).

➤ L'intégrité de la membrane plasmique

L'intégrité membranaire est essentielle pour garantir la capacité fécondante du spermatozoïde. Habituellement, l'intégrité de la membrane plasmique est évaluée par coloration et observation en microscope optique (Cabannes, 2008).

De nombreux fluorochromes peuvent être utilisés pour cette évaluation en combinant deux colorants ainsi, la plupart des réactions de ces combinaisons sont temps-dépendantes car elles sont basées sur la conversion enzymatique d'un substrat en un produit fluorescent (sauf pour l'association SYBR-14 et PI (Propidium Iodide) (Cabannes, 2008).

Chapitre III :

**Facteurs influençant les
performances reproductives du mâle**

L'infertilité chez le lapin, comme toute autre espèce peut être due aux conditions environnementales où, l'on peut facilement corriger et donc ce dernier retrouve sa fonction reproductrice ; ou, à l'inverse c'est due à un phénomène infectieux qui aboutit à des cas irréversibles de stérilité.

Une concentration élevée de leucocytes pendant la spermatogénèse ou après l'éjaculation causée par une inflammation ou une infection peut réduire profondément l'intégrité de l'acrosome en augmentant la production des radicaux libres (Castellini, 2008).

Pour les facteurs liés aux conditions environnementales, nous citons :

I. Saisonnalité

Nombreuses études ont trouvé des variations sur les paramètres du sperme de lapin en fonction des conditions environnementales (Marai et *al.*, 2002 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Pascual et *al.*, 2004 ; Roca et *al.*, 2005 ; Schneidgenov et *al.*, 2011 ; Ain Baziz et *al.*, 2012 ; Theau-Clement et *al.*, 2015).

Par exemple, Theau-Clement et *al.*, 2015 ; ont observé qu'à l'exception de pH, toutes les caractéristiques du sperme de lapin étaient influencées par la saison à savoir une production importante de sperme en automne. Selon Sabbagh, 1983 ; le volume d'éjaculat et la concentration en spermatozoïdes sont au maximum au mois de Mars et au minimum au mois de Juillet. Schneidgenovà et *al.*, (2011) ont montré moins de motilité et de concentration des spermatozoïdes pendant la saison d'hiver. Les résultats obtenus lors d'une étude menée par El-Masry et *al.*, en 1994 ont montré que durant la saison chaude, il y a une diminution significative des taux de la testostérone.

II. Photopériode

Lebas et *al.*, 1996 ; indique que la quantité des spermatozoïdes présents dans les gonades soumis à un éclairage artificiel 8h sur 24h est plus importante que celle des mâles soumis à un éclairage de 16h sur 24h. Une autre étude montre qu'il n'y a aucun effet de l'intensité lumineuse sur la libido, la concentration et la motilité des spermatozoïdes (Besenfelder et *al.*, 2004).

Boiti, (2005), explique que la durée de l'exposition à la lumière influe sur l'axe hypothalamo-hypophysaire et par conséquent, sur la libération d'hormones et sur la production de spermatozoïdes.

III. Température

Les températures élevées, plus de 27°C, augmentent les valeurs du pH du sperme et le pourcentage des anomalies mais diminuent la mobilité des spermatozoïdes et la libido ; cela induit à l'infertilité (Alvarino, 2000).

IV. Alimentation

L'alimentation des mâles est un facteur important à maîtriser car les caractéristiques de la semence et la libido sont affectées lorsque le niveau des apports nutritionnels est insuffisant. En effet, un régime alimentaire ne contenant que 13% de protéines brutes entraîne une diminution du volume de l'éjaculat, de la concentration en spermatozoïdes (Joly et *al.*, 2000). Il est donc recommandé d'administrer des régimes avec plus de 15% de protéines brutes (Nizza et *al.*, 2000). D'après Castellini et *al.*, 2005 ; l'ajout de 2% de poisson ou de 20% de graines de lin à l'alimentation des lapins présente un effet positif sur les caractéristiques du sperme du lapin car ces derniers sont riches en acide gras n-3 qui apporte des modifications pertinentes sur la motilité et les traits cinétiques des spermatozoïdes.

Des carences en vitamine A peuvent provoquer des lésions de l'appareil génital et bloquer la spermatogénèse au niveau germinale (Chevrel et Cormier, 1948). Ces mêmes auteurs ont également montré que l'absence de la vitamine E dans la ration entraînait l'atrophie des testicules et la formation d'œdème interstitiel.

Fengyuan (1987), ont montré que le gossypol dans le tourteau de coton pouvait entraîner la dégénérescence des épithéliums séminifères.

Chapitre III Les facteurs influençant les performances reproductives du mâle

Il existe aussi d'autres facteurs intrinsèques liés à l'animal lui-même qui peuvent influencer leur performance de reproduction :

V. Race

La qualité et la quantité de la semence produite par les mâles, varie en fonction de leur origine génétique (Alvarino, 2000 ; Theau-Clément *et al.*, 2003; Lebas, 2009).

Une étude effectuée sur 4 races de lapins (Gabali « race locale en Egypte », New Zélandais, Californien et Rex) a montré que dans les conditions égyptiennes ; les lapins mâles de race New zélandaise semblent avoir une qualité médiocre de semence par rapport à celle des mâles des deux autres races importées (Anous *et al.*, 2017) .

Les résultats obtenus pour la motilité massale, le volume de l'éjaculat et le pourcentage des spermatozoïdes morts sont représenté dans le tableau 5 (Anous *et al.*, 2017).

Tableau 5 : Effet de la race sur quelques caractéristiques de qualité du sperme des lapins mâles (Anous *et al.*, 2017).

Caractéristique de la semence	New Zélandais	Californiens	Rex	Gabali
Motilité massale	4.06 ± 0.20	4.26 ± 0.31	5.06 ± 0.50	4.75 ± 0.40
Volume de l'éjaculat (%)	0.64 ± 0.10	0.79 ± 0.10	0.79 ± 0.20	0.55 ± 0.20
Spermatozoïdes morts (%)	6.86 ± 1.39	5.31 ± 2.60	3.64 ± 3.20	5.79 ± 2.70

L'Etude menée par Safaa *et al.*, en 2008 traitant l'évaluation de la semence chez deux lignée de lapin A et R n'a montré aucune différence sur le volume de l'éjaculat total, la concentration du sperme, la motilité et le pourcentage d'anomalie des spermatozoïdes entre les lignées. Par contre des variations ont été notées pour la viabilité et l'intégrité acrosomique en faveur de la lignée A.

VI. Effet individu

Castellini, 2008, cite que la variabilité des caractéristiques du sperme chez les lapins mâles est généralement élevée (Moce et *al.*, 2005) ; cependant, les caractéristiques du sperme de certaines souches génétiques exposées à des protocoles d'élevage stricts ont montré une plus faible variabilité à l'intérieur et entre les mâles (Theau-Clement et *al.*, 2003).

VII. Age

Le volume moyen du sperme, les concentrations moyennes des spermatozoïdes, ainsi que la fertilité et la taille de la portée à la naissance dépendent de l'âge des mâles. Globalement, ces paramètres augmentent avec le temps et des valeurs plus élevées sont observées chez les lapins de 5 à 24 mois par rapport aux mâles plus âgés (Miros et Mikhno, 1982).

Chapitre VI :

Protéines dans le plasma séminal

I. Généralités sur les protéines

Les protéines sont des grosses molécules d'acides aminés assurant la plus part des fonctions au sein d'une cellule vivante et tissus. Chaque protéine présente une fonction particulière, on a des protéines enzymatiques, d'autres qui participent à la production d'anticorps, d'autres assurent un rôle structurel au sein du cytosquelette « actine et collagène ». Les protéines sont aussi impliquées dans le transport de plusieurs hormones formant ainsi un complexe. Parmi les protéines vectrices citons l'albumine, une β -globuline spécialisée appelée SBP (Sex Steroid Binding Protein) et la CBG (Corticostéroïde Binding Globuline) (Vaissaire, 1977).

II. Profile protéique (protéome) du plasma séminal chez le lapin

La composition protéique du plasma séminal des mammifères varie selon les espèces et elle a des effets importants sur la fonction des spermatozoïdes (Mortarino et *al.*, 1998).

Chez le lapin, la plus part des études se sont focalisées sur les spermatozoïdes afin d'estimer le pouvoir fécondant d'un éjaculat, cependant, peu d'attention a été accordée au plasma séminale et plus particulièrement à l'étude des protéines séminales (Arruda-Alencar et *al.*, 2012 ; Casares-Crespo et *al.*, 2016 et 2017 ; Anous et *al.*, 2017 ; Bezerra et *al.*, 2019).

La concentration en protéines du plasma séminal des lapins mâles a été mentionnée dans de nombreuses études et les différentes valeurs sont résumées dans le tableau 6 en comparant avec d'autres espèces animales.

