

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach-Alger

Mémoire

En Vue de l'Obtention du Diplôme de

Magister

En Sciences Vétérinaires

Option

Elevage et Pathologie Avicole et Cunicole

Thème

**Caractérisation de la semence du
lapin de population locale
(*Oryctolagus cuniculus*)**

Soutenu par Dr BOULBINA Ibtissem

Devant le jury composé de :

Mme TEMIM Soraya	Professeur	ENSV Alger	Président
Melle AIN BAZIZ Hacina	Professeur	ENSV Alger	Promotrice
Dr KHELEF Djamel	Maitre de Conférences A	ENSV Alger	Examineur
Dr ILES Imène	Maitre Assistante A	ENSV Alger	Examinatrice
Mme BOUMAHDJ Zoubida	Maitre Assistante A	Univ. Blida	Examinatrice

Année universitaire 2010/2011

Dédicaces

A mes parents

A ma sœur et mes frères

A toute ma famille et tous mes amis

Remerciements

J'exprime mes profonds remerciements à ma promotrice, **le professeur AIN BAZIZ Hacina** pour l'aide compétente qu'elle m'a apporté, pour sa patience et son encouragement à mener à bien ce travail. Son œil critique m'a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différents chapitres.

J'exprime ma gratitude aux membres de mon jury :

Professeur TEMIM-KESSACI Soraya,

Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach,
Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de mon jury,
Hommages respectueux.

Monsieur KHELLEF Djamel,

Maitre de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach,
Pour avoir consacré un temps précieux à examiner le contenu du mémoire,
Sincères remerciements.

Madame BOUMAHDI Zoubida,

Maitre assistante à la Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques
(Université de Blida),
Qui m'a fait l'honneur de participer à mon jury,
Pour son apport critique sur ce travail,
Sincères remerciements.

Docteur ILES Imène,

Maitre assistante à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach,
Pour m'avoir proposé ce sujet de recherche et pour ses conseils éclairés et ses compétences scientifiques qui m'ont aidé de mener à bien ce travail. Je suis très sensible à sa présence dans ce jury
Sincères remerciements.

Je tiens à remercier vivement Madame ZENIA Safia Maitre assistante à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach, pour m'avoir aidé dans le traitement statistique des données,
Hommage respectueux

Je veux adresser mes remerciements à Monsieur BOUDJAGDJI responsable du laboratoire du CNIAAG ainsi qu'à Madame et Monsieur BENTRIOUA pour leur aide et leur accueil au sein du laboratoire.

Je remercie également Monsieur KADDOUR Rachid Ingénieur de laboratoire d'histopathologie à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach, pour la réalisation des coupes au sein du laboratoire et pour sa gentillesse.

Un grand et sincère remerciement que j'adresse à monsieur SAADI Ahmed Ingénieur de laboratoire de parasitologie à l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach, pour son aide et pour son soutien moral durant toutes mes années de post-graduation.

Je tiens à adresser un grand remerciement aux personnels de la bibliothèque et du service audiovisuel de l'ENSV pour leur aide précieuse.

J'exprime ma gratitude à Mr MOUNIR, Mr MOULOUD pour leur aide lors de l'abattage des lapins, et sincère remerciement à Nourdine et Adel pour leur sérieux dans le travail d'entretien du clapier.

Je veux aussi adresser mes remerciements à tous mes amis de l'ENSV, pour leur soutien moral et leur aide précieuse.

L'aboutissement de ce mémoire a aussi été encouragé par de nombreuses discussions avec des collègues de disciplines variées. Je ne citerai pas de noms ici, pour ne pas en oublier certains.

Et en fin, merci à tous mes lapins et surtout à la lapine boute-en-train, sans qui cette aventure n'aurait pas été possible !!.

Résumé :

L'objectif de notre travail était de déterminer, l'âge de l'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance et l'âge de la maturité sexuelle du lapin mâle de population locale Algérienne (*Oryctolagus cuniculus*) à travers les caractéristiques quantitatives et qualitatives de la semence. De plus, l'effet des températures ambiantes estivales naturelles sur les caractéristiques de la semence a été abordé comme facteur de variation. Durant toute l'expérimentation, deux éjaculats successifs ont été récoltés une fois par semaine à partir de chaque mâle. Dans la première expérience, 25 jeunes mâles ont été utilisés pour déterminer l'âge d'entrée en puberté dès la 11^{ème} semaine d'âge (11 nés en hiver et 14 nés en été). Dans la deuxième expérience, 14 lapins mâles ont été prélevés dès la puberté et jusqu'à l'âge de 33 semaines pour déterminer l'âge de la maturité sexuelle. Dans la troisième expérience, 377 éjaculats ont été prélevés pendant 18 semaines (9 semaines en été et 9 semaines au printemps) à partir de 23 lapins adultes de population locale (12 récoltés en été et 11 récoltés au printemps).

