

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du
Diplôme de Master en Sciences Vétérinaire

THÈME

**L'impact de l'environnement sur le comportement sexuel et les caractéristiques de la semence du lapin mâle de population locale.
(Saison, température ambiante et hygrométrie)**

Présenté par :MOKDAD Noussebyba.

Soutenu le: 12/03/2019

Devant le jury composé de:

- | | |
|---------------------------------|--|
| - Président : Mr BOUDJELLABA S. | Maître Assistant classe A (ENSV-Alger). |
| - Promoteur : Mme BOULBINA I. | Maître Assistante classe A (ENSV-Alger). |
| - Examineur 1 : Mr IDRES T. | Maître Assistant classe A (ENSV-Alger) |
| - Examineur 2 : Mme DAHMANI Y. | Maître Assistante classe A (ENSV-Alger). |

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes parents,

A mes sœurs,

A tous ceux qui ont cru en moi.

Remerciements

Je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont rendu cela possible et j'adresse plus particulièrement mes remerciements :

A **Mm BOULBINA I, Maître assistante classe A** à L'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, ma promotrice, pour son encadrement, pour l'aide et le temps qu'elle m'a consacré et pour la correction de mon mémoire. Qui grâce à elle j'ai pu découvrir tous les aspects de la recherche. Je vous remercie de m'avoir fait confiance tout au long de ces années et de me faire partie de ce projet de recherche.

Aux membres du jury de mémoire, pour avoir accepté de nous faire part de votre riche expérience en participant à ce jury de mémoire et pour avoir consacré du temps à la lecture de ce travail.

Monsieur BOUDJELLABA S,

Maître Assistant classe A à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire,
Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury,
Hommages respectueux.

Monsieur IDRES T,

Maître Assistant classe A à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire,
Qui m'a fait l'honneur de participer à mon jury,
Sincères remerciements.

Madame DAHMANI Y,

Maitre Assistante classe A à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire,
Qui m'a fait l'honneur de participer à mon jury,
Sincères remerciements.

Abréviations

% : pourcent

°C : degré Celsius

µl : microlitre

µm : micromètre

cm : centimètre

CMV : complexe minéraux vitamines

dl : décilitre

g : gramme

h : heure

j : jour

kg : kilogramme

m² : mètre carré

Max : maximum

mg : milligramme

Min : minimum

ml : millilitre

mm : millimètre

mm² : millimètre carré

mm³ : millimètre cube

Moy : moyenne

N° : numéro

ng : nanogramme

NS : non significatif

pH : potentiel en hydrogène

ppm : particule par million

s : seconde

spz : spermatozoïde

THI : temperature humidity index

vs : versus

r : coefficient de corrélation

Symboles

$<$: Inférieure

$>$: Supérieure

\pm : plus ou moins

\leq : inférieure ou égale

Table des figures

| Figure | Titre | Page |
|--------|---|------|
| 01 | Schéma de l'appareil génital du lapin mâle | 03 |
| 02 | Le cycle spermatogénétique | 08 |
| 03 | Différents degrés de HOST chez le spermatozoïde | 27 |
| 04 | Bâtiment de l'élevage (vue de l'intérieur et de l'extérieur) | 29 |
| 05 | Batteries d'élevage et de collecte | 30 |
| 06 | Quelques phénotypes de lapin de population locale utilisés | 30 |
| 07 | vagin artificiel en silicone | 31 |
| 08 | A : femelle boute-en-train sur les cages des mâles, B : la collecte de semence sur un mâle en utilisant un vagin artificiel et une femelle boute-en-train | 32 |
| 09 | A : cellule de Thoma, B : comptage des spermatozoïdes avec la cellule de Thoma | 35 |
| 10 | vue sous microscope de la lame après une coloration vitale à l'éosine-nigrosine | 35 |
| 11 | Quelques types d'anomalies des spermatozoïdes observées dans le sperme des lapins étudiés | 36 |
| 12 | La corrélation entre la consommation alimentaire moyenne quotidienne et les valeurs de THI. | 38 |
| 13 | la libido en fonction de la saison. | 41 |
| 14 | le volume total et le volume sans gel de l'éjaculat en fonction de la saison. | 42 |
| 15 | la concentration en spermatozoïdes et par éjaculat en fonction de la saison | 43 |
| 16 | la couleur et le pH de l'éjaculat en fonction de la saison. | 43 |
| 17 | la motilité, la viabilité et les anomalies de spermatozoïdes en fonction de la saison. | 44 |

Table des tableaux

| Tableau | Titre | Page |
|---------|--|------|
| 01 | Influence de l'indice THI sur la libido et les paramètres spermatiques des lapins mâles | 14 |
| 02 | Fréquence de la présence et de l'absence de certains paramètres qualitatifs de la semence | 14 |
| 03 | Influence de la saison sur la libido et les paramètres spermatiques des lapins mâles | 16 |
| 04 | l'influence de la durée d'éclairement sur la libido et les paramètres spermatiques des lapins mâles adultes | 17 |
| 05 | Caractéristiques de la semence des différents types génétiques | 19 |
| 06 | Effet d'âge sur les caractéristiques de la semence | 19 |
| 07 | Principales caractéristiques de la semence des lapins pour le premier et le deuxième éjaculat, avec indication des amplitudes observées | 20 |
| 08 | Effet de la fréquence de collecte sur les caractéristiques de la semence | 21 |
| 09 | Effet numéro de portée des mâles sur les caractéristiques de la semence | 21 |
| 10 | Effet opérateur sur les caractéristiques de la semence | 22 |
| 11 | Grille déterminant la couleur du sperme | 32 |
| 12 | Grille de Petitjean (1965) pour la notation de la motilité d'ensemble | 33 |
| 13 | Echelle d'Andrieu(1974) pour la notation de la motilité individuelle | 34 |
| 14 | Température et hygrométrie ambiantes diurnes moyennes enregistrées et THI calculé au cours de l'expérimentation (Moyenne \pm écart-type). | 37 |
| 15 | L'évolution du poids corporel des lapins selon la saison (moyenne \pm erreur standard). | 38 |
| 16 | Réponses aux sollicitations, taux des éjaculats utiles et présentant un gel chez les lapins de la population locale selon la saison. | 40 |
| 17 | Effet de la saison sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins mâles de la population locale (Moyenne \pm erreur standard). | 46 |
| 18 | Effet de l'index température-hygrométrie sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins mâles de la population locale (coefficient de régression \pm erreur standard). | 49 |

Table des matières

Recherche Bibliographique

| | |
|---|---|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Rappels anatomo-physiologiques de l'appareil reproducteur mâle du lapin | 3 |
| I- 1. Anatomie de l'appareil reproducteur mâle..... | 3 |
| I-1.1. Testicules..... | 4 |
| I-1.2. Epididymes..... | 4 |
| I-1.3. Canal déférent..... | 4 |
| I-1.4. Urètre..... | 5 |
| I-1.5. Glandes annexes..... | 5 |
| I-1.5.1. Vésicule séminale..... | 5 |
| I-1.5.2. Glande vésiculaire (proprostata ou prostate craniale)..... | 5 |
| I-1.5.3. Prostate..... | 5 |
| I-1.5.4. Glandes paraprostatiques..... | 5 |
| I-1.5.5. Glande bulbo-urétrale (glande de cowper)..... | 5 |
| I-1.6. Les voies externes d'excrétion et l'organe copulateur..... | 6 |
| I-1.6.1. Le pénis..... | 6 |
| I-1.6.2. Les glandes préputiales..... | 6 |
| I-2. Physiologie de la reproduction..... | 6 |
| I-2.1. Développement des gonades..... | 6 |
| I-2.2. Développement de l'appareil génital externe..... | 6 |
| I-2.3. Puberté et maturité sexuelle..... | 7 |
| I-2.3. 1. La puberté..... | 7 |
| I-2.3.2. La maturité sexuelle..... | 7 |
| I-2.4. La spermatogenèse..... | 7 |
| I-2.4.1. Le cycle spermatogénétique..... | 7 |
| I-2.4.2. La maturation épидидymaire..... | 8 |
| I-2.5. Régulation hormonale de la spermatogénèse..... | 9 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre II –Caractéristiques de la semence du lapin mâle adulte..... | 11 |
| II-1. Les caractéristiques physico-chimiques de la semence du lapin adulte..... | 11 |
| II-1.1. Caractéristiques générales de la semence du lapin..... | 11 |
| II-1.2. Composition de la semence du lapin..... | 11 |
| II-2. Facteurs de variation de la qualité de la semence..... | 12 |
| II-2.1. Facteurs extrinsèques..... | 12 |
| II-2.2. Facteurs intrinsèques..... | 17 |
| II-2.3. Facteurs liés à la conduite d'élevage..... | 20 |
| II-2.4 .Autres facteurs..... | 21 |
| Chapitre III - Méthodes de récolte et d'évaluation de la qualité spermatique..... | 23 |
| III-1. Récolte du sperme..... | 23 |
| III-1.1. Le matériel de collecte..... | 23 |
| III-1.2. La technique de collecte..... | 23 |
| III-1.3. L'entraînement des jeunes mâles à la collecte..... | 24 |
| III-2. Evaluation de la qualité spermatique..... | 24 |
| III-2.1. Examens macroscopiques | 24 |
| III-2.2. Examens microscopiques..... | 25 |

Partie Expérimentale

| | |
|--|-----------|
| I. Matériel et méthodes..... | 29 |
| I-1. Lieu et durée de l'expérimentation..... | 29 |
| I-2. Le logement..... | 29 |
| I-3. Le matériel d'élevage et conditions ambiantes..... | 29 |
| I-4. Les animaux..... | 30 |
| I-5. L'alimentation et l'abreuvement..... | 31 |
| I-6. La conduite expérimentale..... | 31 |
| I-7. Méthodes de récolte et d'analyse de la semence..... | 31 |
| I-7.1.Récolte de la semence | 31 |
| I-7.2.Méthodes d'analyse de la semence..... | 32 |
| II- Analyse statistique..... | 37 |

| | |
|---|----|
| Résultats et discussion | 37 |
| I. Paramètres d'ambiance..... | 37 |
| II. L'effet de la saison sur la consommation alimentaire et le poids corporel..... | 37 |
| III. Taux de récoltes utiles en fonction de la saison..... | 39 |
| IV. L'effet de la saison sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence..... | 40 |
| V. L'effet des paramètres d'ambiance (température ambiante et hygrométrie) sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence..... | 43 |
| | 47 |
| Conclusion | 50 |
| Références Bibliographiques | |

Introduction

Les caractéristiques de la semence varient durant la vie des lapins mâles en fonction de nombreux facteurs intrinsèque et extrinsèque. 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 la production spermatique (Alvarino, 2000 ; Castellini, 2008). L'étude de ces différents facteurs de variation influençant la production spermatique peuvent définir les conditions d'utilisation des mâles, afin d'obtenir une quantité optimale de sperme et de spermatozoïdes.

Concernant l'environnement, le lapin est un animal très sensible aux variations climatiques (Mathur et *al.*, 1989), cette sensibilité limite l'élevage dans les régions subtropicales, et lui donne un aspect saisonnier (de septembre au mai de chaque année), ceci afin d'éviter les fortes chaleurs en été, alors qu'en Europe la température ne montre aucun effet direct sur les performances de production et de reproduction du lapin (Marai et *al.*, 2002a).

L'effet des facteurs environnementaux sur les performances reproductives du lapin mâle a été déjà étudié par plusieurs auteurs dans le monde (Marai et *al.*, 2002a): la comparaison entre différentes saison de l'année (Mathur et *al.*, 1989; El-Masry et *al.*, 1994; Nizza et *al.*, 2003 ; Pascual et *al.*, 2004 ; Safaa et *al.*, 2008), l'effet de la durée d'éclairement naturelle et/ou contrôlée (Theau-Clément et *al.*, 1994 ; Roca et *al.*, 2005) et l'influence des températures élevées enregistrées en été ou dans des conditions contrôlées (Marai et *al.*, 2008 ; Finzi et *al.*, 1995 ; Finzi et *al.*, 1994). Ces études ont été réalisées dans différentes conditions et dans différentes régions géographiques, ce qui a expliqué par la suite la diversité des résultats.

La relation entre la température ambiante et l'humidité relative semble être la plus importante, car la sensation de chaleur à une température ambiante élevée augmente avec une humidité relative élevée. Cependant, seule l'étude de Roca et *al.* en 2005 a utilisé cette relation entre la température et l'hygrométrie pour étudier les variations des paramètres spermatiques chez le lapin. Juste après, en 2008, García-Tomás et *al.* ont utilisé cette relation pour vérifier l'effet des températures basses sur la qualité et la quantité de la semence.

L'effet de l'environnement sur les performances de reproduction chez les lapins de population locale s'est limité à deux études : la première s'intéressait à l'effet de la saison estivale sur la libido et les paramètres spermatiques (comparaison entre l'été et le printemps) chez le lapin mâle (Boulbina, 2011), qui a mis en évidence l'effet détériorant d'un stress thermique chronique sur la consommation alimentaire des lapins, le volume, la mobilité et la viabilité de spermatozoïdes.

la deuxième étude, Mazouzi-Hadid et al., (2014) ont étudié l'effet de la saison sur la reproduction de la femelle, cette étude a montré la bonne adaptation de la population locale aux conditions climatiques chaudes, justifiant ainsi l'étalement de la période de reproduction en Algérie sur la longueur de l'année.

La présente étude a pour objectif de déterminer l'impact des facteurs climatiques (saison, température ambiante et l'hygrométrie relative) sur le comportement sexuel et les paramètres spermatiques du lapin mâle de population locale.

La première partie de cette étude est une synthèse bibliographique sur les rappels anatomophysiologicals de l'appareil reproducteur du lapin mâle, les caractéristiques de la semence du lapin mâle adulte et les méthodes de récolte et d'évaluation de la qualité spermatique

La seconde partie est une partie expérimentale qui regroupe les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, suivie par la présentation des résultats obtenus et leurs discussions, une conclusion et des perspectives pour la continuité du travail.

Partie 1- Recherche Bibliographique

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

I- 1. Anatomie de l'appareil reproducteur mâle

L'appareil génital du lapin mâle, situé postérieurement, s'extériorise par des bourses peu marquées par rapport aux autres mammifères (Boussit ,1989). Il a d'une manière générale deux fonctions primordiales, la production des spermatozoïdes et leur dépôt dans les voies génitales femelles d'une part, et la sécrétion des hormones sexuelles d'autre part, (Alvarino,1993) .

Le terme « appareil génital mâle » désigne tous les organes et structures qui participent à la formation, la maturation et l'émission sous pression des différents constituants du sperme. Il comprend : les testicules, l'épididyme, le canal déférent, les vésicules séminales, les canaux éjaculateurs, la prostate et le pénis (Figure1) (Jardin et De Fourmestraux, 1984, cité par Lakabi, 2016).

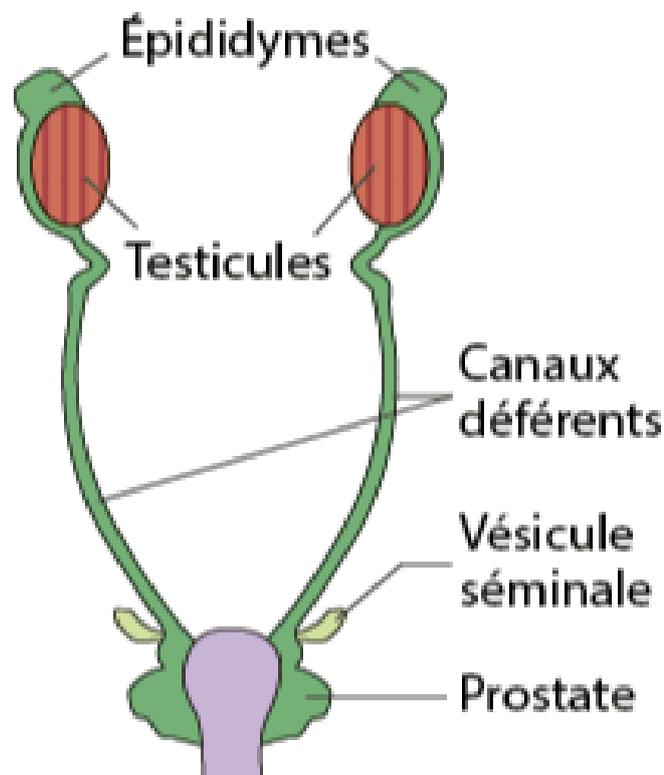


Figure 1: Schéma de l'appareil génital du lapin mâle.

Source : <https://www.annabac.com/annales-bac/le-developpement-embryonnaire-du-phenotype-sexuel>

I-1.1.Testicules

Au nombre de deux, ils ont pour rôle d'élaborer les spermatozoïdes. Ils sont situés à la naissance dans la cavité abdominale et non visibles. Ils descendent dans les sacs scrotaux à l'âge de deux mois environ. Chez l'adulte, ils sont volumineux, ovoïdes et très allongés. Pendant l'accouplement, ils sont fortement tuméfiés et font saillie (Boussit ,1989).

Les testicules peuvent monter dans la cavité abdominale en période de repos, on parle d'une situation enorchide (lors de frayeurs notamment). Et redescendre dans les bourses grâce à un tissu musculaire « le crémaster », le lapin est alors dit exorchide (Boussit ,1989).

Les enveloppes du testicule protègent et soutiennent cette glande ainsi que ses premières voies d'excrétion (épididyme, début du conduit déférent) et ses vaisseaux (Barone, 2001).

On distingue six plans membraneux, dont : deux plans superficiels (le scrotum et le dartos), un plan intermédiaire (la tunique celluleuse appelée aussi fascia spermatique externe) et trois plans profonds (le crémaster, la tunique fibreuse ou fascia spermatique interne et la tunique séreuse vaginale) (Barone, 2001).

I-1.2.Epididymes

Ils sont contigus au bord supérieur des testicules et permettent le transport et la maturation des spermatozoïdes. Chaque épидидyme est constitué de trois parties : la tête, le corps et la queue. La tête volumineuse coiffe le pôle antérieur du testicule. Le corps est également accolé au testicule jusqu'à sa partie postérieure. L'épididyme se termine par la queue, libre, légèrement renflée qui est le lieu de stockage des spermatozoïdes (Boussit, 1989).

Cependant la zonation physiologique de l'épididyme est plus complexe car aucun repère anatomique ne permet de distinguer les différentes régions épидидymaires, spécialisées dans des activités précises (Barone, 2001). Autour de ce canal, on note la présence d'une mince couche de fibres musculaires lisses dont les contractions permettent le transit des spermatozoïdes (Bonnes et *al.*, 2005, cités par Boulbina, 2011).

I-1.3.Canal déférent

La queue de l'épididyme se poursuit par le canal déférent qui fait suite au canal épидидymaire. D'abord contourné, il devient droit pour franchir l'anneau inguinal et gagner la cavité abdominale. Chaque canal atteint la face dorsale de la vessie, où il s'enfle en une ampoule de 2 cm environ avant de se jeter dans l'urètre. Il assure le transit jusqu'à l'urètre grâce à un péristaltisme basal, additionné d'une motricité brusque lors de l'éjaculation (Barone, 2001; Bonnes et *al.*, 2005).

I-1.4. Urètre

L'urètre 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, 2001).