Tableau 6 : la concentration moyenne des protéines dans le plasma séminal chez différentes espèces (lapin, cheval, bélier, sanglier et homme).

L'espèce	La concentration moyenne des protéines dans le plasma séminal	Référence
Lapin	4-15 mg/100ml	Alvarino, 2000
Cheval	12,34 mg/ml	Garcia et <i>al.</i> , 2014
Bélier	25 mg/ml	Gundogan, 2005
Sanglier	30-60 mg/ml	Rogriguez-Martinez et <i>al.</i> , 2011
Homme	25-55 mg/ml	Lusignant, 2011

Récemment, deux équipes de recherches, une espagnole (Caseres-Crespo et *al.*, 2016 et 2017) et une autre brésilienne (Bezerra et *al.*, 2019) ont été intéressées par l'étude du profil protéique (le protéome) du plasma séminal.

Caseres-Crespo et *al.*, 2017 ont analysé le plasma séminal des lapins par l'application d'une nouvelle technique d'analyse ; nano LC-MS/MS. Cette équipe a pu identifier et quantifier 402 protéines parmi eux seulement 6 sont associées à la fonction de la reproduction.

Par la suite, en 2019, Bezerra et *al.*, ont caractérisé 137 protéines séminales différentes chez les lapins en utilisant la technique Electrophorèse bidimensionnelle et la spectrophotométrie de masse.

Chez le sanglier, comme exemple, le plasma séminal présente 374 protéines cependant, 20 d'entre elles ont été annotées comme étant liées à la reproduction (PérezPatino et *al.*, 2016).

Les protéines séminales les plus abondantes chez le lapin mâle sont par ordre (Caseres-Crespo et *al.*, 2016, Bezerra et *al.*, 2019) :

- **Sous unité d'hémoglobine zetalike :** c'est la protéine la plus abondante dans le plasma séminal des lapins. Elle a des rôles dans le transport de l'oxygène et la liaison du fer et elle agit contre la peroxydation lipidique. La présence d'une grande quantité de protéine de type hémoglobine zetalike dans le plasma séminal chez le lapin pourrait être nécessaire pour contrôler la peroxydation lipidique qui semble être causer par la présence des vésicules et des granules séminales riches en cholestérol. Cependant, elle a été corrélée à la fois au pourcentage des

spermatozoïdes présentant des dommages au niveau de la membrane et de l'acrosome.

- **Annexine** : ce sont des protéines de liaison aux phospholipides calcium dépendantes. Elles participent dans le signal de transduction, la fusion membranaire, l'exocytose et les processus anti-inflammatoire et anti-coagulation. L'annexine 5 est un anticoagulant qui semble avoir un effet positif sur le maintien de la viabilité des spermatozoïdes chez le lapin en tenant compte de ses corrélations positives avec plusieurs paramètres spermatiques tel que la mobilité, la concentration et le taux de spermatozoïdes normaux.
- **Lipocaline** : les lipocalines sont une famille diversifiée des protéines de transport extracellulaire qui présentent une forte affinité de liaison pour les molécules hydrophobes comme la testostérone. Chez le lapin, le plasma séminal contient de grande quantité de lipides et la présence de la lipocaline en quantité importante peut être nécessaire pour transporter ces substances. Les lipocalines sont également trouvées chez le sanglier et sont associées à la fertilité des taureaux.
- **Protéine FAM115** : le rôle biologique de cette protéine dans la semence de lapin reste inconnu et jusqu'à présent il n'existe aucune publication sur la présence de cette protéine dans le plasma séminale d'autres espèces animales (Caseres-Crespo et *al.*, 2016). Cependant, Bezerra et *al.*, (2019) ont mentionné que la protéine FAM115C et FAM115E identifiées dans le plasma séminal de lapin appartiennent à la famille des protéines des canaux TRP (transient receptor potential) qui participent à la régulation de la température. Les canaux TRP ont été trouvés au niveau de la vessie, les testicules et la prostate chez l'homme. Au niveau de la prostate, ils s'impliquent dans l'absorption du Calcium, le contrôle de l'osmolarité, la vasodilatation, la régulation de pH et l'apoptose.
- **Albumine** : c'est une protéine sécrétée par les glandes annexes et l'épididyme des mammifères comme l'homme, le taureau, le sanglier et le lapin. Il a été montré qu'il existe des liens positifs entre la présence de l'albumine et la motilité des spermatozoïdes chez le lapin d'un côté et le pourcentage des anomalies spermatiques chez l'homme d'un autre côté. Ces associations sont probablement liées à l'effet antioxydant de l'albumine qui protège la membrane cellulaire.

III. Relation entre les protéines séminale et les différents paramètres spermatiques

L'étude des protéines dans la semence de 4 races de lapins a montré que le pH est corrélé positivement avec quelques protéines séminales. De plus, les autres paramètres macroscopiques (la couleur, la densité et le volume) sont corrélés soit positivement soit négativement avec les différentes bandes protéiques identifiées par électrophorèse.

En revanche, aucune corrélation significative n'a été trouvée avec la libido, la concentration, le taux de mortalité et le taux d'anomalies des spermatozoïdes (Anous et *al.*, 2017).

Par contre, des corrélations significatives entre certaines protéines identifiées dans le plasma séminal des lapins d'une part, la concentration ($r = 0,63$), le pourcentage des spermatozoïdes normaux ($r = 0,74$), le pourcentage des spermatozoïdes avec des anomalies au niveau de la tête ($r = -0,64$), la mobilité ($r = 0,83$), le pourcentage des spermatozoïdes vivants avec acrosome intacte ($r = 0,65$), le pourcentage des spermatozoïdes présentant une membrane intacte ($r = 0,64$) ; d'autre part, ont été identifiées par différents auteurs (Arruda-Alencar et *al.*, 2012 ; Bezerra et *al.*, 2019).

IV. Facteurs de variations de la concentration des protéines dans le plasma séminal chez le lapin

IV.1. Race

L'effet de la race sur les protéines du plasma séminal chez les lapins a fait l'objet d'une publication scientifique en 2016. Lors de cette étude, Casares-Crespo et *al.*, ont analysé les protéines séminales de lignée A (lignée maternelle) et de la lignée R (lignée paternelle) par électrophorèse. Les résultats ont montré qu'il y a une différence significative entre les deux lignées concernant 7 bandes protéiques en faveurs de la lignée A, ce qui pourrait être l'une des causes expliquant les différences observées dans la fertilité et les paramètres séminaux de ces deux lignées dans des études antérieures. Dans le même contexte, le dosage de la concentration en protéines dans le plasma séminal a donné des moyennes plus élevées pour lignée A par rapport à la lignée R (22.1 ± 0.6 g/l vs 18.8 ± 0.8 g/l ; $P < 0,01$) (Safaa et *al.*, 2008).

IV.2. Saison

L'effet de la saison sur la composition protéique du plasma séminal a tiré l'attention des chercheurs après l'observation des données contradictoires concernant la différence dans le profil protéique du plasma séminal entre deux lignées de lapin A et R (Viudes de Castro et *al.*, 2004 ; Safaa et *al.*, 2008). Les auteurs ont attribués cette variabilité dans les résultats à l'existence possible de variations saisonnières dans la composition des protéines plasmatiques séminales chez cette espèce.

Les résultats obtenus par Casares-Crespo et *al.*, en 2016 indiquent une variation dans les protéines séminales en fonction de la saison. Ils ont noté une diminution de concentration de la protéine FAM115E (113 KDA) et de la NGF durant l'hiver, une augmentation de la sous unité d'hémoglobine zetalike en hiver et au printemps alors que l'annexine présente des valeurs importante en été.

IV.3. Alimentation

Plusieurs études se sont basées sur la supplémentation d'un produit à l'aliment ou à l'eau destiné au lapin (La lécithine de soja, l'acide folique, le sélénium organique, la vitamine E, le propolis, le glucose, ...) et testé par la suite l'effet de cette supplémentation sur la production et la qualité du sperme chez les lapins. Dans chaque étude les chercheurs ont noté une augmentation de la concentration des protéines dans le plasma séminal des lapin en parallèle à une amélioration de la qualité de la semence (Attia et *al.*, 2010 ; Attia et Kamel, 2011 ; Kamel, 2012 ; Hashem et *al.*, 2013 ; Elkomy et *al.*, 2015).

Partie Expérimentale

Chapitre I : **Matériel et méthodes**

I. Objectif

L'objectif principal de notre étude vise à déterminer la concentration en protéines dans le plasma séminale et sanguin prélevés sur des lapins mâles de population locale et de vérifier s'il y a une éventuelle relation entre les deux concentrations ou non.