L'entrée en puberté est située entre 15 et 19 semaines d'âge chez les lapins nés en hiver (H) et un peu plus tard ; entre la 17^{ème} et la 23^{ème} semaine d'âge chez les jeunes nés en été (E). L'étude de l'activité sexuelle et de la production spermatique en fonction de la saison de naissance pendant la période d'entrée en puberté (108 éjaculats pour le groupe E et 82 éjaculats pour le groupe H) montre que la libido, le volume total et sans gel étaient meilleurs chez les lapins nés en hiver (7,9 s vs 16,3 s, 1,02 ml vs 0,52 ml et 0,64 ml vs 0,41 ml) et que le pH était plus élevé chez ce dernier groupe (7,35 vs 6,88). Cependant, l'analyse statistique ne révèle aucune différence entre la couleur, la production spermatique, la motilité massale et individuelle, le pourcentage de spermatozoïdes vivants et mobiles chez les deux groupes de lapins considérés. Par contre, de nombreuses anomalies étaient observées chez les lapins nés en hiver par rapport aux lapins nés en été mais qui diminuent avec l'âge du lapin lorsque 100% de l'effectif entre en puberté.

L'analyse des courbes de l'évolution des différents paramètres quantitatifs et qualitatifs de la semence de 14 lapins de population locale entre la 17^{ème} et 33^{ème} semaine d'âge (368 éjaculats), indique un point d'inflexion situé en moyenne à la 25^{ème} semaine d'âge. Ceci laisse suggérer que les lapins mâles de population locale pourraient commencer leur vie reproductive à partir de cet âge, garantissant une meilleure fertilité. Par ailleurs, l'âge de la maturité sexuelle était situé à la 30^{ème} semaine d'âge.

Le taux de réponses positives aux sollicitations et le taux de récoltes utiles mesurés sur les lapins de population locale au printemps étaient plus élevés qu'en été. Toutefois, l'écart enregistré entre les deux saisons n'était pas significatif. De plus, l'augmentation de l'indice reliant la température à l'hygrométrie (THI) en été n'a aucun effet sur le pH et la concentration en spermatozoïdes par millilitre. Par contre, cette élévation du THI altère significativement la libido, le volume, la couleur, le nombre de spermatozoïdes par éjaculat, le nombre de spermatozoïdes mobiles, vivants et normaux (respectivement + 51,2%, - 22%, - 29,8%, - 29%, - 25%, - 26,8% et - 4,1% en été par rapport au printemps).

Mots clés : lapin mâle local, qualité de la semence, puberté, maturité sexuelle, saison de naissance, température ambiante.

Abstract :

The objective of this work was to determine the onset of puberty depending on the birth season and the sexual maturity age of the male rabbit from local Algerian population (*Oryctolagus cuniculus*). This was achieved by assessing the quality of semen and other quantitative characteristics. In addition, the effect of natural ambient temperatures in summer on the characteristics of semen was taken as a variation factor. During the whole series of experiments, two successive ejaculates were collected once a week from each male. In the first experiment, **25 young males** were used to determine the onset of puberty from the 11th week of age (11 were born in winter and 14 were born in summer). In the second experiment, semen from 14 male rabbits was collected from puberty to week 33 to determine the sexual maturity age. In the last experiment, **377 ejaculates** were collected for 18 weeks (9 weeks in summer and 9 weeks in spring) from **23 adult rabbits** of local population (12 were collected in summer and 11 were collected in spring).

The onset of puberty was found to be between weeks 15 and 19 of age for rabbits born in winter (H) and taking longer, between weeks 17 and 23 for young rabbits born in summer (E). The study of sexual activity and sperm production during the period of onset of puberty as a function of the season of birth (**108 ejaculates** for group E and **82 ejaculates** for group H) showed that the libido, the total as well as the gel-free volume were all better in rabbits born in winter (7,9 s vs 16,3 s, 1,02 ml vs 0,52 ml et 0,64 ml vs 0,41 ml). pH was found to be higher in the latter group (7,35 vs 6,88).. However, statistical analysis did not indicate any difference in colour, sperm production, mass and individual motility, or the percentage of live and mobile spermatozoa between the two groups of rabbits considered in this study. On the other hand, numerous anomalies were observed in rabbits born in winter compared to rabbits born in summer but those declined with age when 100 % of the rabbits reached puberty. Curve analysis was performed on the evolution of different quantitative and qualitative semen parameters collected from **14 rabbits** of local population between weeks 17 and 33 of age (**368 ejaculates**). It showed a point of change located at week 25 on average. This suggests that male rabbits of local population could start their reproductive life from that age ensuring improved fertility. Moreover, the age of sexual maturity was found to be week 30.