I-1.5. Glandes annexes

Elles ont pour rôle de sécréter différents milieux constituant le liquide séminal lors de l'éjaculation. Elles sont de plusieurs types (Boussit, 1989) :

I-1.5.1. Vésicule séminale

Elle est bilobée, placée entre le rectum et la vessie, dont la partie terminale fusionne avec les ampoules différentielles précédemment citées pour former le canal éjaculateur qui s'ouvre dorsalement dans l'urètre, son contenu est liquide presque clair et varie d'une consistance peu visqueuse à gélatineuse (Boussit, 1989).

I-1.5.2. Glande vésiculaire (proprate ou prostate craniale)

La glande vésiculaire est de forme ovale, relativement volumineuse, bilobée et sa couleur blanchâtre est liée à l'accumulation des sécrétions granulaires blanches. Sur la face dorsale, cette glande s'ouvre dans l'urètre par deux canaux excréteurs (Boussit, 1989). Elle est à l'origine de la masse gélatineuse de l'éjaculat (appelée aussi la glande de la coagulation) (Campos et *al.*, 2014).

I-1.5.3. Prostate

Située à la face dorso-caudale de la glande vésiculaire, la prostate est la principale glande accessoire de l'appareil génital. Elle est volumineuse et facilement reconnaissable par sa couleur claire, par rapport aux autres glandes annexes. Elle déverse sa sécrétion par 4 à 6 conduits dans l'urètre (Boussit, 1989).

I-1.5.4. Glandes paraprostatiques

Elles sont nettement plus petites et arrondies, situées de part et d'autre de l'urètre, ventralement à la prostate. Elles débouchent dans l'urètre par un nombre variable de petits conduits (Barone, 2001). Tous les lapins mâles ont au moins une paire de glandes paraprostatiques (Boussit, 1989).

I-1.5.5. Glande bulbo-urétrale (glande de cowper)

La glande bulbo-urétrale ou glande de COWPER, bilobée, située postérieurement à la prostate et s'ouvrant par deux paires de canaux dans l'urètre caverneux (Boussit, 1989).

I-1.6. Les voies externes d'excrétion et l'organe copulateur

I-1.6.1. Le pénis

Le pénis dépourvu de gland est dirigé obliquement vers l'arrière au repos. Il est alors enfermé dans un repli tégumentaire, le fourreau, qui loge la partie libre. Pendant l'érection, il prend une position horizontale dirigée vers l'avant. Il mesure de trois à cinq centimètres (Boussit, 1989).

Le ligament suspenseur du pénis est doublé par une paire de forts muscles subischiocaverneux, qui sont spécifiques au lapin. Ils ont pour fonction de ramener le pénis vers l'avant pendant l'érection (Barone, 2001).

I-1.6.2. Les glandes préputiales

Au nombre de deux, elles sont discrètes chez le lapin et ancrées dans le derme du prépuce autour de son orifice. La substance très odorante sécrétée par ces glandes est déposée dans des petits réservoirs formés par la dilatation de la portion distale d'un follicule pileux (Boussit, 1989).

I-2. Physiologie de la reproduction

I-2.1. Développement des gonades

La différence des gonades commence au 16^{ème} jour après la fécondation, et la production des hormones androgènes débute le 19^{ème} jour de gestation. Les canaux de Müller régressent le 20^{ème} jour tandis que la formation de la prostate commence le 21^{ème} jour. Au 24^{ème} jour, le développement des canaux de Wolf et la régression des canaux de Müller sont bien établis (Alvarino, 2000).

A la naissance, les testicules se trouvent en position abdominale et la descente de ces derniers dans les sacs scrotaux coïncide avec la puberté (Alvarino, 1993). Les testicules se développent moins vite que le reste du corps, puis connaissent une croissance extrêmement rapide après l'âge de 5 semaines (Berger et *al.*, 1982). D'après Alvarino (2000), le rapport entre le poids testiculaire et le poids corporel augmente pour atteindre 2,89 après la 5^{ème} semaine d'âge. Selon Lebas (2009), l'évolution du poids testiculaire en fonction de l'âge s'accélère 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).

I-2.2. Développement de l'appareil génital externe

A la naissance, les organes génitaux externes ne présentent pas de dimorphisme sexuel très marqué. La formation du scrotum débute vers le 2^{ème} mois d'âge, et à 3 mois, les testicules descendent dans le scrotum. Le pénis se développe et acquiert la taille et la forme caractéristique de l'adulte à la fin du 3^{ème} mois d'âge (Berger et *al.*, 1982).

I-2.3. Puberté et maturité sexuelle

I-2.3. 1. La puberté

Selon Boulbina (2011), il existe des données contradictoires quant à la définition de la puberté chez le lapin. Mann et Parsons (1950) définissent la puberté comme le stade à partir duquel, la fonction endocrine devient évidente et les glandes annexes commencent la sécrétion du fructose et d'acide citrique. Dans ce cas, la puberté serait alors atteinte dès l'âge de 42 jours.

Cependant, Macari et Machado (1978) signalent que la puberté est atteinte uniquement lorsque le lapin devient capable de se reproduire par l'apparition des premiers spermatozoïdes dans l'éjaculat, vers l'âge de 110 jours (Lebas, 2009).

L'âge de l'entrée en puberté chez le lapin de la population locale est entre la 15^{ème} et la 19^{ème} semaine d'âge pour les lapins nés en hiver et entre la 17^{ème} et la 23^{ème} semaine pour les lapins nés en été (Boulbina, 2011).

I-2.3.2. La maturité sexuelle

Elle se définit comme le moment où la production journalière de sperme n'augmente plus. Ensuite, la production du sperme récolté reste stable ou décroît légèrement (Boussit, 1989). Par contre, il semblerait que le volume, donc à priori la sécrétion de plasma séminal, augmenterait jusqu'à l'âge de 12 mois. Chez le lapin mâle Néo-Zélandais, la maturité sexuelle est atteinte vers 30 à 32 semaines (Lebas, 2009). De plus, Boulbina 2011, signale que ce stade physiologique est atteint chez les mâles de la population locale à l'âge de 30 semaines.

I-2.4. La spermatogenèse

Elle est définie par la succession des phases permettant d'obtenir un spermatozoïde mature à partir d'une cellule souche. On distingue deux étapes importantes : la phase d'élaboration proprement dite qui correspond au cycle spermatogénétique et la phase de maturation, au niveau de l'épididyme (Boussit, 1989).

I-2.4.1. Le cycle spermatogénétique

À la naissance, l'animal dispose d'un stock de cellules souches ou spermatogonies, possédant $2n$ chromosomes, donc diploïdes. Le cycle spermatogénétique est l'ensemble des divisions et des différenciations cellulaires permettant à partir d'une spermatogonie d'élaborer un spermatozoïde non mature (Boussit, 1989).

Il se déroule dans le testicule, et plus précisément dans les tubes séminifères. Les cellules germinales passent par 5 stades cellulaires caractéristiques : spermatogonie, spermatocyte I, spermatocyte II, spermatide et spermatozoïdes (Figure 2).

Les spermatozoïdes produits vont être libérés dans la lumière du tube séminifère puis migrent vers les canaux efférents. Le transport dure en moyenne 5 à 6 jours (Boussit, 1989).

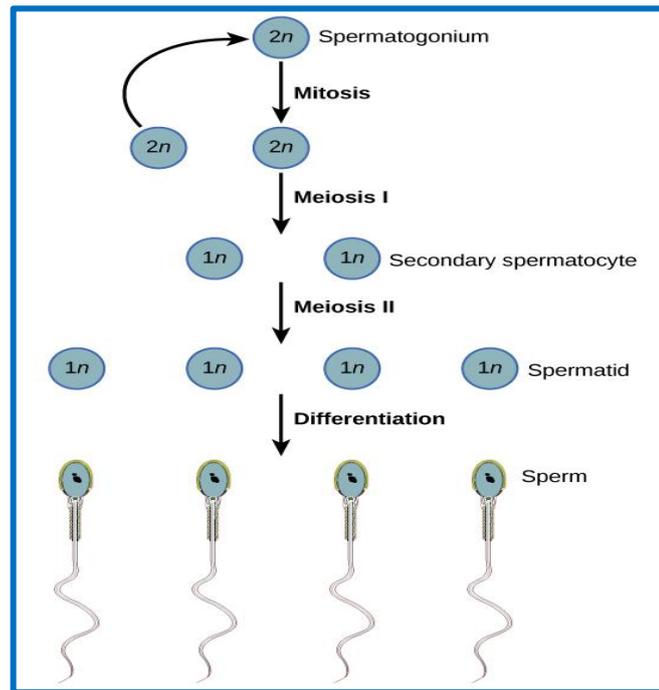


Figure 2 : Le cycle spermatogénétique

<https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/gametogenesis>

I-2.4.2. La maturation épидидymaire

Le déplacement du sperme dans l'épididyme résulte de la poussée exercée par les spermatozoïdes produits, de la résorption par la tête de l'épididyme des sécrétions testiculaires (phénomène qui contribue à augmenter la concentration des spermatozoïdes), des mouvements propres des spermatozoïdes mais aussi des contractions péristaltiques du canal déférent.

C'est au cours de son trajet épидидymaire que le spermatozoïde subit divers changements de maturation le rendant apte à la fécondation :

- ✓ Acquisition de sa motilité.
- ✓ Condensation nucléaire et modification de la forme de l'acrosome.
- ✓ Modification de la surface de la membrane plasmique.
- ✓ Migration de la gouttelette cytoplasmique d'une position proximale vers une position distale au niveau de la pièce intermédiaire (Hanzen, 2009).

I-2.5. Régulation hormonale de la spermatogénèse

La régulation hormonale de la spermatogénèse et de la production d'androgènes testiculaires fait intervenir des interactions entre hypothalamus, l'hypophyse et les testicules. Ces interactions constituent ce qu'on appelle l'axe hypothalamo-hypophysio-testiculaire.

1- L'hypothalamus sécrète la gonadolibérine (Gn-RH) qui régit la libération par l'hypophyse des gonadotrophines, l'hormone folliculostimulante (FSH) et l'hormone lutéinisante (LH). La liaison de la Gn-RH aux cellules hypophysaires entraîne la libération de ces dernières dans le sang.

2- La FSH stimule indirectement la spermatogénèse dans les testicules en déclenchant la sécrétion d'ABP par les cellules de Sertoli (Épithéliocytes de soutien). La protéine de liaison des androgènes (ABP : "Androgen-Binding Protein") qui, comme son nom l'indique se lie aux androgènes (testostérone). Le complexe ABP-testostérone agit sur les cellules germinales et les spermatozoïdes de manière à favoriser la poursuite de la méiose et de la spermatogénèse. La FSH rend donc les cellules réceptives aux effets stimulateurs de la testostérone.

3- La LH se lie aux cellules de Leydig (cellules interstitielles) et les stimule afin de sécréter la testostérone, (c'est pourquoi on l'appelle parfois ICSH, interstitial cell stimulating hormone).

4- L'hypothalamus et l'hypophyse peuvent subir l'action inhibitrice de certaines hormones présentes dans le sang. La testostérone inhibe la sécrétion de Gn-RH par l'hypothalamus et on pense qu'elle pourrait agir directement sur l'adénohypophyse pour inhiber la libération de FSH et LH. L'inhibine (Inhibine B) est une hormone protéique sécrétée par les cellules de Sertoli. La concentration de cette hormone constitue un indicateur de l'état de la spermatogénèse, lorsque la numération des spermatozoïdes est élevée, la sécrétion d'inhibine augmente, ce qui inhibe directement la libération de FSH par l'adénohypophyse et de Gn-RH par l'hypothalamus. Quand la numération des spermatozoïdes devient inférieure à 20 millions par millilitre, la sécrétion d'inhibine baisse fortement et la spermatogénèse reprend. En l'absence de la Gn-RH, de la FSH et de la LH, les testicules s'atrophient et la production de spermatozoïdes et de testostérone s'arrête pratiquement (Lahmadi Mohamed, 2009).

Les prostaglandines PGE1 et PGE2 α accélèrent la fabrication des spermatozoïdes par vidange des testicules et transport des spermatozoïdes à travers l'appareil génital. Au cours de la journée, la testostérone est sécrétée de manière épisodique, toutes les quatre à cinq heures. On observe en effet cinq ou six pics de cette hormone par journée de 24 heures dans le sang périphérique. Le taux circulant augmente significativement après l'accouplement ou chez les mâles s'intéressant aux femelles présentées (Boussit, 1989).

L'éjaculation se produit sous contrôle de l'ocytocine. Cette hormone hypophysaire est libérée par stimulation de la sphère génitale, ce qui explique que l'on puisse récolter des mâles par simple masturbation (Boussit, 1989).

Chapitre II – Caractéristiques de la semence du lapin mâle adulte

II-1. Les caractéristiques physico-chimiques de la semence du lapin adulte

Le sperme est composé de deux éléments séparables par centrifugation donc de poids différents : les spermatozoïdes et le plasma séminal. Le mélange de ces deux fractions a lieu pendant l'éjaculation.

II-1.1. Caractéristiques générales de la semence du lapin

Le volume de la semence varie de 0,3 à 6 ml selon la sécrétion des glandes annexes (la fraction gélatineuse). Sans gel, le volume des éjaculations est de l'ordre de 0,3 à 1,0 ml. La concentration est évaluée de 150 à 500×10^6 spermatozoïdes par ml, mais le volume et la concentration sont susceptibles de variation très importante entre mâles et entre collectes successives pour un même mâle. Une "fausse monte", une ou deux minutes avant le coït, augmente la concentration des éjaculats. Si l'on pratique deux accouplements successifs, le premier sert de préparation au second qui est caractérisé par un volume moindre et une concentration améliorée. Au cours de récoltes successives, le volume des éjaculats décroît, par contre, la concentration augmente du premier au second éjaculat, puis diminue. Le nombre total des spermatozoïdes par éjaculat suit la même tendance (Lebas, 2009).

La grande majorité des auteurs trouve un pH nettement alcalin à la semence, situé autour de 8, mais il faut savoir que d'autres le trouvent très légèrement acide, entre 6,8 et 6,9 (Lebas, 2009).

I-1.2. Composition de la semence du lapin

I-1.2.1. Spermatozoïdes

Le spermatozoïde mûr est divisé en deux parties : la tête et la queue qui contient la pièce intermédiaire et le flagelle. La tête contient l'acrosome et le noyau renfermant les chromosomes. L'acrosome, aplati, qui couvre les deux tiers antérieurs de la tête est constitué de glycoprotéines et d'enzymes qui interviennent lors de la fécondation (Boussit, 1989).

La pièce intermédiaire renferme la majorité des mitochondries de la cellule. Ces constituants sont le siège de la production énergétique nécessaire au mouvement. Le flagelle est l'organe moteur responsable du déplacement du spermatozoïde (Boussit, 1989).

Le spermatozoïde du lapin mesure entre 55 et 57 μm de long ; la tête est piriforme et rétrécie caudalement. Elle est de 0,5 μm de long sur 4 μm de large ; tandis que la queue mesure 45 μm (Barone, 2001).

I-1.2.2. Plasma séminal

Il est constitué par le mélange des sécrétions de l'épididyme et des glandes annexes, il est composé d'une partie fluide et d'une autre gélatineuse.

Il assure le transport des gamètes lors de l'éjaculation. Il a également d'autres rôles biologiques. Il fournit des substrats énergétiques et des substances protectrices aux spermatozoïdes. Le Fructose, les protéines et l'acide citrique sont produits par la prostate et les vésicules séminales. L'épididyme fournit des glucides, de l'inositol, de la glycéryl phosphoril choline ; en plus des ions (potassium, sodium, bicarbonate, phosphates) qui sont sécrétés par l'épididyme et les glandes annexes (Boussit, 1989).

I-1.2.3. Granules séminales

Elles sont sécrétées par la prostate, de taille différentes (de 0,5 à 6 µm de diamètre), elles sont présentes en grand nombre dans le sperme du lapin (450×10^6 /ml).

Ces particules modulent le processus de capacitation et la réaction acrosomiale 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).

II-2. Facteurs de variation de la qualité de la semence

II-2.1. Facteurs extrinsèques

II-2.1.1. L'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 (Joly et Theau-Clément, 2000).

L'accroissement de la teneur en acide alpha-linolénique (5% graines de lin extrudées) et en vitamine E (+200 mg/kg) de l'alimentation des mâles s'accompagne d'une amélioration de la qualité de leur semence. Le volume des éjaculats et la concentration en spermatozoïdes ne sont pas parcontre, modifiés par l'apport d'acide gras n-3 (= oméga 3) (Castellini et *al.*, 2006).

Une supplémentation en zinc est susceptible d'améliorer la spermatogenèse. En effet, Oliveira et *al.*, (2005) ont montré que la supplémentation de la ration alimentaire de jeunes lapins (à partir du sevrage et pendant 34 semaines) avec 0, 50, 100, 150 ou 200 ppm de zinc (ZnO) permet d'augmenter significativement le volume de spermatozoïdes récoltés avec l'apport de 150 ppm .

II-2.1.2. La température et l'hygrométrie

La spermatogenèse du lapin montre une variation liée à la température externe, pour des températures comprises entre 13°C et 26°C, peu de variations sont observées sur les caractéristiques de la semence. Par contre, pour des températures élevées supérieures à 30°C on observe une baisse de production de spermatozoïdes (Nizza *et al.*, 2000). Cependant, bien que les mâles semblent capables de s'adapter en quelques semaines à un stress thermique (tous les jours : 22 heures à 32°C et 2 heures à 25°C), la quantité et la qualité de la semence produite sont extrêmement sensibles à de fortes chaleurs couplées à une forte hygrométrie (85% pendant 6 semaines) (Finzi *et al.*, 2000). L'hygrométrie optimale conseillée pour le lapin est de l'ordre de 60 à 70%. Cette espèce n'est pas sensible à une humidité trop élevée. Par contre quand le taux descend en dessous des 55%, on note l'augmentation de particules de poussières dans le local d'élevage et le dessèchement des voies respiratoires, ce qui irrite les muqueuses et cause des infections à l'animal qui à leur tour affaiblissent les performances de reproduction (Bouguerra, 2012).

Boussit(1989) admet que les mâles placés entre 8 et 12°C ne présentaient aucune modification du comportement sexuel et que ces températures n'ont pas affecté les caractéristiques de la semence.

La température ambiante est liée à d'autres facteurs climatiques tels que l'hygrométrie, la photopériode, le rayonnement solaire, le vent, ... etc. Cependant, la relation avec l'humidité relative semble être la plus importante, car la sensation de chaleur à une température ambiante élevée augmente avec une humidité relative élevée. Cette relation a induit les chercheurs en 1990 pour proposer une mesure du degré de gravité du stress thermique en utilisant ces deux facteurs et a été appelée indice température-hygrométrie (THI). Ce paramètre a été modifié par Marai *et al.* en 2001 pour être appliqué aux lapins (Marai *et al.*, 2002a).

Roca *et al.*, (2005) montrent que les variations de THI durant l'année affectent significativement la concentration de la semence et le nombre total de spermatozoïdes par éjaculat d'un côté, la motilité des spermatozoïdes et les variables liées à la viabilité et à la normalité des spermatozoïdes d'un autre côté. Les valeurs de ces paramètres ont montré une grande baisse 6 et 3 semaines respectivement après une valeur de THI élevée (Tableau 1).

Par ailleurs, García-Tomás *et al.*,(2008) ont étudié l'effet d'un THI bas à modéré (de 16 à 22) sur la production de sperme et sa qualité chez les lapins (Tableau 2). L'étude a montré que les éjaculats sont affectés par ces THI, sans obtenir une image claire concernant les différences entre les différentes classes de THI. Le volume de l'éjaculat et l'absence de spermatozoïdes agglutinés

étaient meilleurs au THI-22. Cependant, les éjaculats avec absence d'urine et de spermatozoïdes morts sont plus fréquents avec le THI-16 que les autres classes de THI.