II. Matériel et méthodes

II.1. Lieu et durée de l'expérience

L'expérience s'est déroulée au niveau du clapier de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger du 7 au 28 février. Toutefois, 2 prélèvements (14 et 28 février) ont été pris en considération durant notre étude.

II.2. Bâtiment

Le clapier s'étale sur une superficie de 72 m², construit en dur et possède une charpente métallique. L'aération statique est assurée par 6 fenêtres de type vasistas ainsi qu'une faitière tout le long du bâtiment ; l'éclairage est de type naturel.

II.3. Matériel d'élevage et conditions ambiantes

Le clapier est équipé de batteries, comprenant chacune 8 cages. Chaque cage, conçue en grillage métallique, mesure 59 cm de longueur, 54 cm de largeur et 35 cm de hauteur. Toutes les cages sont équipées d'une trémie d'alimentation et d'un système d'abreuvement automatique avec tétine. Les déjections sont directement réceptionnées sur sol carrelé.

I.4. Animaux

L'expérience a été réalisée sur 5 lapins mâles ; matures sexuellement et appartenant à la population locale dont les robes sont de différentes couleurs (Figure 6).



Figure 6 : Lapins mâles de population locale (photo personnelle).

II.5. Alimentation

Les animaux étaient nourris ad libitum avec un aliment de type granulé spécial lapin provenant de l'unité de fabrication de l'aliment de bétail de Khmis El Khechna (Alger). Il est composé de maïs, tourteau de soja, luzerne, son, calcaire, phosphate bicalcique et CMV spécial lapin.

II.6. Conduite expérimentale

Les étapes expérimentales concernent :

- L'étude des paramètres d'ambiances et des paramètres zootechniques ;
- Le prélèvement sanguin ;
- La collecte de la semence ;
- Le dosage des protéines dans le plasma sanguin et le plasma séminal.

II.6.1. Paramètres d'ambiances et les paramètres zootechniques

La température et l'hygrométrie de clapier sont mesurées quotidiennement à 9h du matin et à 13h ; à l'aide d'un thermo-hygromètre digital.

Le poids corporel et la consommation alimentaire des lapins utilisés ont été mesurés toutes les semaines à l'aide d'une balance électronique.

II.6.2. Prélèvement sanguin

Selon notre protocole expérimental, la prise de sang est programmée une fois chaque deux semaines le premier prélèvement a été effectuée le 14 février et le deuxième le 28 du même mois.

II.6.2.1. Lieu de prélèvement

Au niveau de la veine marginale de l'oreille.

II.6.2.2. Technique

- La vérification de l'état générale du lapin est de mise afin de savoir si l'on procède à un prélèvement ou non ;
- Après une contention de l'animal ; désinfecter la face de l'oreille, épiler manuellement et frotter légèrement la base de l'oreille pour faire gonfler les vaisseaux sanguins ;
- D'une main, tendre l'oreille et avec l'autre, insérer l'aiguille dans la veine ;
- Récolter le sang dans un tube de prélèvement hépariné ;
- Retirer l'aiguille, effectuer une pression pour arrêter le saignement et vérifier cet arrêt avant de retourner l'animal dans sa cage.

II.6.2.3. Centrifugation

Des tubes de sang hépariné obtenus est assuré à l'aide d'une centrifugeuse réglée à 5000 tours/minute pendant 20 minutes ; le résultat obtenu est un culot riche en globules rouges au fond du tube et en surface le surnageant contenant le plasma sanguin.

II.6.2.4. Séparation

Le plasma sanguin obtenu a été prélevé à l'aide d'une micropipette et aliquoté dans des tubes eppendorf pour sa conservation au congélateur jusqu'au moment de l'analyse.

II.6.3. Collecte de la semence

La collecte de la semence est effectuée une fois par semaine avec deux éjaculats successifs séparés par 10 à 20 minutes (Boulbina, 2011) et cela, entre 9 heures et 11 heures du matin. A la fin de chaque séance de collecte, nous avons procédé au pool des deux éjaculats successifs pour un même lapin.

On note que ces lapins mâles étaient déjà entraînés à la collecte.

II.6.3.1. Préparation du matériel de collecte

La semence est collectée à l'aide d'un vagin artificiel en silicone ; qui est lavé avec l'eau chaude et javellisée puis rincé à l'eau courante et séché. Ce dernier est plongé dans de l'eau chaude et n'est utilisé que lorsque sa température se situe entre 40 et 45°C (Morrell, 1995).

II.6.3.2. Description de la technique de récolte

La femelle est introduite dans la cage du mâle, une fois que ce dernier essaie de la chevaucher, nous immobilisons rapidement le corps de celle-ci avec la main gauche placée sur le dos. Alors que la main droite portant le vagin artificiel est mise entre les pattes arrières proche du périnée et le pénis du mâle est dirigé avec les doigts en direction du vagin artificiel. Lorsque le mâle éjacule, il tombe en arrière ou à côté et émet parfois un cri caractéristique (Figure 7).



Figure 7 : récolte de semence à l'aide d'un vagin artificiel (photo personnelle).

Une fois le sperme récolté, les prélèvements sont acheminés vers le laboratoire et placés dans un bain marie à 37°C pour procéder ensuite à la centrifugation.

II.6.3.3. Centrifugation

Le principe de la centrifugation est de séparer le plasma séminal des spermatozoïdes. Le sperme récolté subit une centrifugation à 10.000 tours/minute pendant 20 minutes.

II.6.3.4. Séparation

Après l'étape décrite ci-dessus, on prélève le liquide séminal à l'aide d'une micropipette et l'aliquoter dans des tubes eppendorf pour sa conservation au congélateur jusqu'au moment de l'analyse.

II.6.4. Dosage des protéines dans le plasma sanguin et le plasma séminal

La détermination quantitative des protéines totales est effectuée par la technique *Biuret colormétrique*. Le kit de dosage utilisé appartient à la marque SPINREACT (Espagne, Figure 8).

II.6.4.1. Principe de la méthode

En milieu alcalin, les protéines donnent une couleur violette/bleue en présence de sels de cuivre ; ces sels contiennent de l'iodure qui agit comme un antioxydant. L'intensité de la couleur formée est proportionnelle à la concentration de protéines totales dans l'échantillon testé.

II.6.4.2. Description de la technique de dosage

a. Matériel et produits nécessaires pour le dosage

- Le kit de dosage des protéines (Réactif R = Biuret / Standard = albumine bovine 7 g/dl) ;
- Un spectrophotomètre pour la lecture à 540 nm ;
- Un bain marie ou étuve réglé à 37°C ;
- Des cuves à spectrophotomètre ;
- Des micropipettes réglables à 25 µl et 1000 µl.

b. Technique de dosage

- Régler le spectrophotomètre sur zéro en fonction de l'eau distillée ;
- Pipeter dans une cuvette (Figure 9) :

	Blanc	Standard	Echantillon
Réactif R (ml)	1	1	1
Standard (µl)	---	25	---
Echantillon (µl)	---	---	25

- Vortexer le mélange ;
- Incuber à 37°C pendant 5 minutes ;
- Placer la cuvette dans le spectrophotomètre et procéder à la lecture à 540 nm de l'absorbance (A) du standard et de l'échantillon, en comparaison avec le blanc du réactif.

c. Calcul

$$\frac{(A)_{\text{Echantillon}} - (A)_{\text{Blanc}}}{(A)_{\text{Etalon}} - (A)_{\text{Blanc}}} \times 7 \text{ (la concentration du standard)} = \text{g/dl de protéines totales}$$



Figure 8 : Kit de dosage des protéines totales SPINREACT : réactif et standard (Photo personnelle).



Figure 9 : Cuves comportant le liquide séminal et le réactif biuret (photo personnelle).

III. Analyse statistique

Les différents résultats sont décrits par la moyenne et l'écart-type ou bien la moyenne et l'erreur standard (SE, calculée à partir de l'écart-type selon la formule : $SE = \text{Ecart type} / n^{0,5}$; n étant la taille de l'échantillon).

Chapitre II :

Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous allons exposer et discuter les résultats obtenus dans notre travail. L'objectif de ce dernier est la mesure des protéines dans le plasma sérial et le plasma sanguin chez les lapins reproducteurs de population locale, mais également, essayer de trouver une éventuelle relation entre les concentrations des deux milieux.

I. Paramètres d'ambiances

Le tableau 7 regroupe les valeurs de la température et de l'hygrométrie ambiantes diurnes moyennes, enregistrées au cours de la période expérimentale. Les valeurs moyennes enregistrées lors des deux jours de prélèvements sont également présentées dans ce même tableau.

Tableau 7 : Température et hygrométrie ambiantes moyennes enregistrées au cours de l'expérimentation (moyenne \pm écart type).

	Température	Hygrométrie
	moyenne	Moyenne
Période de prélèvement (février)	13,5 \pm 2,4	74,2 \pm 7,2
Jour de 1 ^{er} prélèvement	12,9 \pm 3,6	74,4 \pm 11,4
Jour de 2 ^{ème} prélèvement	16,4 \pm 1,8	73,2 \pm 15,8

Durant notre essai, la température et l'hygrométrie diurne moyenne enregistrée atteignent respectivement 13,5 \pm 2,4°C et 74,2 \pm 7,2% mettant ainsi les lapins justes au-dessous de leur zone de confort thermique située entre 15 et 20 °C selon Finzi (1990) et Moussa-Balabel (2004). De point de vue jour de prélèvement, la même observation a été tirée lors du 1^{er} prélèvement. Par contre, on note une augmentation de la température enregistrée qui atteint 16,4 \pm 1,8°C et une légère diminution de l'hygrométrie à 73,2 \pm 15,8% le jour de 2^{ème} prélèvement. Cette augmentation de température remet les animaux dans leur zone de confort thermique et cela concerne toute la dernière semaine d'essai où la température et l'hygrométrie moyenne enregistrée était de 16,7 \pm 0,2°C et de 70,8 \pm 6,3% respectivement.

Contrairement aux températures ambiantes élevées (stress thermique), les températures faibles (inférieures à 10°C, voire 0°C) ne semblent nullement perturber les lapins dans leurs activités sexuelles (Lebas, 2009).

II. Paramètres zootechniques

Le tableau 8 regroupe l'ensemble des résultats de l'ingéré alimentaire et du poids moyennes mesurés pendant toute la durée de notre expérience.

Tableau 8 : Poids et consommation moyens mesurés au cours de l'expérimentation
(Moyenne± erreur standard).

	Moyenne	Minimum	Maximum
Poids (g)	3110,6±63,2	2872,3	3440,3
Ingéré alimentaire (g/individu /j)	135,6±6,2	97,6	160,1

Le poids moyen des lapins mâles de population locale mesuré entre la première et la dernière semaine expérimentale est de 3110,6 g. Cette valeur est très proche à celle trouvée par Boulbina en 2011 et Mokdad en 2019 (3151,7g et 3227,7g respectivement). Ces auteurs, ont travaillé dans leurs expériences avec des mâles sexuellement mature de la même population et dans les mêmes conditions expérimentales que les notre.

La consommation moyenne quotidienne calculée au cours de notre essai est de 135,6g. Cette valeur est légèrement supérieure à 129,6g mesuré durant la saison hivernale sur des lapins mâles de population locale (Mokdad, 2019).

III. Concentration des protéines dans le plasma séminal

Le tableau 9 représente les résultats obtenus après dosage des protéines totales dans le plasma séminal des lapins mâles de population locale.

Tableau 9 : Concentration moyenne des protéines totales dans le plasma séminal des lapins mâles de population locale (Moyenne \pm erreur standard)

	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	moyenne
Protéines (g/dl)	1,85 \pm 0,12	1,95 \pm 0,23	1,9 \pm 0,12
Minimum (g/dl)	1,5	1,22	1,22
Maximum (g/dl)	2,06	2,47	2,47

Chez les lapins reproducteurs de notre population, les protéines représentent en moyenne 1,9 \pm 0,12 g/dl de plasma séminal. A notre connaissance, la concentration des protéines dans le plasma séminal des lapins de population locale n'a pas été mesurée jusqu'à présent et nous n'avons trouvé aucune publication sur ce sujet.

Toutefois, des études réalisées par différents chercheurs, dans différents pays et dans différentes conditions expérimentales ont montré des concentrations protéiques très variables dans le plasma séminal des lapins reproducteurs. Chez le lapin Néo-Zélandais élevé en Egypte, les protéines séminales varient de 2,1 g/dl à 5,63 g/dl (El-Masry et *al.*, 1994 ; Attia et *al.*, 2010 ; Hashem et *al.*, 2013). En Egypte toujours, deux études différentes sur les mâles de lignée V ont donné des valeurs très éloignées : 1,36 g/dl et 5,35 g/dl (Elkomy et *al.*, 2015 et Attia et Kamel, 2011 respectivement). Cependant, des concentrations très proches de nos résultats ont été rapportées par Safaa et *al.*, (2008) dans une étude faite en Espagne du mois d'avril au mois de juin, sur des lapins mâles de deux lignées de la race Néo-Zélandaise (lignée A : 2,2g/dl et lignée R : 1,88g/dl).

Cette variabilité dans les résultats est liée probablement à la variabilité dans les protocoles expérimentaux utilisés dans les différentes études (race, âge et saison). Le type génétique des mâles, leur âge, leur statut sanitaire, les conditions environnementales (saison, photopériode, température, ...), l'alimentation, le rythme et les conditions de collecte influencent les caractéristiques de la semence (Alvarino, 2000 ; Castellini, 2008).

Par ailleurs, une légère variation de la concentration moyenne en protéines a été remarquée entre les prélèvements de la première et de la deuxième semaine (tableau 9) avec un écart de juste 5%.

Par contre, nos résultats montrent que ce paramètre mesuré dans le plasma séminal varie en fonction des mâles (Figure 10). La concentration moyenne en protéine pour le lapin 3 et le lapin 5 est la plus élevée (2,25 g/dl) par rapport au lapin 1 où la concentration est la plus faible (1,44 g/dl) avec un écart de + 36%.

Des corrélations significatives entre certaines protéines identifiées dans le plasma séminal des lapins et la qualité de la semence ont été signalées dans différents travaux scientifiques (Arruda-Alencar et *al.*, 2012 ; Anous et *al.*, 2017 ; Bezerra et *al.*, 2019).

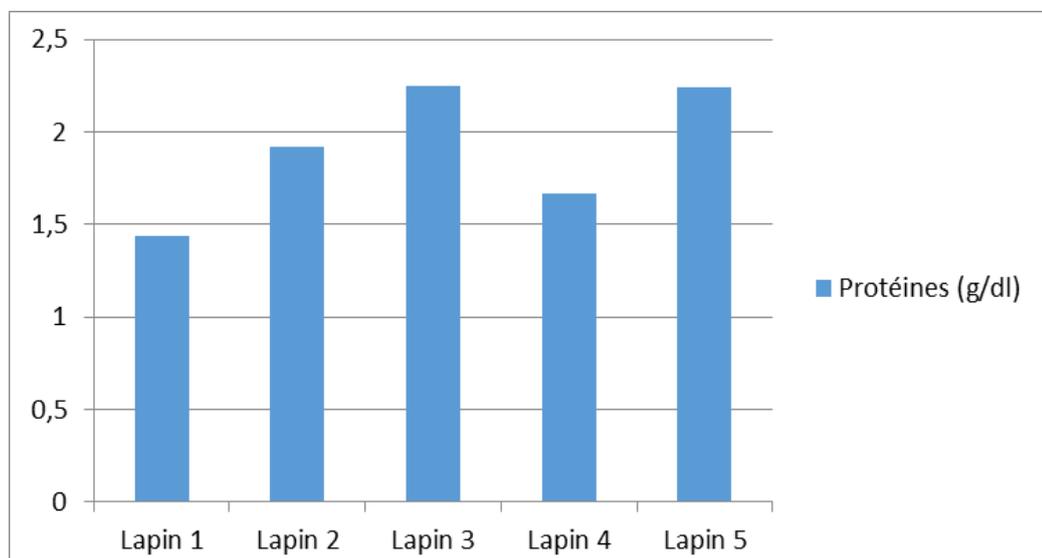


Figure 10 : Variation de la concentration moyenne des protéines dans le plasma séminal en fonction des lapins mâles de population locale.

De ce qui précède, on peut conclure que les lapins 3 et 5 pourraient être les meilleurs reproducteurs dans le groupe des mâles étudiés en prenant compte des corrélations déjà trouvées dans les études précédentes.

Au sein d'une même population, nous observons chez les lapins de même âge et soumis aux mêmes conditions de production, une variabilité individuelle. Elle pourrait être due à la fois aux facteurs génétiques et/ou environnementaux (Battaglini et *al.*, 1992 ; Bencheikh, 1993 ; Roca et *al.*, 1993 ; Theau-Clément, 1994 ; Bencheikh, 1995 ; Mocé et *al.*, 2005 ; García-Tomás et *al.*, 2006 ; Castellini, 2008 ; Theau-Clément et *al.*, 2009).

Cette importante variabilité entraîne une diminution de la répétabilité et de l'héritabilité des caractéristiques de la semence et rend l'amélioration génétique difficile à réaliser (Castellini, 1996 ; Castellini, 2008).

IV. Concentration des protéines dans le sang

Le tableau 10 représente la moyenne de la concentration des protéines dans le plasma du sang des lapins mâles de population locale.

D'après Atchadé et *al.*, J. Appl. Biosci., (2019) ; les protéines totales représentent l'un des paramètres biochimiques sériques les plus évalués.