Tableau 1 : Influence de l'indice THI sur la libido et les paramètres spermatiques des lapins mâles (Synthèse bibliographique).

| Auteurs | THI | Caractéristiques de semence | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|
| | | Libido (s) | pH | Vol (ml) | Mi ou % mob | Spz vivants (%) | Cn (10 ⁶ spz/ml) | % Anom |
| Marai <i>et al.</i> , (2002b) | 20,2 | 14,2 | 6,9 | 0,66 ^a | 51,2 | 74,8 | 312,3 ^a | 17,9 |
| | 30,1 | 14,1 | 6,8 | 0,55 ^b | 49,0 | 74,9 | 187,3 ^b | 19,7 |
| Roca <i>et al.</i> , (2005) | Coefficient de régression | - | - | NS | -0,47 ¹ | - | -8,81 ¹ | - |
| García-Tomás <i>et al.</i> , (2008) | 16 | - | 7,38 ^a | 0,62 ^b | 3,07 | - | 433,2 | - |
| | 20 | - | 7,54 ^b | 0,84 ^b | 2,96 | - | 393,3 | - |
| | 22 | - | 7,59 ^b | 0,92 ^c | 2,85 | - | 406 | - |
| Abdulrashid <i>et Juniper.</i> , (2016) | 30 | 9,32 ^a | 7,30 ^b | 1,11 | 74,41 ^b | 79,29 | 85,59 ^b | 14,74 ^a |
| | 26,5 | 4,83 ^c | 7,07 ^{ab} | 0,92 | 65,52 ^d | 79,06 | 114,27 ^{ab} | 11,14 ^b |
| | 25,3 | 5,36 ^{bc} | 6,92 ^{bc} | 0,97 | 73,87 ^b | 80,16 | 125,78 ^a | 12,46 ^{ab} |
| | 25,2 | 3,82 ^c | 6,77 ^c | 1,31 | 76,56 ^a | 80,53 | 82,85 ^b | 11,07 ^b |
| | 25 | 3,96 ^c | 6,84 ^{bc} | 0,89 | 77,03 ^a | 76,88 | 103,52 ^{ab} | 7,68 ^c |
| | 27 | 7,05 ^b | 6,92 ^{bc} | 0,79 | 71,06 ^c | 81,83 | 102,84 ^{ab} | 10,95 ^b |

Les valeurs sont données en moyenne. Les suscriptions dans la même cellule indiquent des significations statistiques. Vol : volume. Mi : motilité individuelle. Cn : concentration. %mob : le pourcentage de spermatozoïdes mobiles. % Anom : le pourcentage de spermatozoïdes anormaux.

Tableau 2: Fréquence de la présence et de l'absence de certains paramètres qualitatifs de la semence (García-Tomás *et al.*, 2008).

| THI | Ejaculat avec gel | Ejaculat avec urine | Ejaculat avec absence de spz morts |
|--------------------|--------------------|---------------------|------------------------------------|
| 16 (14.02 - 17.41) | 7 ^a | 2,3 ^a | 36,6 ^a |
| 20 (18.6 - 20.6) | 12,2 ^b | 5,5 ^b | 19,1 ^b |
| 22 (20.7 - 23.12) | 10,6 ^{ab} | 6,6 ^b | 13,1 ^c |

II-2.1.3. Effet saison et durée d'éclairement (la photopériode)

L'éclairement est un facteur important pour la fonction de la reproduction. De nombreux travaux ont décrit les variations saisonnières d'activité sexuelle du lapin mâle dans la nature. Ainsi, l'activité sexuelle est importante pendant les jours longs (de février à juillet) et devient quasi nulle en automne. Les deux facteurs explicatifs principaux sont la durée d'éclairement et la température.

Un travail en Egypte (1987) a permis de montrer qu'une insolation directe de 3 heures pendant 8 semaines consécutives au cours de la croissance (début d'insolation à 5, 12 ou 20^{ème} semaine d'âge) altère significativement la taille des testicules et la fertilité des mâles contrôlés à l'âge de 30 ou 33 semaine (Lebas, 1996).

En 1968 Walter et *al.* Signalent qu'un éclairement constant de 8 h sur 24 heures permet d'accroître le poids testiculaire et les réserves spermatiques dans l'épididyme par rapport à des durées d'éclairement plus longues de 12h ou 16h sur 24 heures. Malheureusement aucune mesure de la qualité de la semence n'avait été réalisée dans ces travaux (Lebas 2009).

Par contre, Theau-Clément et *al.* (1994) montrent que par rapport à un éclairement de 16h sur 24h, un éclairement réduit à 8h sur 24h conduit à une production de sperme plus faible en quantité et en qualité (Tableau 4).

Après leur étude sur des lapins mâles vivant dans un climat méditerranéen, les résultats obtenus par Roca et *al.*, (2005) ont montré que les paramètres de l'éjaculat étaient modérément influencé par la saison, en accord avec El-Tohamy et *al.*, (2012), seulement le volume de l'éjaculat et la mobilité des spermatozoïdes ont été influencé et leurs valeurs la plus haute et la plus basse respectivement étaient enregistrées en été (Tableau 3).

D'un autre côté, l'exposition de ces lapins à des durées d'éclairement longues et constantes (16h/j) ne semble pas améliorer la production et la qualité spermatique (Tableau 4). Les auteurs ont suggéré que dans cette latitude géographique, le stress thermique est le facteur environnemental responsable des variations annuelles dans la qualité de sperme (Roca et *al.*, 2005).

En revanche, Mathur et *al.*, (1989) ont signalé que les lapins sont très sensibles à leur environnement. Tout changement de saison est le plus immédiatement reflété dans leur comportement et leur reproduction. Avec tous les paramètres spermatiques meilleurs en hiver qu'en été.

Les résultats de Nizza et *al.*, (2003) étaient complètement contradictoires, un volume et une concentration de spermatozoïdes plus élevés notés en été, bien qu'il soit souligné que la température moyenne ne dépassait pas 25 °C.

Tableau 3: Influence de la saison sur la libido et les paramètres spermatiques des lapins mâles
(Synthèse bibliographique)

| Auteurs | Saison | Caractéristiques de semence | | | | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------|
| | | Libido (s) | pH | Vol (ml) | % mob | Spz vivants (%) | Cn (10 ⁶ spz/ml) | % Anom |
| Mathur et al., (1989) | Printemps | - | 7,23 ^a | 1,13 ^b | 68,92 ^d | 89,97 ^c | 943 ^c | 16,59 ^b |
| | Eté | - | 7,19 ^a | 0,98 ^b | 26,36 ^b | 69,83 ^b | 598 ^b | 14,86 ^b |
| | Automne | - | 7,96 ^b | 0,30 ^a | 7,87 ^a | 25,86 ^a | 18 ^a | 10,14 ^a |
| | Hiver | - | 7,37 ^a | 1,11 ^b | 49,91 ^c | 87,13 ^c | 671 ^b | 12,56 ^b |
| El-Masry et al., (1994) | Hiver | - | - | 0,7 | 56,0 | 85,4 | 210,5 ^a | 14,3 |
| | Eté | - | - | 0,8 | 40,6 | 83 | 156,11 ^b | 15,2 |
| Pascual et al., (2004) | Automne | - | - | 0,90 | 37,38 | - | 104,9 | 8,05 |
| | Printemps | - | - | 0,80 | 47,01 | - | 99,6 | 6,81 |
| Nizza et al., (2003) | Hiver | 23,6 ^b | 7,07 | 0,55 ^B | 68 | 78,1 | 360,5 ^B | 21,1 |
| | Eté | 25,3 ^a | 7,14 | 0,60 ^A | 70,4 | 80,7 | 394,1 ^A | 20,4 |
| Roca et al., (2005) | Automne | - | - | 1,12 | 65,67 ^{ab} | - | 447,92 | 9,45 |
| | Hiver | - | - | 1,14 | 66,03 ^{ab} | - | 476,36 | 8,92 |
| | Printemps | - | - | 1,09 | 66,88 ^a | - | 465,71 | 8,82 |
| | Eté | - | - | 1,05 | 63,12 ^b | - | 439,24 | 10,51 |
| | Automne | - | - | 1,18 | 64,41 ^{ab} | - | 456,32 | 9,47 |
| El-Tohamy et al., (2012) | Hiver | 11,49 ^a | 7,5 ^b | 1,02 ^b | 67,14 ^b | 73,52 | 282,92 | 15,40 ^a |
| | Eté | 23,39 ^b | 7,38 ^a | 0,74 ^a | 63,82 ^{ab} | 69,92 | 276,97 | 16,79 ^{ab} |

Les valeurs sont données en moyenne. Les suscriptions dans la même cellule indiquent des significations statistiques. Vol : volume. Cn : concentration. %mob : le pourcentage de spermatozoïdes mobiles. % Anom : le pourcentage de spermatozoïdes anormaux.

Tableau 4: l'influence de la durée d'éclairement sur la libido et les paramètres spermatiques des lapins mâles adultes. (Synthèse bibliographique)

| Auteurs | Programme lumineux | Caractéristiques de semence | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|----|-------------------|------------------|-----------------|-----------------------------|------------------|
| | | Libido (s) | pH | Vol (ml) | Mi ou % mob | Spz vivants (%) | Cn (10 ⁶ spz/ml) | % Anom |
| Theau-Clément et al., (1994) | 8HL: 16HO | - | - | 0,74 ^a | 3,3 ^a | - | 635 ^a | - |
| | 16HL : 8HO | - | - | 0,7 ^b | 3,4 ^b | - | 772 ^b | - |
| Roca et al., (2005) | Jour normal | - | - | 0,92 | 66,02 | - | 493,88 | 7,88 |
| | Jour constant | - | - | 1,31 | 66,43 | - | 420,38 | 10,99 |
| Mousa-Balabel et Mohamed (2011) | 8HL : 16HO | 59 ^a | - | 0,8 ^b | 67 ^b | 67 ^b | 252 ^c | 9,8 ^a |
| | 10HL :12HO | 57 ^a | - | 0,8 ^b | 68 ^b | 68 ^b | 274 ^c | 9,2 ^a |
| | 12HL: 12HO | 57 ^a | - | 0,8 ^b | 68 ^b | 69 ^b | 276 ^c | 8,9 ^a |
| | 14HL: 10HO | 32 ^b | - | 0,98 ^a | 72 ^a | 73 ^a | 319 ^b | 5,8 ^b |
| | 16HL : 8HO | 28 ^c | - | 1,02 ^a | 73 ^a | 73 ^a | 324 ^b | 5,9 ^b |

Les valeurs sont données en moyenne. Les suscriptions dans la même cellule indiquent des significations statistiques. HL : heurs de luminosité. HO : heurs d'obscurité. Vol : volume. Mi : motilité individuelle. Cn : concentration. % mob : le pourcentage de spermatozoïdes mobiles. % Anom : le pourcentage de spermatozoïdes anormaux.

II-2.2. Facteurs intrinsèques

II-2.2.1. Variabilité individuelle

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).

II-2.2.2. Etat sanitaire des mâles

Il est largement connu que l'inflammation de l'appareil génital du mâle (O'Bryan et al., 2000) dégrade les différentes fonctions des testicules et aussi les caractéristiques de la semence en affectant la biosynthèse de la prostaglandine, des leukotriènes et des cytokines (Lakabi 2016) . Une concentration élevée de cytokines causée par une inflammation ou bien une infection a une forte chance de réduire l'intégrité de l'acrosome en augmentant la production de radicaux libres. La

santé des mâles reproducteurs doit être régulièrement contrôlée surtout pour les mâles âgés (Castellini, 2008).

II-2.2.3. Type génétique

Plusieurs paramètres, notamment le volume de la semence, le volume du gel, la motilité du sperme, sa concentration ainsi que les anomalies morphologiques, la concentration de fructose montrent des variations significatives entre les différentes races (Tableau 6) (Dubiel *et al.*, 1985 ; El-ezz *et al.*, 1985).

Brun *et al.*, (2004) ont mesuré les effets d'une sélection divergente sur le poids à 63 jours (lignées haute et basse), sur l'aptitude des mâles à donner de la semence et sur les caractéristiques de la semence. La réponse à la sollicitation ne dépend pas de la lignée. Par contre, le pourcentage d'éjaculats éliminés (causes : présence d'urine, volume < 0,4 ml ou motilité massale < 5) est plus élevée pour les mâles de la lignée haute que dans la lignée basse (55,8 vs 33,5%). En moyenne, la concentration de la semence en spermatozoïdes est plus importante pour les mâles de la lignée haute alors que la motilité massale, le volume et la vitesse des cellules sont plus élevés pour les mâles de la lignée basse. Le nombre de spermatozoïdes "utiles" par éjaculat est significativement plus élevé pour la lignée basse (229 vs 170 millions de spermatozoïdes utiles/éjaculat). Une relation génétique est donc mise en évidence entre vitesse de croissance et production spermatique.

Lors de l'expérimentation de Garcia *et al.* (2006), à partir de deux lignées de lapins C et R sélectionnées sur la vitesse de croissance, ces auteurs mettent en évidence des effets génétiques directs et des effets maternels sur quelques caractéristiques de la semence. Des différences significatives entre lignées ont été trouvées par exemple pour le nombre de spermatozoïdes totaux par ml ou par éjaculats (358 millions /éjaculat pour C et 236 million / éjaculat pour R) et le taux de viabilité (73,0 et 84,3 pour C et R respectivement). Un effet maternel direct a été démontré pour le volume de l'éjaculat (favorable à la lignée C) et pour la concentration de la semence (favorable à la lignée R).

Selon l'étude comparative de Bencheikh (1993), entre les souches : INRA A1077 (origine Néo-zélandaise) et INRA A2066 (origine Californienne), les lapins de la souche d'origine Californienne sont significativement moins performants.

Tableau 5: Caractéristiques de la semence des différents types génétiques

| Auteurs | Race | Caractéristiques de semence | | | | | | |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|----------|------|-------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| | | pH | Vol (ml) | Mm | Mi ou % mob | Cn (10 ⁶ spz/ml) | Cn (10 ⁶ spz/éjaculat) | % Anom |
| Anous et al.,(2017) | NZ White | 6,96 | 0,64 | 4,06 | - | 469,97 | - | 8,32 |
| | Californian | 6,90 | 0,79 | 4,26 | - | 480,66 | - | 5,88 |
| | Rex | 6,78 | 0,79 | 5,06 | - | 415,95 | - | 3,71 |
| | Gabali | 6,84 | 0,55 | 4,75 | - | 191,92 | - | 7,47 |
| Brun et al.,(2004) | Lignée L | 6,94 | 0,6 | 6,78 | 76,3 | 634 | 368 | - |
| | Lignée H | 6,93 | 0,46 | 6,46 | 75,8 | 738 | 336 | - |
| | | ns | *** | ** | ns | ** | Ns | - |
| Garcia et al.,(2006) | Lignée C | 7,8 ^a | - | - | 3,2 | - | - | 14,4b |
| | CR | 7,8 ^a | - | - | 3,2 | - | - | 10,8a |
| | RC | 7,8 ^a | - | - | 3,1 | - | - | 14,3 ^b |
| | Lignée R | 7,4 ^b | - | - | 3,3 | - | - | 8,9 ^a |

Vol : volume. Mm : motilité massale. Mi : motilité individuelle. Cn : concentration. NZ : Néo-Zélandais. % mob : le pourcentage de spermatozoïdes mobiles.

II-2.2.4. Effet âge

Theau-Clément et *al.* (2009) signalent que l'âge des mâles influence certains paramètres de la semence. Sur le plan quantitatif, les mâles adultes (37-43 semaines) ont significativement des éjaculats plus concentrés que chez les jeunes et les lapins en croissance (Tableau 5).

Le comportement sexuel des lapins jeunes et adultes est nettement différent d'après Villagran et *al.* (2003), qui ont constaté après une série de sollicitations de 4 minutes avec chevauchement jusqu'à épuisement, que les jeunes âgés de 6 à 12 mois chevauchent et éjaculent plus que les adultes âgés entre 14 et 20 mois (9 à 10 contre 6 à 8 éjaculations).

Tableau 6: Effet d'âge sur les caractéristiques de la semence (Theau-Clément et *al.* 2009).

| Ages | Caractéristiques de la semence | | | | | |
|----------------------|--------------------------------|--------|------|------|----------------------------|----------------------------------|
| | pH | Volume | Mm | Mi | Cn(10 ⁶ spz/ml) | Cn(10 ⁶ spz/éjaculat) |
| En croissance | 6,92 ^{ab} | 0,46 | 5,54 | 65,9 | 641 ^{ab} | 260 ^a |
| Jeunes | 6,87 ^a | 0,49 | 5,77 | 70,0 | 557 ^a | 262 ^a |
| Adultes | 6,95 ^b | 0,51 | 5,59 | 69,6 | 673 ^b | 360 ^b |
| P | 0,015 | NS | NS | NS | <0,001 | <0,001 |

II-2.3. Facteurs liés à la conduite d'élevage

II-2.3.1. Ordre de collecte

Le volume total et le volume de la fraction gélatineuse de la semence varient en fonction de l'ordre du prélèvement (tableau 7). En effet ces deux derniers ont diminué dans le 2^{ème} éjaculat. Ceci est en accord avec les travaux de Ben Cheikh (1993) et Alvarino (2000) qui ont rapporté que l'ordre de la récolte affecte en particulier le volume de l'éjaculat.

De plus, les travaux de Najjar et Ben Mrad (2013) montrent aussi que la concentration en spermatozoïdes augmente dans le 2^{ème} éjaculat. Etant donné que le volume du sperme varie contrairement à la concentration, il en résulte que la semence obtenue dans le 2^{ème} éjaculat permet un nombre de dose d'insémination plus important et par conséquent peut inséminer un nombre plus élevé de lapines.

Tableau 7: Principales caractéristiques de la semence des lapins pour le premier et le deuxième éjaculat, avec indication des amplitudes observées (Alvarino, 2000)

| Paramètres | 1 ^{er} éjaculat | 2 ^{ème} éjaculat |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Volume (fraction sans gel) (ml) | 0,1 - 1,1 | 0,2 – 0,4 |
| Volume de la fraction du gel (ml) | 0,32 - 0,50 | 0,1 – 0,18 |
| Ejaculat avec le gel (%) | 54 | 15 |
| Spermatozoïdes / ml de semence (x10 ⁶) | 280 - 1,050 | 420 – 800 |
| Spermatozoïdes mobiles (%) | 58-90 | 57 – 87 |
| Motilité individuelle (0-5) | 2,3 - 3,3 | 2,0 – 4,8 |
| Agglutination du sperme (0-5) | 1,2 - 2,0 | 0,8 – 1,6 |
| pH | 7,7 – 8,4 | 7,7 – 8,4 |

II-2.3.2. Rythme de prélèvement

Les travaux effectués pendant les années 1960-70 laissent penser que la quantité maximale de spermatozoïdes par semaine était obtenue avec un éjaculat systématique par jour (700 à 800 millions de spermatozoïdes obtenus par semaine). Cependant, les travaux plus récents réalisés dans les années 1980-90 ont montré, à condition de laisser aux lapins au moins deux journées de "repos" entre les séries de prélèvements qu'il est possible d'accroître la "récolte" spermatique en augmentant les prélèvements jusqu'à 8 à 10 par semaine (Tableau 8). Il est utile de signaler qu'en demandant systématiquement un éjaculat par jour en continu, certains chercheurs ont constaté une nette diminution de la qualité et de la quantité de la semence récoltée après 8 jours de prélèvements puis un refus d'éjaculer de la part des mâles après 23 à 27 jours de cette cadence de prélèvement. A

l'opposé, des prélèvements moins fréquents tels que 2 éjaculats deux fois par semaine, peuvent être obtenus régulièrement pendant plusieurs années (Lebas, 1996).

Tableau 8: Effet de la fréquence de collecte sur les caractéristiques de la semence

(Bencheikh, 1993)

| Paramètres | Rythme de collecte | |
|--|--------------------|------------|
| | Extensif | Intensif |
| Volume (ml) | 0,82/0,8 | 0,61 |
| pH | 6,78/6,99 | 6,68 /7,06 |
| Concentration (10 ⁶ spz/éjaculat) | 527/547 | 284 |
| Motilité (%) (0-4) | 3,64/3,87 | 3,05 |

II-2.4 .Autres facteurs

II-2.4.1. Effet numéro de portée

La semence des mâles issus des mères multipares est caractérisée par une motilité massale, un volume et un pourcentage de spermatozoïdes mobiles significativement plus faibles que celle des autres mâles issus de mères nullipares et primipares, sans qu'il y ait une répercussion sur leurs productions spermatiques (Tableau 9) (Theau Clément et *al.*, 2009).

Tableau 9: Effet numéro de portée des mâles sur les caractéristiques de la semence

(Theau-Clément et *al.*, 2009)

| Parité | Caractéristiques de semence | | | | | |
|----------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | pH | Volume (ml) | Mm | Mi | Cn(10 ⁶ spz/ml) | Cn (10 ⁶ spz/éjaculat) |
| P 1 | 6,93 | 0,48 ^{ab} | 5,87 ^a | 70,8 ^a | 625 | 305 |
| P 2 | 6,94 | 0,52 ^a | 5,75 ^a | 72,5 ^a | 611 | 322 |
| >P 3 | 6,88 | 0,46 ^b | 5,27 ^b | 62,2 ^b | 645 | 256 |
| P | ns | 0,002 | 0,048 | 0,001 | ns | ns |

Mm : motilité massale. Mi : motilité individuelle. Cn : concentration. spz : spermatozoïde

II-2.4.2. Effet préleveur

Selon Boussit (1989), le comportement des lapins mâles dépend du calme et de la vigilance de l'opérateur. En effet, Theau-Clément et *al.* (2009), confirment que le préleveur affecte significativement plusieurs paramètres de la semence (Tableau 10).

Tableau 10: Effet opérateur sur les caractéristiques de la semence Theau-Clément et *al.*, (2009)

| Préleveur | Caractéristiques de semence | | | | | |
|-----------|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| | pH | Volume (ml) | Mm | Mi | Cn(10 ⁶ spz/ml) | Cn (10 ⁶ spz/éjaculat) |
| N°1 | 6,81 ^a | 0,52 ^a | 5,55 ^{ab} | 67 ^{ab} | 547 ^a | 291 ^{ab} |
| N°2 | 6,94 ^b | 0,50 ^a | 5,87 ^a | 71 ^a | 656 ^{bc} | 323 ^a |
| N°3 | 6,94 ^b | 0,45 ^b | 5,44 ^b | 66,8 ^b | 605 ^{bc} | 266 ^b |
| N°4 | 6,97 ^b | 0,48 ^{ab} | 5,66 ^{ab} | 69,2 ^{ab} | 686 ^c | 298 ^{ab} |
| P | 0,001 | 0,006 | 0,001 | 0,045 | 0,012 | 0,053 |

II-2.4.3. Effet de la saison de naissance

D'après Boulbina (2011), l'âge d'entrée en puberté, correspondant au premier éjaculat. Chez les jeunes lapins mâles de population locale diffère en fonction de la saison de naissance. L'entrée en puberté se situe entre 15 et 19 semaines chez les lapins nés en hiver et un peu plus tard, entre la 17^{ème} et la 23^{ème} semaine d'âge, chez les jeunes nés en été. En ce qui concerne les caractéristiques de la semence, seuls la libido, le pH et le volume sont influencés par la saison de naissance, les lapins nés en hiver ont une meilleure libido avec augmentation du pH et du volume total par rapport aux lapins nés en été.

Chapitre III - Méthodes de récolte et d'évaluation de la qualité spermatique

III-1. Récolte du sperme

III-1.1. Le matériel de collecte

Chez le lapin, la collecte du sperme se fait habituellement à l'aide d'un vagin artificiel. C'est un réceptacle qui fournit à l'organe copulateur des stimuli thermiques et mécaniques et de l'élasticité nécessaire pour l'éjaculation (Alvarino, 1993). Plusieurs modèles ont été créés avec diverses matières (Castellini, 1996).

Le principe du vagin artificiel est très simple : du liquide à température voisine du vagin de la lapine est contenu entre une gaine en caoutchouc ou en latex, et un support rigide. A l'une des extrémités se trouve un orifice d'introduction du pénis et à l'opposé, un orifice de récolte du sperme où est fixé le tube de collecte (Boussit, 1989).

Un espace trop important à l'intérieur du vagin peut induire un refus d'intromission car la vulve et le vagin créent une certaine pression sur le pénis, d'où la nécessité d'injecter de l'eau entre la capote et le support rigide (Boussit, 1989). La température du liquide contenu dans le vagin artificiel doit avoisiner en moyenne 42°C (40-45°C) au moment de la récolte (Morrell, 1995). L'augmentation de la température de l'eau dans le vagin artificiel au-delà de 50°C entraîne la contamination de l'éjaculat par les urines. Par contre, si la température est inférieure à 40°C le lapin refuse d'éjaculer et la quantité du gel et des granules séminales augmente (Morrell, 1995 ; Arencibia et Rosario, 2009).

III-1.2. La technique de collecte

Au moment de la récolte spermatique une femelle boute-en-train est introduite dans la cage du mâle, pendant quelques secondes afin de déclencher le processus d'accouplement. Dès que le mâle tente de chevaucher la femelle, l'opérateur attrape celle-ci par la peau des épaules en serrant les oreilles afin de l'immobiliser. Le vagin artificiel se trouve juste sous la zone uro-génitale légèrement en retrait sous l'abdomen. Ces opérations doivent s'effectuer rapidement pour profiter de la libido exacerbée du mâle (Boulbina, 2011).

Le comportement du mâle est strictement identique à celui qu'on observe lors de la saillie naturelle. L'opérateur peut néanmoins orienter le vagin artificiel afin de faciliter l'intromission du pénis (Boussit, 1989).

La collecte en elle-même (de l'introduction de la femelle à l'éjaculation) peut durer de quelques secondes à plusieurs minutes. (Boussit, 1989).

III-1.3. L'entraînement des jeunes mâles à la collecte

L'entraînement des jeunes mâles à la récolte avec un vagin artificiel chez les jeunes lapins peut débuter dès l'âge de 5 mois (Garcia-Thomas et *al.*, 2006 ; Lavara et *al.*, 2008 ; Theau-Clément et *al.*, 2009).

Des entraînements journaliers ou tous les deux jours sont recommandés lors de la première semaine (Morrell, 1995). Cependant, d'autres auteurs précisent que durant la phase d'entraînement une collecte d'une fois par semaine pendant deux semaines à un mois peut suffire (Garcia-Thomas et *al.*, 2006; Lavara et *al.*, 2008 et Theau-Clément et *al.*, 2009).

III-2. Evaluation de la qualité spermatique

III-2.1. Examens macroscopiques

III-2.1.1. Aspect

Le sperme normal est un liquide crémeux, épais, légèrement jaunâtre consistant en une suspension de spermatozoïdes dans le plasma séminal. Il devient plus clair au fur et à mesure que sa concentration en spermatozoïdes diminue (Hanzen, 2009).

Il contient parfois un gel muco-gélatineux secrété par les glandes annexes, plus ou moins consistant et transparent (Boussit, 1989).

III-2.1.2. Couleur

Le sperme a une coloration blanchâtre. En effet, la couleur peut être modifiée par la présence d'éléments anormaux, la couleur jaune peut être liée à la présence d'urine notamment lorsque la température de collecte était trop élevée, une précipitation grisâtre témoigne la présence de tissu génital mort ; la coloration rougeâtre voire rosée peut être due à la présence de sang (Boussit, 1989).

III-2.1.3. Volume

Le volume de sperme varie selon les individus, l'âge, le type génétique, les conditions d'élevage, la saison et la fréquence d'utilisation. Il varie aussi selon la race et le format. Par exemple, des Néo-Zélandais Blancs de un an ont fourni un volume moyen d'éjaculat de 0,41ml alors que des Deutch Belted dans les mêmes conditions, seulement 0,34 ml (Boussit, 1989).

III-2.1.4. pH

Le pH du sperme est mesuré à l'aide d'un pH-mètre ou à l'aide du papier indicateur. C'est une mesure qui se fait immédiatement après la récolte. En effet le sperme s'acidifie rapidement par formation d'acide lactique (Hanzen, 2009).

Le pH du sperme de lapin de qualité oscille entre 7,1 et 7,3 avec des extrêmes de 6,4 et 7,5. Un sperme alcalin est généralement peu fertile : concentration et motilité faibles (Boussit, 1989).

III-2.2. Examens microscopiques

III-2.2.1. La motilité individuelle

Désigne l'état des mouvements du spermatozoïde. L'examen de la motilité individuelle est réalisé après dilution (10 à 40) du sperme dans un dilueur (extendeur) ou 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 200 à 500 et la moyenne calculée.

La motilité d'un spermatozoïde peut être considérée comme bonne quand il traverse le champ du microscope assez 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 (la mesure est réalisée en utilisant une échelle allant de 0 à 5 ou de 0 à 4). 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).

III-2.2.2. La motilité massale

L'emploi du terme motilité et non mobilité signifie que les spermatozoïdes se meuvent par eux-mêmes et ne se déplacent pas passivement. La motilité massale dépend essentiellement de trois facteurs : la concentration, le pourcentage de spermatozoïdes mobiles et de la vitesse de déplacement de ses derniers. Ils doivent être pris en considération dans l'interprétation du score de la motilité massale (Hanzen, 2009).

L'intensité et le nombre des mouvements se traduisent par de véritables vagues observables après évaluation microscopique d'une goutte de semence brute sur lame et notée de 0 à 9, elle caractérise le mouvement de la masse de spermatozoïdes (Benchikh, 1995).

III-2.2.3. Le pourcentage de spermatozoïdes mobiles

Il est évalué en même temps qu'avec la motilité individuelle. Un sperme de bonne qualité doit posséder au moins 60 à 70% de spermatozoïdes mobiles avec une note de motilité individuelle de 3 à 4 (Boussit, 1989).

III-2.2.4. La concentration spermatique

La concentration du sperme est le nombre de spermatozoïdes par unité de volume. Les méthodes de comptage sont classées entre méthodes classiques et modernes.

La procédure classique est basée sur le dénombrement microscopique direct des spermatozoïdes immobiles et dilués (dispersés), observés à l'aide des lames spécialisées pour

numération cellulaire : hématimètres (Thomas, Neubauer, Butker-Turk et Makler). La concentration se réfère au nombre de spermatozoïdes contenu dans le volume de la chambre de comptage (Lakabi, 2016).

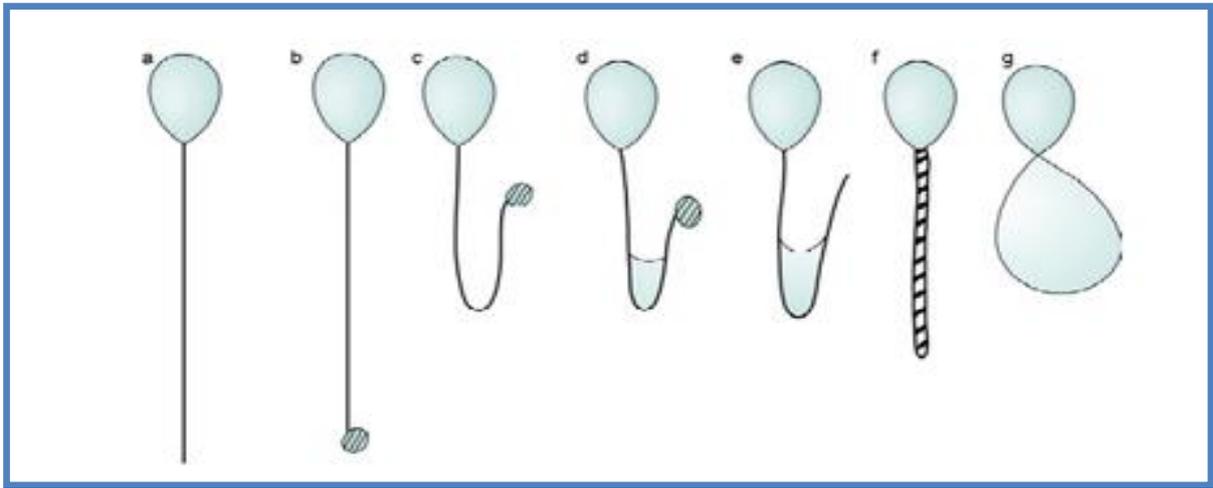
Les méthodes modernes comprennent deux techniques, à savoir : **la spectrophotométrie** où la concentration est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre, elle représente la technique la plus simple et la plus rapide chez les autres espèces, mais pas très fiable pour la semence de lapin qui renferme des particules séminales très réfringentes qui faussent les mesures de densité optique (Boussit, 1989). La deuxième technique est le **NucleoCounter** qui est basé sur la fluorescence de l'iodure de propidium fixé sur l'ADN des noyaux des spermatozoïdes, assisté d'un ordinateur pour l'estimation de la concentration en spermatozoïdes (Theau-Clément et Falieres, 2005 ; cité par Boulbina, 2011).

III-2.2.5. La viabilité

La notion de vitalité spermatique, ou bien, le spermatozoïde vivant ou mort est plutôt liée à l'intégrité membranaire de cette cellule. L'estimation de l'intégrité membranaire peut être élaborée par plusieurs méthodes (Mocé et Graham, 2008). Ce test permet de vérifier l'évaluation de la motilité. Cependant, le pourcentage des cellules mortes ne doit pas excéder celui des immobiles ; inversement, le pourcentage des cellules viables dépasse normalement celui des immobiles (Lakabi, 2016).

Différentes colorations, telle que «l'Eosine /Nigrosine» (Bamba, 1988), permettent d'estimer l'intégrité membranaire par principe où les dommages de la membrane laissent pénétrer le colorant à l'intérieur de la cellule. Le spermatozoïde non viable prend la coloration de l'Eosine (rose), le Nigrosine (bleu-violet) constitue le fond, les cellules vivantes restent incolores (Garcia-Thomas et al., 2006).

Le test hypo-osmotique ou HOST «Hypo-Osmotic Swelling Test » permet d'évaluer l'intégrité membranaire des cellules. Lorsque la cellule est exposée à des conditions hypo-osmotiques, l'eau va pénétrer dans le milieu intracellulaire jusqu'à ce que l'équilibre osmotique soit atteint de part et d'autre de la membrane. La cellule va donc gonfler. Ce phénomène est particulièrement visible au niveau des spermatozoïdes qui vont montrer une incurvation de leur flagelle (Figure 3) ou un gonflement de ce dernier (Pena Martinez, 2004).



a: spermatozoïde sans changement morphologique, **b-g** : différents types de changements de la queue des spermatozoïdes dus à des gonflements.

Figure 3 : Différents degrés de HOST observés sur les spermatozoïdes

<https://www.afcivf.com/andrology.html>

III-2.2.6. La morphologie des spermatozoïdes

L'analyse classique de la morphologie utilise plusieurs types de coloration comme l'Eosine /Nigrosine, Trypan Blue, Giemsa, Papanicolaou et Diff-Quik, qui font apparaître les différentes structures et permettent d'identifier les diverses anomalies (Foxcroft et *al.*, 2008). Elle est basée premièrement sur la localisation de l'origine de l'anomalie i.e. primaire (lors de la spermatogénèse) ou secondaire (lors de la maturation épидидymaire), deuxièmement sur la capacité fertilisante désignée par anomalie majeur ou mineur et enfin sur la localisation des anomalies sur différents segments de la cellule (l'acrosome, la tête, la pièce intermédiaire ou la queue) (Boussit, 1989 ; Lakabi, 2016).

Il existe d'autres techniques récentes et plus objectives qui étudient la morphologie des spermatozoïdes comme l'analyse automatisée de la morphologie des spermatozoïdes (ASMA), l'évaluation de la structure de la chromatine (SCSA) ou encore la microscopie électronique (Boiti, 2005).

Partie 2 - Expérimentation

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet des facteurs climatiques (la saison, la température et l'hygrométrie) sur le comportement sexuel et les paramètres spermatiques du lapin mâle de population locale.

Matériel et méthodes

I-1. Lieu et durée de l'expérimentation

L'expérimentation a eu lieu au niveau du clapier de l'École Nationale Supérieure Vétérinaire d'Alger, durant trois saisons : 5 semaines en hiver (décembre et janvier) ; 6 semaines au printemps (mars et avril) et 6 semaines en été (juillet et août).

I-2. Le logement

La superficie du clapier est de 72 m². Il est construit en dur et possède une charpente de type métallique. L'aération statique est assurée par 6 fenêtres (type vasistas), ainsi qu'une faîtière tout le long du bâtiment, l'éclairage est de type naturel (Figure 4).



Figure 4 : Bâtiment de l'élevage (vue de l'intérieur et de l'extérieur)
(Photos personnelles, 2018).

I-3. Le 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 de 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 le sol carrelé (Figure 5).

La température et l'hygrométrie du clapier sont mesurées quotidiennement à 9h du matin et à 13h, à l'aide d'un thermo-hygromètre digital. L'indice reliant la température à l'hygrométrie (THI : Temperature humidity index) a été estimé à partir de l'équation mise au point

pour les lapins (Marai et al., 2002a) :

$$THI = db^{\circ}C - [(0,31 - 0,31(RH / 100))(db^{\circ}C - 14,4)]$$

db°C : la température ambiante en °C.

RH : l'hygrométrie en %.



Figure 5 : Batteries d'élevage et de collecte (Photo personnelle, 2018).

I-4. Les animaux

L'expérimentation a été réalisée sur des lapins de population locale dont les robes sont de différentes couleurs (Figure 6), l'âge de ces lapins variait entre 09 et 11 mois.



Figure 6 : Quelques phénotypes de lapin de population locale utilisés

(Photos personnelles, 2018)

Leur effectif était comme suit :

- ✓ Treize (13) lapins en hiver d'un poids moyen de $3232,58 \pm 56,34$ g.
- ✓ Neuf (09) lapins en printemps d'un poids moyen de $3227,74 \pm 61,34$ g.
- ✓ Douze (12) lapins en été avec un poids moyen de $3277,56 \pm 54,83$ g.

I-5. L'alimentation et l'abreuvement

Les lapins étaient nourris et abreuvés *ad libitum*. L'aliment distribué est de type granulé spécial lapin. Il est composé de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son, de calcaire, de phosphate bicalcique et de CMV spécial lapin.