Tableau 10 : Concentration moyenne des protéines totales dans le sang des lapins mâles de population locale (Moyenne \pm erreur standard).

	1 ^{er} prélèvement	2 ^{ème} prélèvement	Moyenne
Protéines (g/dl)	7,30 \pm 0,16	7,16 \pm 0,3	7,23 \pm 0,16
Minimum (g/dl)	6,74	6,2	6,2
Maximum (g/dl)	7,67	7,8	7,8

Dans nos conditions expérimentales, le dosage des protéines dans le plasma sanguin à donner une valeur moyenne de 7,23 g/dl avec une concentration maximale de 7,8 g/dl et une concentration minimale de 6,2 g/dl, toutes les deux enregistrées dans les prélèvements de la 2^{ème} semaines. En comparant les deux prélèvements, le premier montre une concentration moyenne légèrement plus élevée par rapport au deuxième avec un faible écart d'environ 2%.

Nos résultats corroborent avec ceux rapportés par El-Masry et *al.*, (1994) mesurées en hiver sur des lapins Néo-Zélandais âgés entre 12 et 15 mois où la valeur mentionnée est de 7,1 g/dl. Cependant, des concentrations varie entre 4,85 et 8,58 g/dl de protéines dans le sang ont été décrites dans la bibliographie (El-Masry et *al.*, 1994 ; Chiericato et Rizzi, 1999 ; Attia et *al.*, 2010 ; Attia et Kamel, 2011 ; Hashem et *al.*, 2013 Elkomy et *al.*, 2015). Cette variabilité dans les résultats est liée probablement à la variabilité dans les protocoles expérimentaux utilisés dans les différentes études (race, âge, saison et alimentation). D'une manière générale et sans

prendre en considération ni le sexe ni la race des lapins adulte, la concentration en protéines totales dans le plasma sanguin est comprise entre 5,4 – 7,5 g/dl (MediRabbit.com).

V. Relation entre la concentration des protéines dans le plasma séminal et le plasma sanguin

Le tableau 11 représente d'un côté, la moyenne des rapports entre la concentration de protéines mesurées dans le plasma séminal et celles mesurées dans le sang et d'un autre côté, le coefficient de corrélation entre les deux dosages biochimiques réalisés.

Tableau 11 : la relation entre les protéines dans le plasma séminal et le plasma sanguin

(Moyenne ± erreur standard).

	Concentration des protéines dans le plasma séminal / concentration des protéines dans le sang	Coefficient de corrélation (r)	P
Premier prélèvement	0,26 ± 0,02	0,88	S
Deuxième prélèvement	0,28 ± 0,02	0,64	N.S
Moyenne	0,27 ± 0,02	0,66	S

P : signification de la corrélation (r) au seuil de 5%.

Dans nos conditions expérimentales, la concentration en protéines dans le plasma séminal des lapins sexuellement matures de population locale est nettement inférieure à celle dans le sang, elle ne représente en moyenne que 27% de la protéinémie de ces même sujets. De plus, l'effet semaine de prélèvement semble être nul sur le rapport calculé car les valeurs enregistrées sont très proches (26% et 28%). En comparaison aux données bibliographiques, nos résultats corroborent ceux d'Elkomy et *al.*, (2015) avec un rapport entre la concentration en protéines dans le plasma séminal et la protéinémie de 0,28. Par ailleurs, des taux plus importants ont été tirés à partir des résultats de certains travaux de recherche allant de 0,32 à 0,88 (El-Masry et *al.*, 1994 ; Attia et *al.*, 2010 ; Hashem et *al.*, 2013).

Les mécanismes biochimiques responsables de la différence entre le plasma séminal et sanguin concernant les différents constituants biochimiques ne sont pas connus, mais elle

pourrait être due à des processus hydrolytiques post éjaculatoire dans le sperme. La plupart des différences sont probablement dues à une production sélective et/ou une séquestration de certaines substances dans les glandes annexes (Rosecrans et *al.*, 1987).

L'étude de la relation entre la concentration en protéines dans le plasma séminale et le sang a montré une corrélation positive entre les deux mais avec une faible signification ($P = 0,03$). Dans le même contexte, Aucune corrélation n'a été trouvée par Feng et *al.*, (2015) entre les dosages des protéines dans le plasma séminal et le sang provenant de 36 hommes infertiles ($r = 0,063$). Ce résultat pourrait suggérer que les protéines séminales ne proviennent pas directement du sang mais leur origine pourrait être certaines cellules de l'appareil reproducteur mâle. Cependant, l'étude des prélèvements de 916 hommes dont l'objectif est de déterminer l'origine de l'albumine séminale a suggéré une origine testiculaire, épидидymaire et prostatique en plus de la contribution du sang (Elzanaty et *al.*, 2007).

Dans nos conditions expérimentales, il est difficile de conclure sur ce paramètre qui nécessite un nombre élevé de prélèvement avec un effectif plus important et une durée d'essai plus longue.

Conclusion

La présente étude a pour but majeur la valorisation du plasma séminal par l'analyse de ses constituants biochimiques notamment les protéines chez des lapins reproducteurs appartenant à la population locale.

Dans cette étude, qui semble être la **première à mesurer les protéines totales dans le plasma séminal du lapin local en Algérie**, nous avons principalement pu :

- Maîtriser la technique de récolte de la semence chez le lapin par un vagin artificiel
- Maîtriser la technique de prélèvement sanguin chez le lapin
- Maîtriser la technique de dosage des protéines totales
- Acquérir une certaine expérience dans la gestion d'une expérimentation sur des lapins (contention, poids, consommation, paramètres d'ambiance,...ect).

Les résultats obtenus suite à notre essai nous permettent de conclure que :

- Le poids moyen des lapins mâles adultes de population locale est de 3110,6 g
- La consommation moyenne quotidienne d'un lapin mâle adulte est de 135,6g.
- La concentration moyenne des protéines totales dans le plasma séminales des lapins de notre population est estimée à $1.9 \pm 0,12$ g/dl.
- La concentration moyenne des protéines dans le sang des lapins reproducteurs de population locale est estimée à $7,23 \pm 0,16$ g/dl.
- La quantité des protéines dans le plasma séminal est toujours inférieure à celle mesurée dans le sang avec un rapport moyen de 0,27.
- La relation entre la concentration en protéines dans le plasma séminal et le sang a montré une corrélation positive entre les deux mais avec une faible signification ($P = 0,03$). Ce résultat laisse suggérer qu'il y a une éventuelle contribution du sang dans les protéines séminales.

Cette étude mériterait d'être complétée par d'autres travaux en utilisant un nombre plus important de sujets et sur une durée d'étude plus longue pour avoir plus d'échantillons. En parallèle, étudier les facteurs influençant sur la concentration en protéines de la semence des lapins de population locale ainsi que la relation entre cette concentration et les différents paramètres quantitatifs et qualitatifs de la semence.

Références bibliographiques

- Adams CE., Singh MM.,1981:** semen characteristics and fertility of rabbits subjected to exhaustive use. *Lab. Anim.*, 15, 157-161.
- Agrawal Y., Vanha-Pertulla T., 1987:** Effect of secretory particles in bovine seminal vesicle secretion on sperm motility and acrosome reaction. Department of Anatomy, University of Kuopio, P.O. Box 6, 70211 Kuopio, Finland: *Journal of Reproduction and Fertility Ltd.*
- Ain-Baziz H., Boulbina I., Ilès I., Belabbas R., Zenia S. and Temim S., 2012:** Influence of environmental temperature and relative humidity on semen characteristics in male. *World Rabbit Science Association Proceedings 10th World Rabbit Congress– Sharm ElSheikh –Egypt*, 347- 350.
- ALVARIÑO J.M.R., 2000:** Reproductive performance of male rabbits.7th world rabbit congress, 4-7 juillet, Valencia (Spain), 28p.
- Andrieu R., Courot M., 1976 :** Congélation du sperme de lapin en vue de l'insémination artificielle. *Congr. Int. Cuniculture, Dijon*, comm 67: 1-7.
- Aniboni Z., Liozzi G., Aldjian M., Uzi L., 2004:** Fatty acid and tocopherol composition of semen components in the rabbit. Puebla, Mexico: 8th World Rabbit Congress.
- Anous M.R., Abdellah E.B., Abdou A., El-badawy A.A., 2017:** Semen quality characteristics and plasma seminal protein patterns of different egyptian rabbit bucks.. *Egyptian J. Anim. Prod.* (2017) 54(3):215-222.
- Atchadé T., Segbedji G., Mensah S., Houndonougbo M.F., Attakpa S., J.Appl. Biosci, 2019 :** Paramètres biochimiques sériques des lapins (*Oryctolagus cuniculus linnaeus*, 1758) nourris avec des aliments à base de ressources alimentaires d'Afrique de l'Ouest: Synthèse bibliographique. *Journal of Applied Biosciences*.138: 14060 - 14071.
- Arencibia Arrebola D.F., Rosario fernandez L.A., 2009 :** Consideraciones prácticas acerca de la calidad del semen de conejos aplicado en estudios de toxicología de la fertilidad. Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).
- Arruda J., Neto A.V., Souza C.E.A., Martins J. A. M. 2012:** Major proteins of the seminal plasma of New Zeland white rabbits and association with semen criteria. *World Rabbit Science Association*.