I-6. La conduite expérimentale

La collecte de la semence est effectuée une fois par semaine avec deux éjaculats successifs séparés par 10 à 20 mn et cela, entre 9 heures et 11 heures du matin. La moyenne des deux éjaculats est considérée dans la présentation et l'interprétation des résultats.

Le poids corporel et la consommation alimentaire des lapins utilisés ont été mesurés toutes les semaines.

I-7. Méthodes de récolte et d'analyse de la semence

I-7.1. Récolte de la semence

I-7.1.1. La préparation du matériel de collecte

La semence est collectée à l'aide d'un vagin artificiel en silicone (Figure 7). Ce dernier est plongé dans l'eau chaude et n'est utilisé que lorsque sa température se situe entre 40° et 45°C (Morrell, 1995).



Figure 7 : vagin artificiel en silicone (Photo personnelle, 2018).

I-7.1.2.La préparation des mâles et la récolte spermatique

Au moment de la préparation du vagin artificiel, la lapine boute-en-train est laissée sur les cages des mâles pour les stimuler (Figure 8), (Boiti *et al.*, 2005).

Une fois le vagin artificiel prêt à utiliser, la lapine est introduite dans la cage du mâle. Quand ce dernier tend à la chevaucher, la femelle est immobilisée par le préleveur. La main libre tenant le vagin artificiel passe sous l'abdomen entre les deux membres postérieurs de la femelle, et oriente le vagin artificiel afin de faciliter l'intromission du pénis (Figure 8). Après l'éjaculation, le mâle émet un cri caractéristique et tombe sur le côté.

L'ardeur sexuelle ou libido, mesurée à l'aide d'un chronomètre, est le temps écoulé entre l'introduction de la femelle dans la cage du mâle et l'éjaculation.



Figure 8 : **A** : femelle boute-en-train sur les cages des mâles, **B** : la collecte de semence sur un mâle en utilisant un vagin artificiel et une femelle boute-en-train (photos personnelles, 2018).

I-7.2.Méthodes d'analyse de la semence

I-7.2.1.Le pH

Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre immédiatement après la récolte.

I-7.2.2.La couleur

Elle est déterminée par observation de la semence dans le tube de collecte transparent. Une note de 0 à 3 est attribuée à l'échantillon selon la grille citée par Roca *et al.* (1993) (Tableau 11).

N.B : Les prélèvements de sperme de couleur jaunâtre (présence d'urine) ou rougeâtre à rosée (présence du sang) sont éliminés.

Tableau 11 : Grille déterminant la couleur du sperme (Roca *et al.*, 1993).

| Note | Couleur |
|------|--|
| 0 | Sperme contaminé avec l'urine (jaunâtre) ou le sang (rosâtre ou rougeâtre) |
| 1 | Sperme blanc aqueux |
| 2 | Sperme blanc laiteux |
| 3 | Sperme blanc nacré ou blanc ivoire |

I-7.2.3.Le volume

Le volume total de l'éjaculat recueilli est mesuré par lecture directe sur le tube gradué servant à la collecte. Si le sperme recueilli contient du gel, ce dernier est retiré pour déterminer le volume sans gel.

Une fois le sperme récolté, les prélèvements sont acheminés vers le laboratoire dans un thermos et placés dans un bain marie à 37°C dans un délai ne dépassant pas les 40 minutes, pour procéder à l'évaluation microscopique de la semence. Tout le matériel utilisé dans l'analyse de la semence est gardé à une température de 37°C à l'aide d'une plaque chauffante et d'un bain marie. Un microscope optique à plaque chauffante est utilisé pour effectuer les analyses microscopiques.

I-7.2.4.La motilité massale

Elle est estimée sous microscope à plaque chauffante au grossissement x100. Une microgoutte de sperme est déposée sur la lame et le mouvement global des spermatozoïdes est apprécié en fonction de l'intensité des vagues observables. Une note de 0 (pas de spermatozoïdes) à 9 (aspect de tourbillons) est attribuée à l'échantillon selon la grille de Petitjean (1965) (cité par Boussit, 1989) (Tableau 12).

Tableau 12: Grille de Petitjean (1965) pour la notation de la motilité d'ensemble (Boussit, 1989).

| Note | Nature et intensité du mouvement |
|------|--|
| 0 | Pas de spermatozoïdes |
| 1 | Spermatozoïdes immobiles |
| 2 | Quelques spermatozoïdes agités, oscillants sur place |
| 3 | Beaucoup de spermatozoïdes agités sans déplacement notable |
| 4 | Quelques spermatozoïdes immobiles, quelques spermatozoïdes agités sur place, quelques spermatozoïdes mobiles |
| 5 | Idem que 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 | Idem que 6 avec amorce de mouvements de vagues lents |
| 8 | Idem que 7 avec mouvements de vagues lents |
| 9 | Vagues énergiques. Aspect de tourbillons. Motilité excellente |

I-7.2.5.La motilité individuelle

Une goutte de sperme dilué dans 1cc de sérum physiologique (NaCl 0,9%) tiède est placée entre lame et lamelle et observée au microscope avec un grossissement x400. Après l'examen de 5 champs d'une même préparation, le type des mouvements des spermatozoïdes est noté en utilisant l'échelle d'Andrieu (1974) allant de 0 à 4 (cité par Boussit, 1989) (Tableau 13).

Tableau 13: Echelle d'Andrieu(1974) pour la notation de la motilité individuelle (Boussit, 1989).

| Note | Motilité individuelle |
|------|--|
| 0 | Spermatozoïdes immobiles |
| 1 | Les spermatozoïdes ont des mouvements 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 égal à leur longueur ou de cercles de larges diamètres (plusieurs fois la longueur des gamètes) |
| 4 | Les spermatozoïdes se déplacent rapidement le long d'une hélice de faible diamètre |

I-7.2.6.Le pourcentage de spermatozoïdes mobiles

L'estimation visuelle du pourcentage de spermatozoïdes mobiles est réalisée en même temps que l'estimation de la motilité individuelle. Elle est effectuée avec le même grossissement et sur les mêmes champs (Baril *et al.*, 1993).

I-7.2.7.La concentration

Cette mesure consiste à déterminer le nombre de spermatozoïdes par millilitre de semence pure en utilisant un hématimètre de type cellule de Thoma (Figure 8). Cette dernière est composée de deux grilles (A et B). Chacune est divisée en 16 grands carreaux, eux-mêmes divisés en 16 petits carreaux d'une surface de $1/400 \text{ mm}^2$ ($1/20 \times 1/20 \text{ mm}$). La distance entre la lame et la lamelle étant constante ($1/10 \text{ mm}$), le volume est de $1/4000 \text{ mm}^3$ pour un carreau. En comptant 5 grands carreaux par grille, le volume exploré est de $2/100 \text{ mm}^3$ ($16 \times 5 \times 1/4000$). Si le nombre moyen de spermatozoïdes comptés dans les deux grilles A et B égale à N ($(A+B)/2$) et la dilution de la semence est de $1/200$, la concentration réelle de l'éjaculat est la suivante :

$$\mathbf{N \times 100/2 \times 200 \text{ spermatozoïdes} / \text{mm}^3 = \mathbf{N \times 10 \times 10^6 \text{ spermatozoïdes} / \text{ml}}$$

Les différentes étapes à suivre pour l'hématimètre sont les suivantes :

- Prélever précisément 10 μl de semence pure et la diluer dans 2 ml de sérum physiologique formulé à savoir une dilution au $1/200$, puis homogénéiser la solution.
- Préparer l'hématimètre en pressant fortement la lamelle sur les côtés de la grille. Cette manipulation permet de faire adhérer la lamelle à l'hématimètre.
- Déposer une goutte de la solution de dilution sans bulles d'air avec une micropipette, au centre de la lamelle. La gouttelette, par capillarité, se répartit alors entre lame et lamelle.
- Laisser reposer quelques minutes afin que les spermatozoïdes se déposent sur le fond de la lame.
- Placer avec soin l'hématimètre sous le microscope avec un grossissement $\times 400$.
- Les spermatozoïdes sont comptés sur 5 grands carrés. Afin d'éviter de surévaluer le nombre des spermatozoïdes, les éléments situés entre deux carrés, ils ne sont comptés que ceux qui sont à

cheval sur les graduations, en général ceux formant la lettre L (Figure 9) (Baril et *al.*, 1993; Bouguerra, 2005).

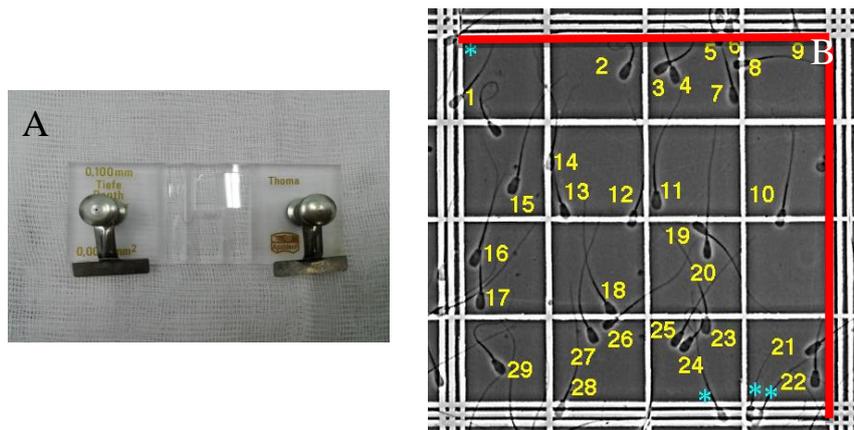


Figure 9 : **A** : cellule de Thoma (Photo personnelle, 2018), **B** : comptage des spermatozoïdes avec la cellule de Thoma (spermatozoïdes indiqués par * ne sont pas comptés car ils ont soit plus de leur moitié en dehors de la zone du comptage soit ils ne sont pas sur le bord haut ou droit du grand carreau) (www.ansci.wisc.edu).

I-7.2.8. Le nombre de spermatozoïdes par éjaculat

Il est déterminé en multipliant le nombre de spermatozoïdes obtenu par millilitre par le volume de l'éjaculat correspondant en millilitre.

I-7.2.9. Le pourcentage de spermatozoïdes vivants

Une goutte de semence ajoutée à une goutte d'éosine et une autre de nigrosine ont été homogénéisées pendant 10 secondes et laissées au repos pendant 50 secondes dans un bain-Marie. Ce mélange est ensuite étalé délicatement sur une lame à l'aide d'une lamelle et séché à l'air libre. Sous un microscope au grossissement x400, cent spermatozoïdes sont comptés, parmi lesquels sont relevés les spermatozoïdes colorés qui correspondent aux spermatozoïdes morts dont la membrane est perméable à la coloration rose et les cellules non colorés qui correspondent aux spermatozoïdes vivants (Figure 10).



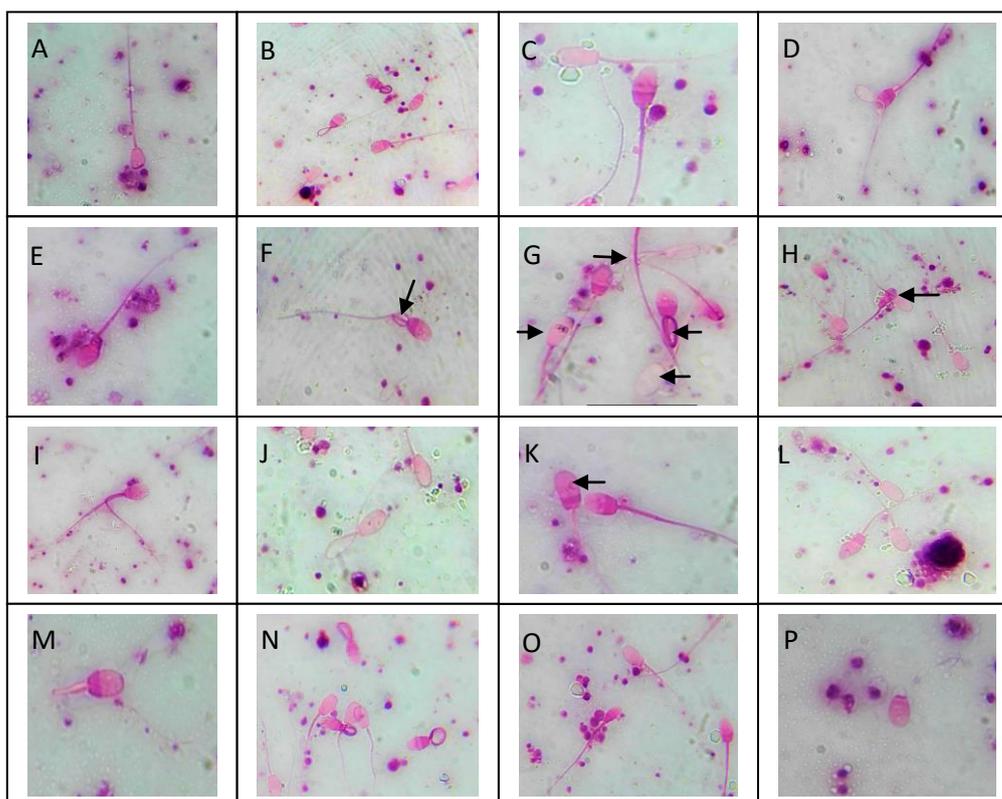
Figure 10: vue sous microscope de la lame après une coloration vitale à l'éosine-nigrosine (Photo personnelle, 2018)

I-7.2.10. Le spermocytogramme :

La même lame ayant servi au dénombrement des spermatozoïdes vivants est utilisée pour déceler les anomalies sur 100 spermatozoïdes, à l'aide d'un microscope à immersion au grossissement x1000. Le nombre concerne l'ensemble des anomalies sans distinction. Les catégories considérées ont été décrites par Blom cité par Briffaut (2007) :

- Spermatozoïdes avec une anomalie au niveau de la tête.
- Spermatozoïdes avec une anomalie au niveau de l'acrosome.
- Spermatozoïdes avec une anomalie au niveau de la pièce intermédiaire.
- Spermatozoïdes avec une anomalie au niveau du flagelle.
- Spermatozoïdes avec une gouttelette cytoplasmique proximale.
- Spermatozoïdes avec une gouttelette cytoplasmique distale.

Les différentes anomalies rencontrées dans le sperme des lapins étudiés sont illustrées dans la figure 11.



A : anomalie de l'acrosome, **B** : anomalies de la queue, **C** : anomalie de la tête (macrocéphale),
D : anomalie de la pièce intermédiaire, **E** : anomalie de la tête et implantation abaxiale,
F : gouttelette cytoplasmique proximale, **G** : anomalies de la tête et de la queue, **H** : anomalie de la tête (tête étroite), **I** : double flagelle, **J** : anomalie de la queue, **K** : macrocéphale, **L** : anomalie de l'acrosome, **M** : anomalie de la queue, **N** : anomalies de la queue, **O** : anomalie de la tête (microcéphale), **P** : tête sans queue.

Figure 11 : Quelques types d'anomalies des spermatozoïdes observées dans le sperme des lapins étudiés (Photos personnelles, 2018).

II- 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).

La comparaison entre les différentes saisons étudiées a utilisé l'ANOVA, et une analyse de régression linéaire pour déterminer l'effet de THI sur le comportement sexuel et les paramètres spermatiques de lapins de la population locale (le seuil de signification est d'au moins 5%).

L'analyse est effectuées à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).

Partie 3 - Résultats et discussion

I. Paramètres d'ambiance

Le tableau 14 regroupe les valeurs de la température et de l'hygrométrie ambiantes diurnes moyennes, enregistrées au cours des trois saisons. Les valeurs moyennes calculées de THI sont également présentées dans le tableau 14.

Tableau 14: Température et hygrométrie ambiantes diurnes moyennes enregistrées et THI calculé au cours de l'expérimentation (Moyenne \pm écart-type).

| Saison | Température (°C) | | | Hygrométrie (%) | | | THI | | |
|-----------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------|------------------|--------------------------------|
| | 1 ^{ère} | 2 ^{ème} | Moy | 1 ^{ère} | 2 ^{ème} | Moy | 1 ^{ère} | 2 ^{ème} | Moy |
| Hiver | 11,8 \pm 2,5 | 17,6 \pm 4,3 | 14,7\pm3,3 | 84,8 \pm 5,2 | 67,5 \pm 10 | 76,2\pm7,3 | 11,9 \pm 2,4 | 17,2 \pm 3,8 | 14,6\pm3,1 |
| Printemps | 18,3 \pm 2,2 | 21,9 \pm 3,0 | 20,1\pm2,5 | 79,1 \pm 7,5 | 56,9 \pm 6,4 | 68,0\pm5,9 | 18,0 \pm 2,1 | 20,9 \pm 2,5 | 19,6\pm2,3 |
| Été | 30,1 \pm 1,2 | 35 \pm 1,4 | 32,5\pm1,2 | 65,4 \pm 10,5 | 51,6 \pm 9,2 | 58,5\pm7,9 | 28,3 \pm 0,8 | 31,9 \pm 1,1 | 30,2\pm0,8 |

1^{ère} : la lecture à 9 heures. 2^{ème} : la lecture à 13 heures.

En hiver, les valeurs de la température et de l'hygrométrie diurnes moyennes enregistrées atteignent respectivement 14,7°C et 76,2%, mettant ainsi les lapins justes au-dessous de leur zone du confort thermique située entre 15 et 20°C selon Finzi (1990) et Moussa-Balabel (2004). Durant le printemps on note une augmentation de la température (20,1°C) et une diminution de l'hygrométrie (68%), cette augmentation de température remet les lapins dans leur zone du confort thermique. En été la température continue son augmentation, la valeur diurne moyenne enregistrée durant la saison est de 32,5°C, en parallèle l'hygrométrie continue sa diminution (58,5%).

Les valeurs moyennes calculées de l'indice reliant la température à l'hygrométrie THI en hiver, printemps et été sont respectivement de : 14,6 \pm 3,1 ; 19,6 \pm 2,3 et 30,2 \pm 0,8. Le THI évolue proportionnellement avec la température et inversement avec l'hygrométrie (tableau 14), les données enregistrées en hiver et au printemps indiquent une absence de stress thermique, alors qu'en été un THI >30 expose les lapins à un stress thermique très sévère (Marai et al., 2002a).

II. L'effet de la saison sur la consommation alimentaire et le poids corporel

Le tableau 15 regroupe les résultats de l'ingéré alimentaire et le gain de poids enregistrés au cours de l'expérimentation.

Le gain de poids corporel des lapins, mesuré entre la première et la dernière semaine de chaque saison est plus élevé au printemps par rapport à l'hiver et surtout l'été : 129,03 vs 105,18g et 81,76g respectivement, sans que cette différence soit significative ($p > 0,05$).

Les différences de la consommation alimentaire moyenne quotidienne (CMQ) entre les trois saisons sont significatives avec $p < 0,0001$, où l'ingère le plus élevé est enregistré en hiver avec une diminution moyenne d'une saison à une autre de -14,5%.

De plus, la CMQ est négativement corrélée au THI ($p < 0,0001$) avec un coefficient de régression de -2,12.

Tableau 15: L'évolution du poids corporel des lapins selon la saison (moyenne \pm erreur standard).

| Poids | saison | Hiver | Printemps | Été | THI | P |
|--|--------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------|
| Poids à la 1 ^{ère} semaine(g) | | 3232,6 \pm 56,3 | 3227,7 \pm 61,2 | 3277,6 \pm 54,8 | - | NS |
| Poids à la dernière semaine (g) | | 3337,8 \pm 60,1 | 3295,2 \pm 54,2 | 3359,3 \pm 59,1 | - | NS |
| Gain de poids (g) | | 105,6 \pm 25 | 129 \pm 29,6 | 81,8 \pm 11,1 | - | NS |
| Ingéré alimentaire (g/individu /j) | | 129,6 \pm 2,4 ^a | 112,2 \pm 3,4 ^b | 94,5 \pm 2,1 ^c | - 2,1 \pm 0,23* | <0,0001 |

* : coefficient de régression \pm erreur standard.

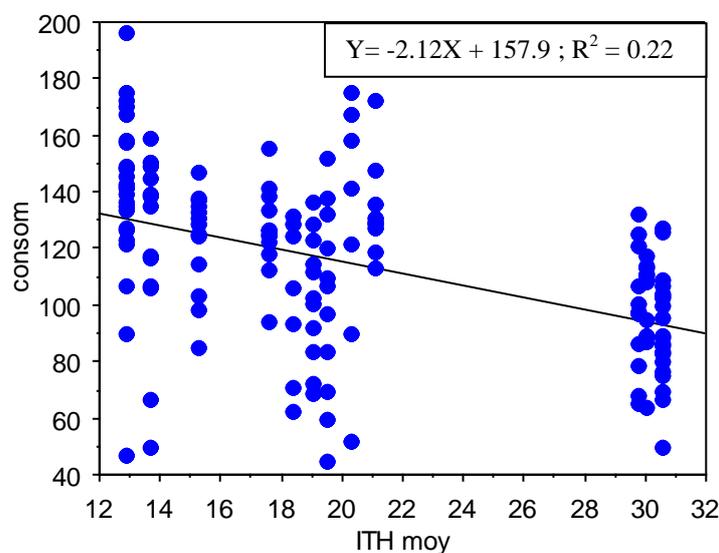


Figure 12: La corrélation entre la consommation alimentaire moyenne quotidienne et les valeurs de THI.

Nos résultats corroborent ceux obtenus par Boulbina en 2011, qui estime cette même diminution chez les lapins de population locale à 15,7% (96,8g en été vs 114,8g au printemps). Marai et *al.* (2008) ont rapporté que chez des lapins mâles Néo-Zélandais élevés en Egypte, la CMQ durant la saison chaude (de mai à septembre) est de - 26% par rapport à la saison de thermo-neutralité (d'octobre à avril) (95,3 g vs 129,1 g). De plus, il est signalé qu'à 30°C, seulement 60 à

70% de la quantité d'aliment est consommée par rapport à celle consommée à 20°C (Lebas et *al.*, 1986 cités par Marai et *al.*, 2002).

Cependant, nos résultats montrent que la réduction de l'ingéré alimentaire ne semble pas influencer le poids des lapins adultes de population locale.

III. Taux de récoltes utiles en fonction de la saison

Les valeurs moyennes du taux de la réponse positive aux sollicitations, du taux des éjaculats utiles et celui des éjaculats avec gel sont reportées dans le tableau 16.

Nos résultats montrent que durant l'hiver, le taux moyen de réponses positives aux sollicitations est de 98,4%, alors qu'il est de 96,4% durant l'été, avec un écart de 2,03% entre les deux saisons, cette même différence a été soulignée par Nizza et *al.* (2003) mais avec un écart plus important de 11,6% (0,86 vs 0,76 en hiver et en été respectivement). De plus, les mâles prélevés au printemps répondent positivement à toutes les sollicitations, en accord avec les résultats de Boulbina (2011) sur les mâles de la même population étudiés en été et au printemps (96,7% vs 100%).

Le taux moyen de réponse positive des mâles de population locale dans notre étude est de 98,1%, similaire à celui donné par Boulbina en 2011 (98,4%). Garcia-Tomas et *al.* (2006) ont estimé ce même taux à 93,9% chez des lignées dénommées C et R. Par ailleurs, Brun et *al.* (2006) et Nizza et *al.* (2001 et 2003) trouvent des taux moins élevés, avoisinant respectivement 88,5% chez des lignées L et H et 85,1% chez la souche Hyla.

Le taux des éjaculats utiles obtenues au printemps est plus important que celui en hiver (+6,12%) et en été (+1,12%). Une étude précédente réalisée sur des lapins de population locale a déjà montré que le taux des éjaculats utiles obtenues au printemps est meilleur qu'en été (+3,3%, Boulbina, 2011),

Dans nos conditions expérimentales, la souillure par l'urine est la cause principale d'élimination des éjaculats, notons en hiver (70%) d'éjaculats éliminés pour présence d'urine, suivies de (30%) pour la présence de sang. Tandis qu'au printemps et en été la présence d'urine est la seule cause d'élimination (100%). Toutefois, le taux d'éjaculats souillés par l'urine est le plus élevé en hiver (5,5% vs 2,9% en été et 1,8% au printemps). En revanche, Garcia -Tomas et *al.*, (2008) ont reporté que pour un THI-16 les souillures par l'urine est les plus faibles en comparaison avec un THI-20 et THI-22. Boulbina (2011) aussi souligne l'augmentation de présence d'urine dans l'éjaculat en été par rapport au printemps. Boulbina (2011) reporte que la présence du sang composait 28,52% des causes d'élimination des éjaculats au printemps avec son absence en été.

La souillure par l'urine serait liée à l'utilisation du vagin artificiel et probablement à des troubles nerveux selon Bencheikh (1995).

Le taux d'éjaculats présentant un gel, mesuré dans nos conditions expérimentales, est plus élevé en été par rapport aux deux autres saisons avec un écart moyen de + 10,5%. Cependant, d'autres études ont montré qu'il existe une corrélation négative entre le taux des éjaculats avec gel et la température ambiante (Boulbina, 2011, Garcia -Tomas *et al.*, 2008).

D'un autre côté, nos résultats montrent que malgré le taux élevé du gel en été son volume reste faible par rapport à celui du printemps et de l'hiver (résultat non montré). Roca *et al.* (2005), justifient la diminution de la quantité du gel dans les éjaculats récoltés en été par une faible gélatinisation du plasma séminale liée un effet négatif des températures ambiantes élevées enregistrées durant la même période.

Tableau 16: L'effet de la saison sur les réponses aux sollicitations, taux des éjaculats utiles et présentant un gel chez les lapins mâles de population locale.

| Éjaculat | Hiver | Printemps | Été | Total |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Nombre de sollicitations | 128 | 108 | 138 | 374 |
| Nombre des éjaculats collectés | 126 | 108 | 133 | 367 |
| Réponse aux sollicitations(%) | 98,4 | 100 | 96,4 | 98,1 |
| Nombre des éjaculats éliminés | 10 | 2 | 4 | 16 |
| Causes d'élimination : | | | | |
| Présence d'urine | 7 | 2 | 4 | 13 |
| Présence du sang | 3 | 0 | 0 | 3 |
| Nombre des éjaculats utiles ou analysés | 116 | 106 | 129 | 351 |
| Taux des éjaculats utiles ou analysés (%) | 92,1 | 98,1 | 97,0 | 95,6 |
| Nombre des éjaculats avec gel | 43 | 40 | 54 | 137 |
| Taux des éjaculats avec gel (%) | 37,1 | 37,7 | 41,8 | 39,03 |

IV. L'effet de la saison sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence

L'effet de la saison sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence chez les lapins de population locales est présenté à travers les résultats regroupés dans le tableau 17.

Des différences significatives sont observées entre les données de tous les paramètres analysés chez les lapins, sauf la concentration en spermatozoïdes par millilitre.

IV.1. Ardeur sexuelle ou libido

Nos résultats montrent que la libido est significativement altéré en été par rapport au printemps et à l'hiver (16,97s vs 7,71s et 7,67s respectivement) (figure 13), avec un écart moyen de +54,7% ($p < 0,0001$), cet effet a été déjà montré précédemment par plusieurs auteurs qui ont étudié l'effet de différentes saisons chez différentes races de lapin dans différents climats (Boulbina 2011 ; El-

Tohamy et al., 2012 ; Nizza et al., 2003 ; Safaa et al., 2008). Toutefois, on note que la libido du lapin local est meilleure dans toutes les saisons en le comparant avec les autres races de lapins impliquées dans les études précitées (souche Hyla, race Néo-Zélandaise et Black Baladi).

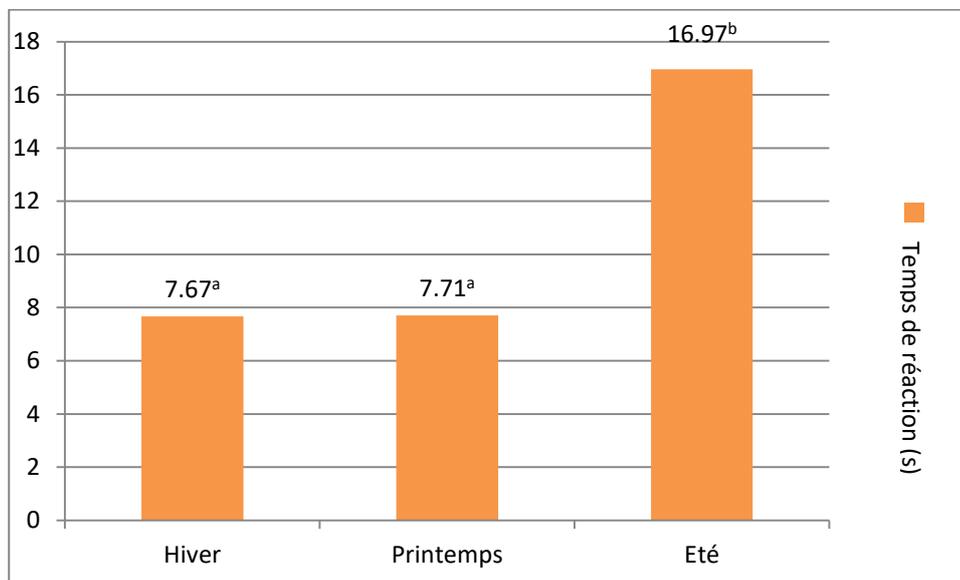


Figure 13 : le temps de réaction des mâles en fonction de la saison.

IV.2. Aspects quantitatifs

Dans notre étude, le volume total et le volume sans gel collecté en été sont significativement de moindre quantité que ceux collectés en hiver et au printemps avec $p < 0,01$ et $p < 0,005$ respectivement (figure 14), en accord avec les résultats obtenus sur la semence des lapins mâles de même population (Boulbina, 2011). De même, certains chercheurs ont noté cette dépréciation de volume spermatique récolté en été par rapport aux autres saisons de l'année en étudiant différentes races de lapins (Marai et al., 2002b ; Safaa et al., 2008 et El-Tohamy et al., 2012). Cependant, Mathur et al., (1989) et El-Masry et al., (1994) ne rapportent aucun effet significatif entre les saisons concernant les deux paramètres. Roca et al., (2005) signalent que seul le volume sans gel est influencé significativement par la saison. Alors que Nizza et al., 2003 indiquent que le volume de l'éjaculat est significativement plus important en été qu'en hiver.

Les changements du volume de l'éjaculat peuvent être dus à une hypoactivité des glandes annexes et des testicules due à l'effet néfaste des températures ambiantes élevées. Cette hypoactivité est liée à la sécrétion de la testostérone qui atteint ces concentrations les plus basses en été (Marai et al., 2002a).

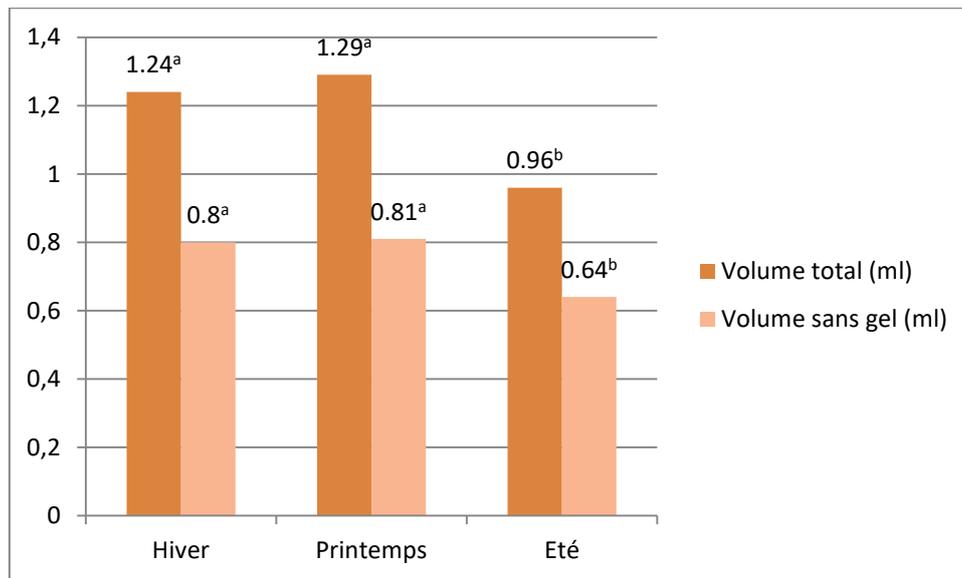


Figure 14 : le volume total et le volume sans gel de l'éjaculat en fonction de la saison.

Dans nos conditions expérimentales, la concentration en spermatozoïdes par millilitre est la plus élevée au printemps et la plus faible en été sans que cette différence soit significative (figure 15). L'absence d'effet saison sur ce paramètre a été déjà souligné par Roca et *al.*, (2005) et El-Tohamy et *al.*, (2012). Cette stabilité de la concentration spermatique entre les différentes saisons étudiées semble être liée à la diminution du volume spermatique déjà signalée. En effet, la concentration spermatique par éjaculat pourrait être donc un meilleur indicateur sur la production des spermatozoïdes (El-Tohamy et *al.*, 2012) .

L'écart entre la concentration en spermatozoïdes par éjaculat, pour l'été et les deux autres saisons est en moyenne de – 30,7% avec $p < 0,001$, ceci est en accord avec les résultats de Marai et *al.*(2002b), Safaa et *al.*(2008) et El-Tohamy et *al.*, (2012).

L'effet négatif de la saison estivale sur la production des spermatozoïdes serait lié au stress thermique chronique qui affecte les structures microscopiques des testicules (la taille et l'organisation des tubes et de l'épithélium séminifères) et augmente l'apoptose des cellules germinales dans les tubes séminifères (Pei et *al.*, 2012) . Ces observations semblent être dues à une diminution des hormones gonadotropes et des androgènes (El Sherry et *al.*, 1980 et El Masry et *al.*, 1994).

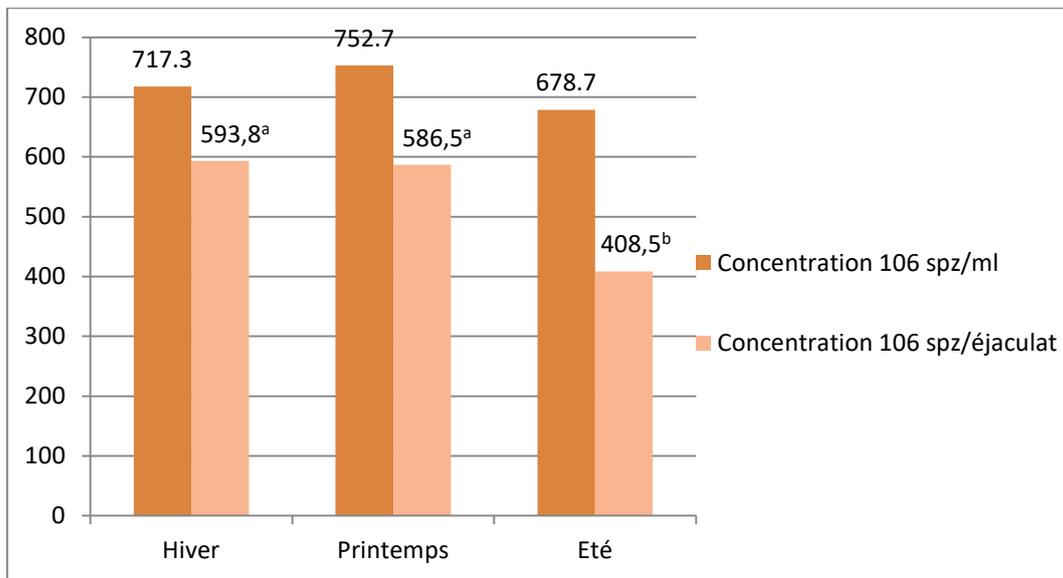


Figure 15: la concentration en spermatozoïdes et par éjaculat en fonction de la saison

IV.3. Aspects qualitatifs

Dans notre étude, la note attribuée à la couleur de l'éjaculat est significativement différente entre les trois saisons ($p < 0,05$) (figure 16) où la valeur la plus faible est enregistrée en été en accord avec les résultats de Boulbina en 2011. Selon Roca *et al.* (1993) la couleur est positivement corrélée à la concentration spermatique.

La différence du pH spermatique entre le printemps et les deux autres saisons n'est pas significative (figure 16). L'absence d'effet de la saison sur le pH a été déjà signalée par plusieurs auteurs (Boulbina 2011; Mathur *et al.*, 1989 ; Nizza *et al.*, 2003). Par ailleurs, ce paramètre qualitatif est significativement plus faible en été par rapport à l'hiver ($p < 0,001$), en accord avec El-Tohamy *et al.*, (2012). Mais toutefois, l'amplitude des variations de pH entre les différentes saisons reste faible et sa valeur est en moyenne de 7,23.

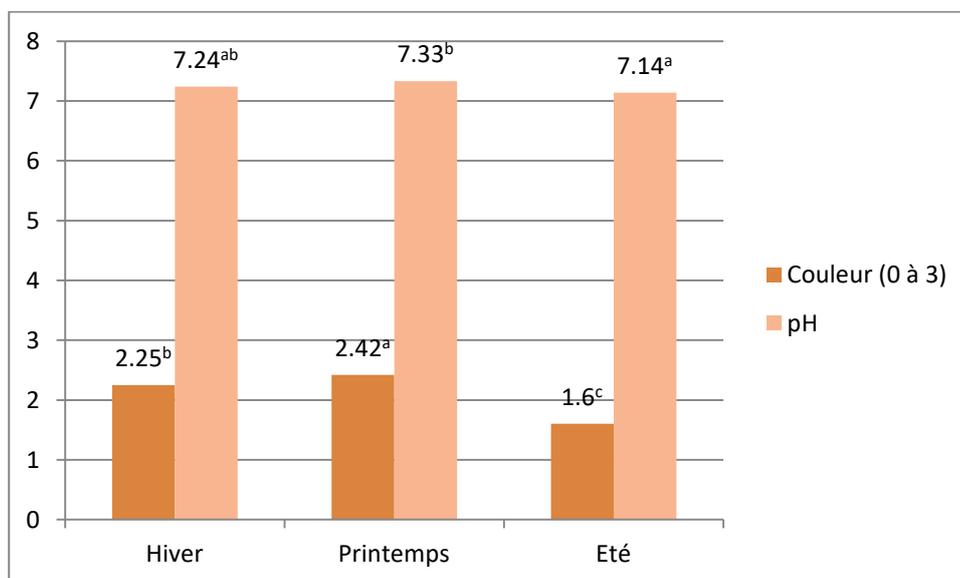


Figure 16: la couleur et le pH de l'éjaculat en fonction de la saison.