- Attia Y., El Hamid AEA., Bovera F., El-Sayed M., 2010:** Oral glucose supplementation improved semen quality and constituents of seminal and blood plasma of NZW buck rabbits in the subtropics. *Open Access Animal Physiology*.
- Attia Y. and Kamel K.I., 2011:** Semen quality, testosterone, seminal plasma biochemical and antioxidant profiles of rabbit bucks fed diets supplemented with different concentrations of soybean lecithin. *egypt : Animal and Poultry Production Department, Faculty of Agriculture, Damanhour University, Damanhour 22516, Egypt*.
- Baril G., Chemineau P., Cognie Y., Guérin Y., Leboeuf B., Orgeur P., Vallet J-C., 1993 :** Manuel de formation pour l'insémination artificielle. Station de la physiologie de la reproduction institut nationale de la recherche agronomique (INRA).
- Barone R., 2010 :** Anatomie comparée des mammifères domestiques. PARIS: VIGOT.
- Battaglini M., Castellini C., Lattaioli P., 1992:** "Variability of the main." *App. Rabbit Res*, 15: 439-446.
- Bedford J.M., 1963:** morphological changes in rabbit spermatozoa during passage through the epididymis. Department of Physiology, Royal Veterinary College, London, N.W.1.
- Bell DJ., Mitchell S., 1984:** Effects of female urine on growth and sexual maturation in male rabbits. *Reproduction and Fertility*.
- Bencheikh N., 1993 :** "Production de sperme et fertilité du lapin mâle *Oryctolagus cuniculus* : Effet de la fréquence de collecte et du type génétique." Thèse d'état, Ecole Nationale Agronomique de Toulouse.
- Bencheikh N., 1995 :** Effet de la fréquence de collecte de la semence sur les caractéristiques du sperme et des spermatozoïdes récoltés chez le lapin. *Annales de zootechnie (ISSN : 0003-424X)*.
- Berland M.A., Ulloa-Leal C., Barría M., Wright H., Dissen G.A., Silva M.E., Ojeda S.R., Ratto M.H., 2016 :** Seminal Plasma Induces Ovulation in Llamas in the Absence of a Copulatory Stimulus: Role of Nerve Growth Factor as an Ovulation-Inducing Factor. *Endocrinology*, Volume 157, Issue 8, 1 August 2016.

- Besenfelder U., Theau-Clément M., Sabbioni E., Castellini C., Renieri T., Havlicek V., Huber T., Wetscher F., Mösslacher G., Brem G., 2004:** Effects of different light intensities on quality of spermatozoa in rabbits. *World Rabbit Science*, 12,227-234.
- Bezerra M.J.B., Arruda-Alencara J.M., Martins J.A.M., Viana A.G.A., Viana Neto A.M., Rêgo J.P.A., Oliveira R.V., Lobo M., Moreira A.C.O.,vMoreira R.A., Moura A.A., 2019:** Major seminal plasma proteome of rabbits and associations with sperm quality.
- Bilbao M.M., 1996 :** Manejo en inseminación artificial: factores que afectan a la calidad seminal y al índice de fertilidad. *Boletín de Cunicultura*.
- Boiti C., Chiericato G.M., Filotto U., Canali C., 1992:** Effects of hifg environmental temperature on plasma testosterone, cortisol, T3 and T4 levels in the growing rabbit. *J. appl. rabbit.res.* ,15; 447-455.
- Boiti C., Castellini C., Besenfelder U., Theau-Clément M., Liguori L., Renieri T., Pizzi F., 2005:** Guidelines for the handling of rabbit bucks and semen. *World Rabbit Science*.
- Boulbina I., 2011 :** "carectérisation de la semence du lapin de la population locale." mémoire de magistère ENSV d'ALGER.
- Bourcier R., 1973:** Contribution à l'étude de la physiologie sexuelle de la lapine: application à l'insémination artificielle.
- Bousseau S., 1994 :** technique, recolte et conservation du sperme, journée de L'AERA. associastion pour l'etude de la reproduction animale, Maison-Alfort.
- Boussit D., 1989 :** Reproduction et insémination artificielle en cuniculiculture. paris : Association française de Cuniculture.
- Breitbart H., Rubinstein S., 1982:** Characterization of Mg²⁺- and Ca²⁺ATPase activity in membrane vesicles from ejaculated ram seminal plasma. *Archives of Andrology*, 9:2,147-157, DOI: 10.3109/01485018208990233.
- Cabannes C.R., 2008 :** Comparaison des méthodes d'évaluations de la qualités de la semence dans l'espèces bovine, canine et humaine . These de doctorat vétérinaire, Ecole nationale Vétérinaire de Toulouse.

Campos ACN., Gadelha CRF., Guerreiro MEF., Pereira ES., Lima ICS., Linard MAB., Meneses HM., Castelo-Branco KF., Estevam FNL., 2014 : "Male Rabbit Reproductive Physiology." Standard Research Journal.

Craplet C., 1952 : Reproduction normale et pathologique des bovins. université cornell: Vigot Frères.

Casares-Crespo L., Talaván AM., Viudes-de-Castro MP., 2016 : Can the Genetic Origin Affect Rabbit Seminal Plasma Protein Profile along the Year?

Casares-Crespo L., Fernández-Serrano P., Vicente J.S., Marco-Jiménez F., Viudes-de-Castro M.P., 2017 : Rabbit seminal plasma proteome: The importance of the genetic origin . Animal Reproduction Science.

Castellini C., Bizzarri A.R., Cannistraro S., 1996: "Water volume of rabbit spermatozoa measured by electron paramagnetic resonance at different temperatures." 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 2: 55-58.

Castellini C., Lattaioli P., Moroni M., Minelli A., 2000: Effect of seminal plasma on the characteristics and fertility of rabbit spermatozoa. Animal Reproduction Science. 63: 275 – 282.

Castellini C., Cardinali R., Lattaioli P., Dal Bosco A., 2005: Comparison of different dietary sources of PUFA n-3 on semen characteristics of rabbit bucks. Repr. Dom. Anim. (Abstr. 386), 180.

Castellini C., Besenfelder U., Pizzi F., Theau-Clément M., Vicente J.S., Renieri T., 2006: Developments in the investigation of rabbit semen and buck management. Maertens and P. Coudert (eds). Recent Advances in Rabbit Sciences. Institute for Agricultural and Fisheries Research. 53-68.

Castellini C., 2008: Semen production and management of rabbit bucks. World rabbit congress, 10-13 juin 2008, Verona (ITALY), p, 265-277.

Castellini C., Mourvaki E., Dal Bosco A., Galli F., 2007: Vitamin E biochemistry and function, a case study in male rabbit. Reprod. Domest. Anim., 42, 248-256.

Chevrel ML., Cormier M., 1948 : Effet de la carence en vitamine A sur le système génitale male du lapin. CR acad. sci 226, 1854.

- Chiericato G.M. (Padua Univ. (Italy) Dipartimento di Scienze Zootecniche), Rizzi C. Canali, C., Boiti, C. Istituto di Fisiologia Veterinaria, 1999 :** Endocrine profile of growing female rabbits from weaning to puberty age.
- COOKSLEY HF., LASLEY JF., 1963:** seasonal rythm in the fertility of the male domestic rabbit. small stock mag., 47-10.
- Del Niño Jesus A., Muñoz L., Josa A., Espinosa E., Gracia M., Martinez G., Leuza MP., 1997 :** Modifications of some parameters of the rabbit ejaculate after ablation of the vesicular gland. World Rabbit Science.
- Derivaux J., 1971 :** Reproductions chez les animaux domestiques. Liège, Belgique : Ed Derouaux.
- El-Hajj Ghaoui R., Thomson P.C., Evans G., Maxwell W.M., 2004:** Characterization and localization of membrane vesicles in ejaculate fractions from the ram, boar and stallion. Faculty of Veterinary Science, The University of Sydney, NSW 2006, Australia.
- Elkomy E., El-hady A.M., Elghalid A.O., 2015:** Dietary Boron Supplementation and its Impact on Semen Characteristics and Physiological Status of Adult Male Rabbits. Asian Journal of Poultry Science 9(2):85-96.
- El-Masry K.A., Nasr A.S., Kamal T.H., 1994:** Influences 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 Science.
- El-Tohamy M.M., Kotp M.S., El-Nattat W.S., Mohamed A.H., 2012:** "Semen Characteristics and Oxidative/Antioxidati in Semen and Serum of Male Rabbits Supplemented with Antioxidants during Heat Stress." Department of Animal Reproduction and Artificial Insemination, Veterinary Research Division, National Research Center, Cairo, Egypt.
- Elzanaty S., Erenpreiss J., Becker C., 2007:** "Seminal plasma albumin: origin and relation to the male reproductive parameters." Fertility Centre, Malmö University Hospital, SE 205 05 Malmö, Sweden.

- Feng R., Lu J., Zhang H., Lü N., 2015:** "A Pilot Comparative Study of 26 Biochemical Markers in Seminal Plasma and Serum in Infertile Men." *BioMed Research International*, vol. 2015.
- Fengyuan L., 1987:** *Effect of cottonseed cake containing gossypol on antispermatogenesis of male rabbit.* *Acta vet zootech Sinica* 18, 18-22.
- Finzi A., 1990:** "Ricerca per la selezione di ceppi di coniglio termotolleranti." Istituto di Zootecnia, Università di Viterbo, Italy.
- Fornes M.W., Barbieri A., Sosa M.A., Bertini F., 1991:** First observations on enzymatic activity and protein content of vesicles separated from rat epididymal fluid. *Andrologia*.
- Fraser L.R., Ahuja K.K., 1988:** metabolic and surface events in fertilization. department of anatomy and human biology, king's college london, United kingdom.
- García-Tomás M., Sanchez J., Guarro R.O., Ramon J.E., 2006:** "Heterosis direct and maternal genetic effects on semen quality traits of rabbits ." *Livestock Science*: 100: 111-120.
- Gerena R.L., Irikura D., Urade Y., Eguchi N., Chapman D.A., Killian G.J., 1998:** Identification of a Fertility-Associated Protein in Bull Seminal Plasma As Lipocalin-Type Prostaglandin D Synthase. *Biology of Reproduction*, Volume 58, Issue 3.
- González-Cadavid V., Martins J.A.M., Moreno F.B., Andrade T.S., Santos A., Monteiro-Moreira A.C., Moreira R., Moura A., 2014:** Seminal plasma proteins of adult boars and correlations with sperm parameters. Department of Animal Science, Federal University of Ceará, Ceará, Brazil.
- Gracia L.A.D., Brito E.L.R., Serpa P. Gregory J., Natalini C., Mattos R.C., Jobim M.I.M., 2014:** Horse Seminal Plasma proteins (HSP-1 and HSP-2) concentration: a possible marker for poor fertility? Faculdade de Veterinária – Equinos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.
- Gundogan M., 2005:** Some Reproductive Parameters and Biochemical Properties in Akkaraman and Awassi Rams. Department of Reproduction and Artificial Insemination, Faculty of Veterinary Medicine, Afyon Kocatepe University.

- Gwathmey T. M., Ignatz G.G., Mueller J. L., Manjunath P., Suarez S., 2006:** Bovine seminal plasma proteins BSP-A3 and BSP-30-kDa share functional roles with PDC-109 in storing sperm in the oviduct. *Biol. Reprod.* 75, 501–507.
- Hagen D.R., Gilkey A.L., Foote R.H., 2002:** Spermatozoal velocity and motility and relationship to fertility in the rabbit inseminated with low sperm numbers. *World Rabbit Science.*10: 135–140.
- Hammerstedt R., Amman R.P., 1993:** In vitro evaluation of sperm quality. Colorado State University.
- Hanzen Ch., 2009:** rappel anatomophysiologiques relatifs à la reproduction du taureau. Université de Liège
- Harcourt-Brown F., 2002:** Textbook of Rabbit Medicine. Butterworth-Heinemann.
- Hashem N.M., Abd El-Hady A., Hassan O., 2013:** Effect of vitamin E or propolis supplementation on semen quality, oxidative status and hemato-biochemical changes of rabbit bucks during hot season. *Livestock Science.*
- Holtz W., Foote R.H., 1978:** Composition of rabbit semen and the origin of several constituents. *new york: Biology of Reproduction, Volume 18, Issue 2, 1 March 1978, Pages 286–292.*
- Joly T., THEAU-CLÉMENT M., 2000 :** Reproduction et Physiologie de la Reproduction au 7ème Congrès Mondial de Cuniculture. Lyon: INRA-Station d'Amélioration Génétique des Animaux.
- Jouannet P., Serres C., 1995 :** Mouvements normal et pathologique des spermatozoïdes m/s synthèse. *Médecine, sciences ; 11 : 555-62.*
- Kamel I., 2012:** The effect of dietary organic selenium and folic acid supplementation on productive and reproductive performance of male rabbits under heat stress conditions . *Alexandria Egypt : Egyptian Poultry Science Journal 2012 Vol.32 No.1 pp.43-62 ref.many.*
- Karar A., Soltani H., 2016 :** Effet de la supplémentation en vitamine E sur la qualité de la semence chez le lapin de la population locale. PFE ENSV d'Alger.

- Keddari Dj., Korichi O., 2017** : les performances de la reproduction des lapins de la population locale. Institut des sciences vétérinaire, Blida.
- Kirchner C., Schroer H.G., 1976**: Uterine secretion-like proteins in the seminal plasma of the rabbit. Departement of biology, university of Marburg, germany.
- Kuzminsky G., Fausto A.M., Morera P., 1996**: Morphological abnormalities of rabbit spermatozoa studied by scanning electron microscope and quantified by light microscope. *Reproduction Nutrition Development*. 36: 565-75.
- La falci V.S.N., Tortorella H. Rodrigues J.L., Brandelli A., 2002**: Seasonal variation of goat seminal plasma proteins. Laboratory of Fertility and Sterility, Institute of Biosciences, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Goncalves 9500, 91501-970 Porto Alegre, Brazil.
- 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.
- Lebas F., 1994**: Rappel de physiologie générale de la reproduction. Paris : Journée de l'Aera, Ecole nationale vétérinaire d'Alfort 20 janvier 1994, Edition : association pour l'étude de la reproduction animale, Maison-Alfort.
- Lebas F., Fortun-Lamothe L., 1996**: "Effects of dietary energy level and origin (starch vs oil) on performance of rabbit does and their litters: average situation after 4 weanings." 6th World Rabbit Congress. Toulouse.
- Lebas F., Coudert P., Rochambeau H., Thébault R.G., Rouvier R., 1997**: "The Rabbit: Husbandry, Health and Production." *Nutrition of the Rabbit*, (CABI International).
- Lebas F., 2002**: Le jeune : de la conception au sevrage, la selection des qualités maternelle pour la croissance du lapereau. *Cuniculture magazine* volume 31, 165,102-109.
- Lebas F., 2009**: Biologie du lapin. Disponible sur:
<http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>. Consulté le: 17-10-2020.
- Lebas F., 2009** : Quel génotype pour la production de lapins «Bio» ? *CUNICULTURE Magazine* Volume 36.
- Lusignan M.F., 2011** : Etude du mécanisme de protection des spermatozoïdes des mammifères par le lait thèse de Philosophiae Doctor en Biochimie. Montréal : Université de Montréal, 203p.

- Machado C.R., Macari M., 1978:** Sexual maturity in rabbits defined by the physical and chemical characteristics of the semen. Faculty of Veterinary Medicine and Agronomy of Jaboticabal, 14870, SP, Brazil.
- Marai F., Habeeb A., Gad A., 2002:** Reproductive traits of male rabbits as affected by climatic conditions in the subtropical environment of Egypt. *Anim. sci.* 75:451-458.
- Marai F., El- Darawany A.A., Fadiel A., Abdel-Hafez M.A.M., 2008:** Reproductive performance traits as affected by heat. Departement of Animal production, Faculty of agriculture, Zagazig University Egypte.
- May D., Simpson K.B., 1975:** Reproduction in the rabbit, *Animal Breeding Abstract.* 43 (6), 253-261.
- Metz C.B., Hirsch G.W., Anika J.L., 1968:** Ultrastructure and antigens of particles from rabbit semen. Institute of Molecular Evolution, University of Miami, Coral Gables, Florida.
- Miros V., Mikhno V., 1982:** Semen quality of male rabbits in relation to age and season. *Inst. Zhivotnovodstva Lesotepi i Polesya,* 34: 45-48.
- Mocé E., Lavara R., Lavara F., Vicente J.S., 2000:** Effect of reproductive rhythm on seminal parameters from a rabbit line selected with high growth rate. In *Proc. 7th World Rabbit Congress, July 2000, Valencia, Spain, Vol. A,* 197-201.
- Mocé E., Vicente J.S., Lavara R., 2003:** Effect of freezing–thawing protocols on the performance of semen from three rabbit lines after artificial insemination. Departamento de Ciencia Animal, Laboratorio de Biotecnología de la Reproducción, Universidad Politécnica de Valencia, P.O. Box 22012, Camino de Vera, s/n 46071 Valencia, Spain.
- Mocé E., Vicente J.S., Lavara R., Viudes De Castro M.P., Lopez M., Bolet G., 2005:** Characteristics of fresh semen from eight rabbit breeds. *Reprod. Domest. Anim.,* 40, 388-398.
- Mokdade N., 2019:** "L'impacte de l'environnement sur le comportement sexuel et la qualité de la semence chez le lapin de population locale." ENSV Diplome de Master en sciences Vétérinaire d'Alger.