Dans nos conditions expérimentales, la mobilité de spermatozoïdes est significativement différente entre les trois saisons avec une meilleure motilité et mobilité au printemps ($p < 0,001$) (Figure 17), en accord avec Boulbina (2011), Rodríguez-De Laraet *al.*(2008) et Mathur et *al.*(1989). El-Masry et *al.*(1994) et Nizza et *al.*, (2003) ne trouvent aucune différence significative entre la mobilité de spermatozoïdes en été et en hiver, avec meilleure mobilité en été enregistré par Nizza et *al.*, (2003). Roca et *al.*, (2005) rapportent l'existence de différence significative entre la mobilité de spermatozoïdes en été et au printemps, sans que cette différence soit significative entre chaque une des deux saisons et l'hiver. Cette variation entre les saisons est probablement due à une augmentation des anomalies surtout celles du flagelle associés à la température élevée en été (Finzi et *al.*, 1995).

Dans nos conditions expérimentales, la viabilité des spermatozoïdes est altérée en été avec un écart de -31,4% et de -24,2% par rapport au printemps et l'hiver respectivement (Figure 17). En plus, la différence entre les trois saisons est significative ($p < 0,005$) en accord avec Boulbina (2011); Mathur et *al.*(1989) ; Safaa et *al.*(2008) et El-Tohamy et *al.*(2012). Cependant, d'autres auteurs ne trouvent aucune différence significative concernant la viabilité des spermatozoïdes liée à la saison (El-Masry et *al.*, 1994 ; Nizza et *al.*, 2003). Cette variabilité saisonnière pourrait s'expliquer par des variations dans la fonction épидидymaire contrôlée par la testostérone, elle-même affectée par la durée de jour et la température durant l'année (Marai et *al.*, 2002a).

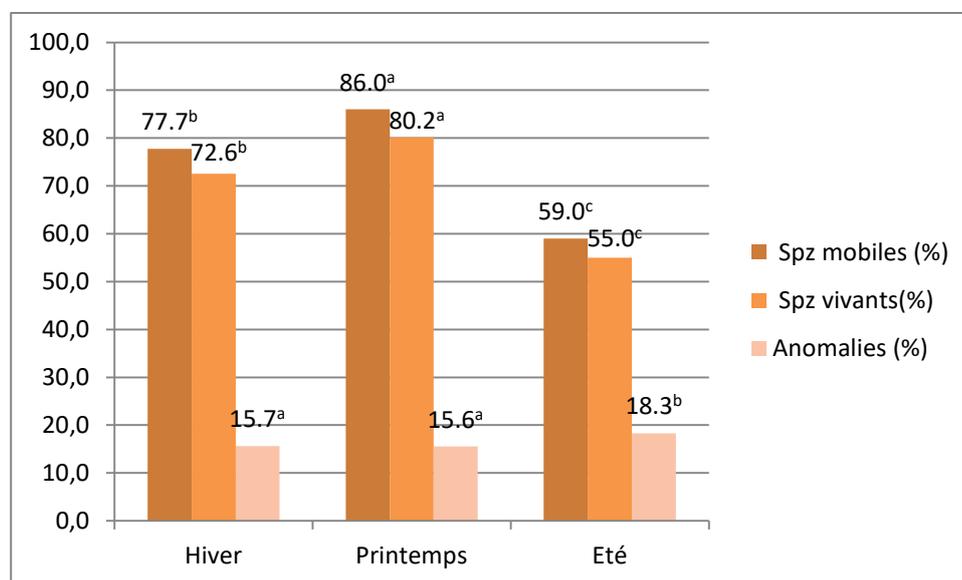


Figure 17: la motilité, la viabilité et les anomalies de spermatozoïdes en fonction de la saison.

IV.4. Anomalies des spermatozoïdes

Les anomalies de spermatozoïdes observées durant notre étude sont significativement plus importantes en été par rapport au printemps et l'hiver ($p < 0,005$) (Figure 17), en accord avec Boulbina (2011) et Safaa et *al.*(2008). Cette différence significative n'a pas été démontré par plusieurs auteurs (Nizza et *al.*, 2003 ; El-Tohamy et *al.*, 2012 ; Mathur et *al.*, 1989 ; Roca et *al.*,

2005 ; El-Masry et *al.*, 1994). L'augmentation du pourcentage d'anomalies de spermatozoïdes en été peut être due à un effet négatif de l'augmentation de température ambiante sur la spermatogenèse (Marai et *al.*, 2002a).

Tableau 17: Effet de la saison sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins mâles de la population locale (Moyenne \pm erreur standard).

| Saison | Libido (s) | Couleur (0 à 3) | pH | Volume total (ml) | Volume sans gel (ml) | Motilité massale (0à9) | Motilité individuelle (0à4) | % Spz mobiles | % Spz vivants | Concentration 10^6 spz/ml | Concentration 10^6 spz/éjaculat | Anomalies (%) |
|------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Hiver | 7,67 \pm 0,22 ^a | 2,25 \pm 0,06 ^a | 7,24 \pm 0,05 _{ab} | 1,24 \pm 0,09 ^a | 0,8 \pm 0,05 ^a | 6,76 \pm 0,19 ^a | 3,31 \pm 0,1 ^a | 77,72 \pm 2,1 ^a | 72,55 \pm 2 ^a | 717,33 \pm 38,95 | 593,37 \pm 46,3 ^a | 15,65 \pm 0,71 ^a |
| Printemps | 7,71 \pm 0,33 ^a | 2,42 \pm 0,06 ^b | 7,33 \pm 0,04 ^a | 1,29 \pm 0,1 ^a | 0,81 \pm 0,05 _a | 7,65 \pm 0,14 ^b | 3,56 \pm 0,07 ^b | 86,01 \pm 1,21 ^b | 80,16 \pm 1,13 ^b | 752,71 \pm 38,46 | 586,52 \pm 40,03 ^a | 15,57 \pm 0,58 ^a |
| Eté | 16,97 \pm 1,53 _b | 1,6 \pm 0,06 ^c | 7,14 \pm 0,04 ^b | 0,96 \pm 0,06 ^b | 0,64 \pm 0,03 _b | 5,61 \pm 0,18 ^c | 3,34 \pm 0,08 ^{ab} | 58,98 \pm 1,81 ^c | 55 \pm 2 ^c | 678,66 \pm 32,08 | 408,52 \pm 26,31 ^b | 18,33 \pm 0,61 ^b |
| P | <0,0001 | <0,05 | <0,001 | <0,01 | <0,005 | <0,0005 | <0,05 | <0,001 | <0,005 | NS | <0,001 | <0,005 |

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significatives au seuil de 5%. Spz : spermatozoïde.

V. L'effet des paramètres d'ambiance (température ambiante et hygrométrie) sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence

Le tableau 18 regroupe les données enregistrées durant la période expérimentale, concernant l'effet de l'indice reliant la température à l'hygrométrie sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins mâles de la population locale.

Il a été démontré que la quantité et la qualité de sperme produit chez les lapins sont extrêmement sensibles à de fortes chaleurs couplées à une forte hygrométrie (85% pendant 6 semaines) (Finzi et al., 2000). Le stress thermique ayant tendance à détériorer la qualité spermatique commence à apparaître au-delà d'un THI > 27,8, et un stress thermique très sévère peut apparaître dès que le THI dépasse 30,0 (Marai et al., 2002a).

Dans notre étude, le THI moyen de l'hiver, le printemps et l'été est respectivement 14,6 ; 19,6 ; 30,2, notant ainsi la présence d'un stress thermique très sévère en été susceptible d'affecter de manière négative la qualité et la quantité de sperme produit durant cette saison.

Nos résultats montrent que la libido, la couleur, la motilité massale, la mobilité, la viabilité de spermatozoïdes et la concentration en spermatozoïdes par éjaculat sont influencées par le THI ($p < 0,0001$). Alors que pour le pH, le volume total, le volume sans gel, la motilité individuelle, la concentration en spermatozoïdes par millilitre et les anomalies le THI n'a aucune influence apparente.

V.1. L'ardeur sexuelle :

Le temps de réaction des lapins mâle de population locale est positivement corrélé au THI ($r = 0,36$; $p < 0,0001$) en accord avec les résultats de Abdulrashid et Juniper., (2016). La diminution de la libido des lapins mâles avec l'augmentation de la THI pourrait être due à une diminution de l'ardeur sexuelle liée une faible concentration sérique de la testostérone observée lors des températures ambiantes élevées (Boiti et al., 1992 ; El Masry et al., 1994) et/ou à un affaiblissement des performances physique des mâles afin de minimiser la production de chaleur (El-Tohamy et al., 2012).

V.2. les paramètres quantitatifs :

Durant notre étude, les changements de THI n'ont pas affectés le volume total et le volume sans gel de l'éjaculat, en accord avec les résultats de Roca et al., (2005) et Abdulrashid et Juniper., (2016) . En revanche García-Tomás et al., (2008) ont trouvé un effet important de THI sur le volume de l'éjaculat.

En accord avec nos résultats, Abdurashid et Juniper., (2016) et García-Tomás et *al.*, (2008) ont souligné l'absence de corrélation significative entre THI et la concentration de la semence en millilitre. Alors que la concentration en spermatozoïdes par éjaculat est négativement liée au THI ($r = -0,23$; $p < 0,0001$) et ceci est en adéquation avec les travaux de Roca et *al.*, (2005).

V.3. les paramètres qualitatifs :

La couleur est fortement corrélée au THI avec un coefficient $r = -0,48$ et $p < 0,0001$. La note attribué à la couleur de la semence est un indicateur sur la concentration de l'éjaculat (Roca et *al.*, 1993).

Dans notre expérimentation, il n'existe pas une relation significative entre le pH et les variations de THI. Abdurashid et Juniper., (2016) et García-Tomás et *al.*, (2008) par contre ont montré l'existence d'une légère augmentation de pH avec l'augmentation de THI. Par ailleurs, García-Tomás et *al.*, (2008) ont observé que à partir de THI-20 le pH se stabilise.

La mobilité des spermatozoïdes est liée significativement et négativement aux variations de THI, en accord avec les travaux de Abdurashid et Juniper., (2016) et Roca et *al.*, (2005). Par ailleurs, nos résultats confirment les observations de García-Tomás et *al.*, (2008) qui n'ont pas trouvé de différence entre les classes de THI étudiés et la mobilité individuelle des spermatozoïdes.

Dans notre étude, l'évolution de la viabilité des spermatozoïdes avec les variations de THI suit la même allure présentée par la mobilité ($r = -0,44$ pour la viabilité et $r = -0,45$ pour la mobilité). Cependant, cet effet n'a pas été montré par d'autres auteurs (Abdurashid et Juniper., 2016).

Malgré qu'il existe une corrélation positive entre le taux des anomalies spermatiques et les variations de THI, celle-ci reste non significative ($p > 0,05$). Ce résultat corrobore les conclusions d'Abdurashid et Juniper (2016) par contre, Roca et *al.*, (2005) ont trouvé une corrélation significative entre les deux paramètres sachant que ces chercheurs ont étudié les effets des variations de THI sur 15 mois successifs.

En conclusion, Roca et *al.*, (2005) résumant que la diminution de la quantité et de la qualité du sperme chez le lapin mâle dans la région méditerranéenne, se produit d'une manière générale, à la fin de l'été et au début de l'automne. Les effets indésirables des THI élevés ne sont pas immédiats et que la réduction dans la production et la qualité de la semence est parallèle aux valeurs de THI élevé, mais elle est retardée de 6 et 3 semaines, respectivement.

Tableau 18: Effet de l'indice reliant la température à l'hygrométrie (THI) sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins mâles de la population locale (coefficient de régression \pm erreur standard).

| Saison | Libido (s) | Couleur (0 à 3) | pH | Volume total (ml) | Volume sans gel (ml) | Motilité massale (0à9) | Motilité individuelle (0à4) | % Spz mobiles | % Spz vivants | Concentration sur 10 ⁶ spz/ml | Concentration sur 10 ⁶ spz/éjaculat | Anomalies (%) |
|-------------|----------------|------------------|-------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------|------------------|--|--|-----------------|
| THI* | 0,6 \pm 0,08 | -0,05 \pm 0,01 | -0,01 \pm 0,003 | - 0,02 \pm 0,01 | -0,01 \pm 0,003 | -0,09 \pm 0,02 | -0,004 \pm 0,01 | -1,42 \pm 0,16 | -1,33 \pm 0,15 | -3,52 \pm 3,09 | -13,48 \pm 3,2 | 0,17 \pm 0,05 |
| P** | <0,0001 | <0,0001 | NS | NS | NS | <0,0001 | NS | <0,0001 | <0,0001 | NS | <0,0001 | NS |

Spz : spermatozoïdes ; * : Coefficient de régression \pm erreur standard ; ** signification de la régression.

Conclusion

La présente étude avait pour but principal la détermination du degré d'influence de certains facteurs climatiques (la saison, la température et l'hygrométrie) sur le comportement sexuel et les paramètres spermatiques du lapin mâle de population locale.

Les résultats obtenus suite à cette étude, nous permettent de conclure que:

- ✚ En Algérie, les lapins sont exposés à un stress thermique parfois très sévère (THI >30) enregistré durant l'été.
- ✚ Le poids corporel des lapins n'est pas affecté par la saison, alors que la consommation alimentaire est significativement réduite en été avec un THI élevé. Cependant, cette réduction de l'ingéré ne semble pas influencer le poids des lapins adultes de population locale.
- ✚ Les mâles de la population locale montrent une très bonne réponse aux sollicitations (98,1%) et un très bon taux de récoltes utiles (95,7%) par rapport aux données rencontrées dans la littérature.
- ✚ Les deux paramètres cités ci-dessus ne semblent pas affecter par l'effet de la saison. Toutefois, les meilleures valeurs ont été observées au printemps.
- ✚ Le taux des éjaculats avec gel est plus élevé en été par rapport à l'hiver et au printemps (en moyenne : +10,5%), à l'inverse des données bibliographiques.
- ✚ Dans nos conditions expérimentales, l'effet de la saison est confirmé sur l'ardeur sexuelle et les paramètres spermatiques. Les plus faibles résultats ont été enregistrés pendant la saison d'été, tandis que les meilleurs résultats pour la mobilité et la viabilité des spermatozoïdes ont été enregistrée au printemps. Concernent la libido les paramètres quantitatifs et le taux d'anomalies des spermatozoïdes, il n'existe pas une différence significative entre l'hiver et le printemps.
- ✚ Nos résultats montrent l'existence d'une corrélation négative entre l'indice température-hygrométrie et l'ensemble des paramètres étudiés. Cependant, cette corrélation est juste significative avec l'ardeur sexuelle, la concentration de l'éjaculat, la mobilité et la viabilité. L'effet négatif de THI élevé sur le reste des paramètres étudiés pourrait être retardé dans le temps.

Les conclusions obtenues suite à cette étude nous amènent à proposer d'autres travaux de recherche concernant la reproduction du lapin mâle de population locale :

- ✚ L'étude de l'effet des variations annuelle de THI sur les paramètres spermatiques des mêmes lapins mâles, afin de vérifier :
 - l'effet négatif retardé de stress thermique lié à la température et l'hygrométrie ambiante.

- l'effet des valeurs de THI basses qui sont encore très peu étudiés.

✚ L'étude de l'impact de la photopériode sur les performances de reproduction du lapin mâle dans des conditions où la longueur de la photopériode sera le seul facteur de variation et tous les autres facteurs fixés.

Références Bibliographiques

A

Abdulrashid M., Juniper D. T. 2016. Effect of dietary protein, selenium and temperature humidity index on reproductive traits of male rabbits in a tropical environment. *J. Anim. Prod. Res.* (2016) 28(2):61-65.

Abo-el-ezz Z., Salem M.H., Abd El-Fattah G.A., et Yaseen A.M. 1984. Effect of exposure to direct solar radiation on body weight, thermoregulation and reproductive efficiency in the male rabbit. *Proceedings of 1st Egyptian-British Conference on Animal and Poultry Production Zagazig University Egypt, vol I* : 119-135.

Alvarino J.M.R., 2000. Reproductive performance of male rabbits. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 july, Valencia (Spain), 28p.

Alvarino M.R., 1993. Control de la reproducción en el conejo. 1^{ère} éd., IRYDA, Mundi-Prensa, 137 p.

Anous M.R., Abdalah E.B., Abdou A., El-badawy A.A., 2017. Semen characteristics and plasma seminal protein patterns of different Egyptian rabbit bucks. *Egyptian J. Anim. Prod.* (2017) 54(3) : 215-222.

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. *REDVET Rev. Electron. Vet.*, Vol. 10, août 2009, N° 8, p.1-18. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080809/080910.pdf>

B

Bamba K. 1988. Evaluation of acrosomal integrity of boar spermatozoa by bright field microscopy using an eosin-nigrosin stain. *Theriogenol.* **29** : 1245-1251.

Baril G., Chemineau P., Cognie Y., Leboeuf B., Orgueur P., Vallet J.C., 1993. Manuel de formation pour l'insémination artificielle chez les ovins et les caprins. *FAQ, Romme (Italie)*. 231 p.

Barone R., 2001. Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 4 : Splanchnologie II, Ed. Vigot, 920p.

Battaglini M., Castellini C., Lattaioli P., 1992. Variability of the main characteristics of rabbit semen. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15 : 439-446.

Bencheikh N., 1995. Effet de la fréquence de collecte de la semence sur les caractéristiques du sperme et des spermatozoïdes récoltés chez le lapin. *Ann. Zootech.*, 44 : 263-279.

Berchiche M., Kadi S.A., 2002. The Kabyle Rabbits (Algeria). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N°38, p. 11-20.

Berger M., Jean-Faucher Ch., De Turckheim M., Veyssiere G., Jean Cl., 1982. La maturation sexuelle du lapin mâle. 3^{ème} Journée de la Recherche Cunicole, 8 et 9 décembre 1982, Paris, p .1-11.

Boiti C., Castellini C., Theau-Clément M., Besenfelder U., Liguori L., Renieri T., Pizzi F., 2005. Guidelines for the handling of rabbit bucks and semen.*WorldRabbit Science*, 13 : 71-91.

Boiti C., Chiericato G .M., Filotto U., Canali C., 1992. Effects of high environmental temperature on plasma testosterone, cortisol, T3 andT4 levels in the growing rabbit.J. Appl. Rabbit. Res., 15: 447-455.

Bonne G., Desclaude J., Drogoul C., Gadoud R., Jussiau R., Le Loc'h A., Montméas L., Robin G., 2005. Reproduction des animaux d'élevage. 2^{ème} éd., Ed. Educagri, 407p.

Bouguerra A., 2005. Essais de conservation de semence de béliers à l'état frais ou congelé en vue de l'insémination artificielle. Rapport de stage pour obtenir le diplôme d'études supérieures spécialisées productions animales en régions chaudes. Université Montpellier II, 36 p.

Bouguerra A., 2012. Contribution à l'évaluation des performances zootechniques du lapin de population locale élevé en semi plein air. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en science agronomique, 90p.

Boulbina I., 2011. Caractérisation de la semence du lapin de population locale. Mémoire de magistère. ENSV d'Alger.

Boussit D., 1989. Reproduction et insémination artificielle en cuniculture. Association Française de Cuniculture, Ed. Lempdes France, 234 p.

Briffaut AS., 2007. Congélation de la semence canine : Détermination de la combinaison optimale de quatre facteurs différents. Thèse de Docteur Vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon, 128p.

Brun J.M., Theau-Clément M., Bolet G., 2002. The relationship between rabbit semen characteristics and reproductive performance after artificial insemination.*Animal Reproduction Science*, 70 : 139-149.