- Morell J.M., 1995 :** "Artificial insemination in rabbits." *British Veterinary journal*,151 (5) : 477-488.
- Mortarino M., Tedeschi G., Negri N., Ceciliani F., Gottardi L., Maffeo G., Ronchi S., 1998:** Two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis map of bull seminal plasma proteins.
- Mourvaki E., Collodel G., Moretti E., Cosci I., Castellini C., 2008:** Distribution of alpha-, gamma (+beta)- and deltacopherol in the seminal plasma, spermatozoa and seminal vesicles of rabbit. *Andrologia* (In press).
- Mousa-Balabel T.M., 2004:** "The relationship between New-Zealand white rabbit management and productivity." *minufiya vet.journ.*. vol. 3 no. 1 April 2004 ,115-124.
- Mukherjee D.P., Johari M.P., Bhattacharya P., 1951:** The gelatinous mass in rabbit semen. *Nature*. 168: 422 – 423.
- Müller B., Kirchner C., 1978:** Influence of seminal plasma proteins on motility of rabbit spermatozoa. *Department of Biology, University of Marburg, Germany: J. Reprod. Fert* (1978) 45,167-172.
- Nizza A., Di Meo C., Taranto S., 2000:** Influence of dietary protein content on libido and semen characteristics bucks. 7th World Rabbit Congress, July 2000. Valencia Spain : Vol A, 217-224.
- Nizza A., Di Meo C., Taranto S., 2003:** Effect of collection rhythms and season on rabbit semen production . *Reprod.dom.anim.*, 38 :436-439.
- Parsons U., 1950:** Fructose in rabbit semen: a study of normal fluctuations, and changes evoked by testosterone and stilboestrol. *Journal of Endocrinology*.
- Pascual JJ., García C., Martínez E., Mocé E., Salvador J.V., 2004:** Rearing management of rabbit males selected by high growth rate: the effect of diet and season on semen characteristics. *Revista de Alimentación Animal, Departamento de Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia, PO Box 22012, Valencia 46071, Spain.*
- Perez-Patiño C., Barranco I., Parrilla I., Valero M.L., Martínez E.A. Roca J., Rodríguez-Martínez H., 2016:** Characterization of the porcine seminal plasma proteome comparing ejaculate portions.

- Petitjean M., 1965:** Recherches sur l'estimation du pouvoir fécondant des coqs. Thèse d'ingénieur d'état, Agriculture, France.
- Praag., Esther van, 2020,** analyse de sang complete et valeurs de référence de biochimie sanguine. Disponible sur : <http://www.medirabbit.com>. Consulté le 17-10-2020.
- Rebollar P.G., Ubilla E., Alvarino JM., Lorenzo PL., Silvan G., Illera JC., 1998:** Effects of HCG or gonadorelin on seminal parameters and plasma testosterone levels in young male rabbits. *Journal of physiology*.
- Roca J., Martinez E., Vásquez JM., 1993:** "Seasonal variation in fructose and citric acid in seminal plasma of Murciana-Granadina goats." *Small Ruminant Research.*, 10: 219-226.
- Roca J., Martínez S., Orengo J., Parrilla I., Vazquez JM., Martinez EA., 2005:** influence of constant long days on ejaculate parameters of rabbits reared under natural environment conditions of Mediterranean area. *Livest. Production Science.* 94: 169-177.
- Rodrigo A., Tévar L.G., Trolice M.P., Boisbouvier M., 2020 :** invitra : capacitation spermatique : quelles sont les méthodes utilisées ? Disponible sur : <http://www.invitra.com/fr/capacitation-spermatique>. Consulté le: 14-04-2020.
- Rodriguez-chapeton M., Pozzi GC., 1964:** modification of the testes of animals treated by the addition of raucid fat and vitamin C to the diet. 5th Int Congr. Anim Reprod. AI., volume 2, 326-334.
- Rodríguez-Martínez H., Kvist U., Ernerudh J., Sanz L., Calvete JJ., 2011:** Seminal Plasma Proteins: What Role Do They Play? Department of Clinical & Experimental Medicine (IKE), Faculty of Health Sciences, Linköping University, Campus US, Lasarettsgatan 65, SE-581 85 Linköping, Sweden.
- Ronquist G., Brody I., Gottfries A., Stegmayr B., 1978:** An Mg²⁺ and Ca²⁺-Stimulated Adenosine Triphosphatase in Human Prostatic Fluid: Part I. sweden: departement on clinical chemistry, dermatology and urology, central hospital, eskilstuna sweden.
- Rosecrans R.R., Jeyendran R.S., Perez-Pelaez M., Kennedy W.P., 1987 :** Comparison of Biochemical Parameters of Human Blood Serum and Seminal Plasma.

- Sabbagh M., 1983** : étude de la sexualité et la reproduction du lapin domestique *Oryctolagus cuniculus* à des températures élevées en corrélation avec la régulation thermique, le comportement alimentaire et le fonctionnement thyroïdien et surrénalien en période d'adaptation au stress thermique. Thèse de docteur vétérinaire, université de Dakar, Ecole inter-états des sciences et vétérinaire, 113p.
- Safaa H.M, Emarah M.E., Saleh N.F.A., 2008** : Seasonal effects on semen quality in Black Baladi and White New Zealand rabbit bucks. *World rabbit science*, 16: 13-20.
- Schneidgenová M., Vašíček J., Čupka P., Chrenek P., 2011**: Is It necessary to control seasonal quality of the rabbit ejaculate. *Slovak Journal of Animal Science*.
- Skinner JD., 1967**: puberty in the male rabbit. university of cambridge: A.R.C. Unit of Reproductive Physiology and Biochemistry.
- Sousa A., 2018** : Doctissimo, Comment sont fabriqués les spermatozoïdes ? disponible sur : https://www.doctissimo.fr/html/sexualite/education/se_1344_genese1.htm .Consulté le 29-11-2020.
- Theau-Clément M., 1994** : Etudes de quelques facteurs de variations de la fertilité des femelles et de la production de semence des mâles pour le développement de l'insémination artificielle chez le lapin *Oryctolagus cuniculus* .Mémoire d'ingénieur Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.
- Theau-clément M., Lattaloli P., Roustan A., Castellini C., 1996**: Reliability and accuracy of computerised semen image analyses to evaluate various biological parameters in rabbit semen. Toulouse, France: 6th World Rabbit Congress, Toulouse, 2: 139-143
- Theau-Clément M., Brun J.M., Sabbioni E., Castellini C., Renieri T., Besenfelder U., Falières J., Esparbié J., Saleil G., 2003** : Comparaison de la production spermatique de trois souches de lapins: moyennes et variabilités. In Proc. 10èmes Journées Recherche Cunicole, November 2003, Paris, France, 81-84.
- Theau-Clément M., Sanchez A., Duzert A., Saleil G., Brun J.M., 2009** : "Etudes de facteur de variation de la production spermatique chez le lapin." 13ème journées de la recherche Cunicole 17-18 novembre Le Mans (France).

- Theau-Clément M., Bolet G., Sanchez A., 2015** : Some factors that influence semen characteristics in rabbits. Toulouse, France : Université de Toulouse, INPT ENSAT, GenPhySE (Génétique, Physiologie et Systèmes d'Élevage), F-31326 Castanet-Tolosan, France.
- Töpfer-Petersen E., Romero A., Varela P.F., Ekhlesi-Hundrieser M., Dostálová Z., Sanz L., Calvete J.J., 1998**: Spermadhesins: A new protein family. Facts, hypotheses and perspectives.
- Vaissaire J.P., 1977** : Sexualité et reproduction des mammifères domestiques et de laboratoire. Paris: Maloine.
- Viudes de Castro M.P., Jiménez F.M., Vicente J.S., Navarro E., Lavara R., Mocé E., 2004**: Sperm kinetic parameters and differences in seminal plasma composition among two rabbit lines. *Reprod. in dom anim.* 39:266.
- YAN Z., GONG Y.Q., DING J.T., DING J.C., WANG Z.Q., 1985**: Influence of hot summer weather on plasma testosterone concentrations and semen quality in Angora rabbits. *Chinese J. Rabbit farming*, 3: 24-26.