Brun JM., Theau-Clément M., Larzul C., Falieres J., Saleil G., 2004.Semen production in 2 rabbit lines divergently selected for 63-D Body weight. 8th *World Rabbit Congress* , September 7-10, 2004-Puelba, Mexico, p238-244.

C

Cabannes C.R., 2008. Comparaison des méthodes d'évaluation de la qualité de la semence dans les espèces bovine, canine et humaine. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Campos A.C.N., Gadelha C.R.F., Guerreiro M.E.F., Pereira E.S., Lima I.C.S., Linard M.A.B., Meneses H.M., Castelo-Branco K.F et Estevam F.N.L., 2014. Male rabbit reproductive physiology. *Standard Research Journal of Agriculture Sciences* Vol 2(8) : 120-128.

Castellini C, Cardinali R, Dal Bosco A., Minelli A and Camici O, 2006.Lipid composition of the main fractions of rabbit semen. *Theriogenology* 65, 703-712.

Castellini C., 1996. Recent advances in rabbit artificial insemination. *6th World Rabbit Congress*, Toulouse (France), 2: 13-26.

Castellini C., 2008. Semen production and management of rabbit bucks. *9th World Rabbit Congress*, 10-13 juin 2008, Verona (Italy), p. 265-277.

Castellini C., Lattaioli P., Cardinali R, Dal Bosco A., Mourvaki E., 2007. Validation of a spectrophotometric method used for the measurement of spermatozoa concentration in rabbit semen. *World Rabbit Science*, 15: 115-119.

D

Dubiel A., Krolinski J., Kapriak C., 1985. Semen quality in different breeds of rabbits in different seasons. *Med. Weterynaryja*, **41 (11)** : 680-684.

Ducci M., Gazzano A., Villani C., Cela V., Artini P.G., Martelli F., et Genazzani R., 2002. Membrane integrity evaluation in rabbit spermatozoa. *Eur. J. Obst. & Gynecol.Reprod. Biol.* **102** : 53-56.

E

El-Masry K.A., Nasr A.S., Kamal T.H., 1994. Influence of season and dietary supplementation with selenium and vitamin E or Zinc on some blood constituents and semen quality of new Zealand white rabbit males. *World Rabbit Science* 1994, 2(3), 79-86

El-Tohamy M.M., Kotp M.S., M.S., El-Nattat W.S. et Mohamed A.H., 2012. Semen Characteristics and Oxidative/Antioxidative Status in Semen and Serum of Male Rabbits Supplemented with Antioxidants during Heat Stress. *Iranian Journal of Applied Animal Science* (2012) 2(2), 175-183.

F

Finzi A. 1990. Recherches pour la selection de souches de lapins thermotolérants. Options méditerranéennes, série A "seminaries Mediterranean", N° 8, p. 333-336.

Finzi A., Daader A., Yamani K., Soliman A., Askara A. 2000.Influence of chronic high relative humidity on semen quality of hot stressed bucks. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 juillet, Valencia (Spain), 8 p.

Finzi A., Morera P., Kuzminsky G., 1995. Sperm abnormalities as possible indicators of rabbit chronic heat stress. *World Rabbit science*, 3(4): 157-161.

Finzi A., Morera P., Macchioni P., 1994. Modifications of some rabbit spermatid parameters in relationship to high ambient temperatures. Options méditerranéennes, série A “séminaires méditerranéens”, N°8, p333-336.

Foxcroft G.R., Dyck M.K., Ruiz-Sanchez A., Novak S., Dixon W.T., 2008. Identifying useable semen. *Theriogenol.* 70 : 1324-1336.

G

Gacem M., Zerrouki N., Lebas F., Bolet G., 2009. Comparaison des performances de reproduction d'une souche synthétique de lapins avec deux populations locales disponibles en Algérie. 13èmes journées de la recherche cynologique, 17-18 novembre 2009, Le Mans, France.

Garcia-Thomas M., Sánchez J., Piles M., Mitjavila M.T., 2010. Line and birth season effects on plasma testosterone and oxidative stress parameters in testis of maturing rabbits. *Animal Reproduction Science*, 117 : 314-321.

Garcia-Thomas M., Sánchez J., Rafel O., Ramon J., Piles M., 2006. Reproductive performance of crossbred and pubertal male rabbits. *Livestock Science*, 104: 233-243.

Garcia-Tomas M., Tusell L.I., Lopez-Bejar M., Ramon J., Rafel O., Piles M., 2008. Influence of environmental temperature and relative humidity on quantitative and qualitative semen traits of rabbits. 9th *World Rabbit Congress*, 10-13 June 2008, Verona Italy. P359-364.

Gogol P., Bochenek M., Smorag Z., 2002. Effect of rabbit age on sperm chromatin structure. *Reprod. Dom. Anim*, 37: 92-95.

H

Hanzen Ch., 2009. La propédeutique de l'appareil reproducteur et l'examen du sperme des ruminants. Année : 2008-2009, 21 p.
<http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200809/R06 Propedeutique male 2009.pdf>.

I

Ibrahim F. M., MARAI., Al-Sa-ied A. M., HABEEB., GAD A. E. 2008. Performance of New Zealand White and Californian male weaned rabbits in the subtropical environment of Egypt; *Animal Science Journal* (2008) 79, 472-480

J

Joly T., Theau-Clément M., 2000. Reproduction et physiologie de la reproduction au 7^{ème} Congrès Mondial de Cuniculture. **A.S.F.C.** Journée du 5 décembre 2000, Valencia 2000 "ombres et lumières", thème "reproduction", p.19-24.

L

LAHMADI MOHAMED., 2009. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère En Biologie et Physiologie Animale. Option: Biologie Cellulaire et Moléculaire. Université Mentouri Constantine. p 9-10-11.

Lakabi L., 2016. Etude du développement postnatal des structures gonadiques du lapin mâle de la population blanche et qualité de la semence. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat 167p.

Lavara R., Mocé E., Lavara F., Viudes de Castro M.P., Vicente J.S., 2005. Parameters of seminal quality correlate with the result of on-farm insemination in rabbits. *Theriogenol.* **64** : 1130-1141.

Lavara R., Vicente J.S., Marco-Jiménez F., Baselga M., 2008. Correlation between CASA and ASMA parameters in rabbit semen. *9th World Rabbit Congress*, juin 2008, Verona (Italy), p. 10-13.

Lebas F., Fortun-Lamothe L., 1996. Effects of dietary energy level and origin (starch vs oil) on performance of rabbits does their litters : average situation after 4 weanings. *6th World Rabbit Congress*, Toulouse, France, 9-12/07/1996, vol. 1, 217-222.

M

Macari M., Macado C.R., 1978. Sexual maturity in rabbits defined by the physical and chemical characteristics of the semen.

Mazouzi Hadid F., Abdelli-Larbi O., Lebas F., Berchiche M., Bolet G., 2014. Influence of coat colour, season and physiological status on reproduction of rabbit does in Algerian local population. *Anilam Reproduction Science* 150 (2014) 30-40.

Mann T., et Pansons U., 1950. Studies on the metabolism of semen. 6. Role of hormones. Effect of castration, hypophysectomy and diabetes. Relation between blood glucose and seminal fructose. *Biochem. J.* **46** : 440.

Marai I. F. M., Habeeb A. A. M. Gad E. 2002b. Reproductive traits of male rabbits as affected by climatic conditions, in the subtropical environment of Egypt. *Animal Science* 2002, 75: 451-458 British Society of Animal Science.

Marai I.F.M., Abdel-Samee A.M., El-Gaafary M.N., 1991.Criteria of response and adaptation to high temperature for reproductive and growth traits in rabbits. Options méditerranéennes, série A “séminaires méditerranéens”,17: 122-134.

Marai I.F.M., Habeeb A.A.M., Gad A.E., 2002a. Rabbits productive, reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress : a review. Livestock Production Science, 78 : 71-90.

Mathur A.K., Srivastava R.S., Rawat' P.S., Kalra D.B. 1989.Seasonal Variation in the Semen Characters of Soviet Angora Rabbit Bucks. Animal Reproduction Science, 19 (1989) 293-298 Elsevier Science Publishers.

Mocé E., et Graham J.K., 2008. In vitro evaluation of sperm quality. *Anim. Repro. Sci.* **105** : 104-118.

Mocé E., Lavara R., Vicente J.S., 2005. Influence of the Donor Male on the fertility of Frozen-Thawed rabbit sperm after artificial insemination of females of different genotypes. *Reprod. Dom. Anim.* **40** : 516-521.

Morrell J.M., 1995. Artificial insemination in rabbits. British Veterinary Journal, 151(5): 477-488.

Mousa-Balabel T.M., Mohamed R.A. 2011. Effect of different photoperiods and melatonin treatment on rabbit reproductive performance. Veterinary Quarterly Vol. 31, No. 4, December 2011, 165–171.

Moussa-Balabel T.M., 2004. Effect of heat stress on New Zealand White rabbits'behaviour and performance. MINUFIA VET.J.VOL 3 N°. 1 april 2004. 125-134.

Mrad M., 2013. Influence of Vitamins C and E on Sperm Motility of rabbit bucks. World Rabbit Science. 2013, 21: 45-48.

N

Nabi I. 2012. performances de reproduction du lapin (*Oryctolagus cuniculus*) de population blanche. Thèse de Magister. ENSV d'Alger.

Najjar A., Ben Saïd S., Najjar T., Kalamoun S., Ben Khalifa N., Ben Aïcha E., Ben Mrad M., 2013. Influence of vitamins C and E on sperm motility of rabbit bucks. World Rabbit Science 2013, 21: 45-48.

Nizza A., Di Meo C., Taranto S., 2000. Influence of dietary protein content on libido and semen characteristics bucks. 7th World Rabbit Congress, 4-7 juillet, Valencia (Spain), 7 p.

Nizza A., Di Meo C., Taranto S., 2003. Effect of collection rhythms and season on rabbit production. *Repro.Dom. Anim.*, 38: 436-439.

O

O'Bryan M.K., Schlatt S., Phillips D.J., De Kretser D.M., Hedger M.P., 2001. Bacterial lipopolysaccharide-induced inflammation composes testicular function at multiple levels in vivo. *Endocrinol.*, 141, 238-246.

Oliveira C.E.A., Badu C.A., Ferreira W.M., Kamwa E.B., Lana A.M.Q., 2004. Effect of dietary zinc supplementation on spermatic characteristics of rabbit breeders. *8th World Rabbit Congress*, september 2004, Puebla Mexico, p.7-10.

P

Pascual J.J., García. C., Martínez E., MocéE., Vicente J.S. 2004. Rearing management of rabbit males selected by high growth rate: the effect of diet and season on semen characteristics. *Reprod. Nutr. Dev.* 44 (2004) 49–63 INRA, EDP Sciences, 2003.

Pei Y., Wu Y., Cao J., Qin Y. 2012. Effect of chronic heat stress on the reproductive capacity of male Rex rabbits. *Livestock Science* 146 (2012) 13-21.

Pena Martinez A.I. 2004. Canine fresh and cryopreserved semen evaluation. *Journal of Animal Reproduction Science* ; Vol 82-83, July 2004, pages 209-224.

R

Rizzi C., Brecchia G., Chiericato G.M., 2004. A study on the reproductive performance and physiological response of rabbit bucks fed on diets with two different mineral contents. *8th World Rabbit Congress*, 7-10 september 2004, Puebla Mexico.

Roca J., Marinez S., Orenge J., Parrilla I., Vazquez J.M., Martinez E.A., 2005. Influence of constant long days on ejaculate parameters of rabbits reared under natural environment conditions of Medeterranean area. *Livestock Production Science* 94 (2005) 169-177.

Roca T., Casas J., De Gracia J., 1993. Efecto de los factores ambientales sobre las características del semen de conejo. *Boletín de cunicultura*, N°70, noviembre-décembre 1993, 4 p.

Roca T., Casas J., De Gracia J., 1993. Efecto de los factores ambientales sobre las características del semen de conejo. *Boletín de cunicultura*, N° 70, 4p.

Rodríguez-De Lara R., Fallas-López M., Rangel-Santos R., Mariscal-Aguayo V., Martínez-Hernández P.A., García Muñoz J.G. 2008. Influence of doe exposure and season on reaction time and semen quality of male rabbits. *9th World Rabbit Congress* – June 10-13, 2008 – Verona – Italy. P. 443-448.

S

Sabbagh M., 1983. Etude de la sexualité et de 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 Vétérinaires, 113p.

Safaa M.H., 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.

Soltani H., Karar A., 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.

T

Theau-Clément M., 1994. Etude de quelques facteurs de variation 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, 93p.

Theau-Clement M., Sanchez A., Duzet R., Saleil G., Brun J.M., 2009. Etude de facteurs de variation de la production spermatique chez le lapin. 13^{ème} Journée de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre 2009, Le Mans (France), 4 p.

Theau-Clément M., Thébault R.G., De Rochambeau H., 1991. La reproduction du lapin Angora de souche Française : Ovulation chez la femelle, production de semence chez le mâle. *Reprod. Nutr. Dev.*, 31 : 667-673.

V

Villagran C., Navarro J., Fuentes V.O., 2003. Sexual exhaustion in white New Zealand male rabbits of different ages. *Anim. Repro. Sci.* **76** : 251-255.

W

Walter M.R., Martinet L., Moret B., Thibault C., 1968. Régulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin, mâle et femelle. *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 51 : 773-780

Liste des sites

Lebas F., 2009. Biologie du lapin. <http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>.

Site internet : <https://courses.lumenlearning.com/wm-biology2/chapter/gametogenesis>.

Consulté le 24/02/2019.

Site internet : <http://afcivf.com/andrology.html> Consulté le 24/02/2019.

Site internet: University of Wisconsin Animal Sciences www.ansci.wisc.edu. Consulté le 24/02/2019.

Site internet: <https://www.annabac.com/annales-bac/le-developpement-embryonnaire-du-phenotype-sexuel>. Consulté le 14/03/2019.

Résumé :

L'objectif de cette expérimentation est de déterminer l'effet de facteurs climatiques (la saison, la température et l'hygrométrie) sur le comportement sexuel et les paramètres spermatiques du lapin mâle de population locale. L'expérimentation a été réalisée sur 13, 09, 12 lapins mâles en hiver, printemps et été respectivement, âgées entre 9 et 11 mois. La collecte de sperme a été réalisée au cours des trois saisons, où l'indice reliant la température à l'hygrométrie (THI) moyenne enregistrée en hiver, printemps et été était respectivement de : $14,6 \pm 3,1$; $19,6 \pm 2,3$ et $30,2 \pm 0,8$. Durant ces périodes, la libido, les paramètres qualitatifs (pH, couleur, mobilité, viabilité et anomalies) et quantitatifs (volume total, volume sans gel, concentration par ml et par éjaculat) ont été mesurés.

La réponse aux sollicitations et le taux des éjaculats utiles chez les lapins de population locale pendant l'hiver, le printemps et l'été étaient respectivement de : 98,4% ; 100% ; 96,4% et 92,1% ; 98,1% ; 97% (les meilleures valeurs ont été observées au printemps). L'effet de la saison est confirmé sur l'ardeur sexuelle et les paramètres spermatiques. Les plus faibles résultats ont été enregistrés pendant la saison d'été, tandis que les meilleurs résultats pour la mobilité et la viabilité des spermatozoïdes ont été enregistrée au printemps. Concernent la libido les paramètres quantitatifs et le taux d'anomalies des spermatozoïdes, il n'existe pas de différence significative entre l'hiver et le printemps. Les variations de THI montrent une corrélation négative avec l'ensemble des paramètres étudiés. Cependant, cette corrélation reste seulement significative avec la libido, la concentration de l'éjaculat, la mobilité et la viabilité des spermatozoïdes.

Mots clés : lapin mâle, population locale, sperme, libido, saison, température, hygrométrie, THI.

Abstract :

The objective of this experiment is to determine the effect of climatic factors (season, temperature and relative humidity) on the sexual behavior and sperm parameters of the male rabbit of local population. The experimentation was carried out on 13, 09, 12 male rabbits in winter, spring and summer respectively, aged between 9 and 11 months. Sperm collection was carried out over the three seasons, where the temperature-humidity index (THI) average recorded in winter, spring and summer was respectively 14.6 ± 3.1 ; 19.6 ± 2.3 and 30.2 ± 0.8 . During these periods, the reaction time, qualitative parameters (PH, color, mobility, viability and sperm abnormalities) and quantitative (total volume, volume without gel plug, concentration per ml and per ejaculate) were measured.

The percentage of obtained ejaculates and the rate of useful ejaculates in local rabbits during the winter, spring, and summer wererespectively: 98.4%; 100%; 96.4% and 92.1%; 98.1%; 97% (best values were observed in spring). The effect of the season is confirmed on sexual behavior and sperm parameters. The lowest results were recorded during the summer season, while the best results for sperm mobility and viability were recorded in the spring. Regarding libido, quantitative parameters and sperm abnormalities, there was no significant difference between winter and spring. The variations of THI showed a negative correlation with the set of parameters studied. However, this correlation remains only significant with libido, ejaculate concentration, mobility and viability of sperm.

Key words: Male rabbit, local population, sperm, libido, season, temperature, humidity, THI.

ملخص:

الهدف من هذه التجربة هو تحديد تأثير العوامل المناخية (الموسم ودرجه الحرارة والرطوبة) علي السلوك الجنسي والخصائص المنوية للأرانب الذكور من السلالة المحلية. أجريت التجارب علي 13 و 09 و 12 من الأرانب الذكور في فصل الشتاء والربيع والصيف علي التوالي، تراوحت أعمارهم ما بين 9 و 11 شهرا. أجريت عملية جمع المنى علي مدي المواسم الثلاثة، حيث كان متوسط القيم المسجلة لعامل الحرارة و الرطوبة (THI) في فصل الشتاء والربيع والصيف 14.6 ± 3.1 ، 19.6 ± 2.3 ، و 30.2 ± 0.8 علي التوالي. خلال هذه الفترات، تم قياس الرغبة الجنسية، والخصائص المنوية النوعية (درجة الحموضة، واللون، والتنقل، نسبة النطاف الحية والنطاف الشاذة) والكمية (الحجم الكلي ، والحجم الخالي من الهلام، والتركيز لكل مل والقذف).

كانت نسبة الاستجابة ومعدل القذف المستعمل لدى أرانب السلالة المحلية خلال فصل الشتاء والربيع والصيف: 98.4% ؛ 100% ؛ 96.4% و 92.1% ؛ 98.1% ؛ 97% علي التوالي (لوحظت أفضل القيم في الربيع). وقد تأكدنا من وجود تأثير الموسم علي الحماس الجنسي والخصائص المنوية. وسجلت اقل النتائج خلال موسم الصيف ، في حين سجلت أفضل النتائج لتنتقل النطاف ونسبة النطاف الحية في الربيع. اما بالنسبة للرغبة الجنسية والخصائص الكمية ومعدل تشوهات النطاف ، لا يوجد فرق معبر بين فصلي الشتاء والربيع. وأظهرت اختلافات عامل الحرارة و الرطوبة (THI) وجود علاقة سلبية مع مجموع الخصائص المدروسة. ومع ذلك، هذه العلاقة الترابطية لم تكن معبرة الا مع الرغبة الجنسية، تركيز السائل المنوي، التنقل ونسبة النطاف الحية.

الكلمات المفتوحة: الأرانب الذكور، السلالة المحلية، السائل المنوي، الرغبة الجنسية، الموسم، الحرارة، الرطوبة.