The rate of positive response to solicitations and the rate of useful ejaculates measured in rabbits from local population were higher in spring compared to summer. Nevertheless, the difference between the two seasons was not statistically significant. In addition, the increase in temperature-humidity index (THI) in summer did not have an effect on pH nor the concentration of spermatozoa per millilitre. However, this rise in THI significantly altered the libido, the volume, the colour, the number of spermatozoa per ejaculate as well as the rate of live, mobile and normal spermatozoa (respectively: + 51,2%, - 22%, - 29,8%, - 29%, - 25%, - 26,8% et - 4,1% in summer compared to spring).

Keywords: local male rabbit, quality of semen, puberty, sexual maturity, birth season, ambient temperature.

ملخص :

كانت الغاية من عملنا هو تحديد الدخول في سن البلوغ بدلالة موسم الميلاد و سن النضج الجنسي للأنرب الذكر من السلالة الجزائرية (*Oryctolagus cuniculus*) من خلال الموصفات الكمية و النوعية للسائل المنوي إضافة إلى ذلك تم التطرق إلى فعل درجة حرارة الوسط الصيفية الطبيعية كعامل تغير على موصفات السائل المنوي . طوال مدة التجربة تم جني قذفتين متتاليتين مرة في الأسبوع على مستوى كل ذكر. في التجربة الأولى 25 ذكر شاب تم استعماله لتحديد سن الدخول في مرحلة البلوغ و ذلك منذ الأسبوع الحادي عشر (11 ولدوا في الشتاء و 14 في الصيف). في التجربة الثانية 14 أنرب ذكر تم جنيه من سن البلوغ حتى سن 33 أسبوع من أجل تحديد سن النضج الجنسي. و في التجربة الأخيرة 377 قذفه تم أخذها خلال 18 أسبوع (9 أسابيع في الصيف و 9 أسابيع في الربيع) من 23 أنرب بالغ من السلالة المحلية (12 أنرب جمع في الصيف و 11 جمع في الربيع).

كان الدخول في مرحلة سن البلوغ ما بين 15 و 19 أسبوعا عند الأرناب المولودة في الشتاء (ش)، و يتأخر قليلا بين 17 و 23 أسبوعا عند الذكور المولودين في الصيف (ص). بينت دراسة النشاط الجنسي و إنتاج السائل المنوي بدلالة موسم الازدياد خلال فترة البلوغ (108 قذفه للفوج ص و 82 للفوج ش) أن الرغبة الجنسية و الحجم الإجمالي و بدون هلام كان أحسن عند الأرناب المولودة في الشتاء (9,7 ثا vs 16,3 ثا ، 1,02 مل vs 0,52 مل ، 0,64 مل vs 0,41 مل) و أن درجة الحموضة كانت أكثر ارتفاعا (6,88 vs 7,53) . غير أن تحليل الإحصائي لا يظهر أي فرق بين اللون ، الإنتاج المنوي، الحركية الجماعية و الفردية، النسبة المنوية للحيوانات المنوية الحية و المتحركة لفوجي الأرناب المعتبرة. بالمقابل لوحظت نسبة أعلى من الحيوانات المنوية الشاذة عند الأرناب المولودة في الشتاء بالنسبة لتلك المولودة في الصيف و لكنها تتناقص مع تقدم سن الأرناب عندما يدخل العدد كله في سن البلوغ. إن تحليل منحنيات تطور مختلف العوامل الكمية و النوعية لمني 14 أنربا من السلالة المحلية بين سن 17 و 33 أسبوعا (368 قذفه) يظهر نقطة انعطاف واقعة في المتوسط عند سن 25 أسبوع ، هذا يوحي بأن أرناب السلالة المحلية يمكن أن تبدأ حياتها التكاثرية انطلاقا من هذا السن ضامنة خصوبة أحسن. من جهة أخرى كان سن النضج الجنسي متموقعا عند سن 30 أسبوعا.

إن معدل الاستجابات الايجابية للإثارة و معدل الجني المفيد المقاسان للأنرب في فصل الربيع كان أكثر ارتفاعا عنده في الصيف. غير أن الفرق المسجل بين الفصلين لم يكن معنويا . إضافة إلى ذلك فإن زيادة المؤشر الرابط بين درجة الحرارة و الرطوبة (THI) صيفا ليس له أي أثر على درجة الحموضة و تركيز الحيوانات المنوية في المليلتر، بينما هذا الارتفاع للمؤشر يقلل بصورة معنوية الرغبة الجنسية، الحجم ، اللون، عدد الحيوانات المنوية في القذفة، معدل الحيوانات المنوية المتحركة ، الحية و السليم (على التوالي : 51,2+ % ، 22- % ، 29,8- % ، 29- % ، 25- % ، 26,8- % و 4,1- % في الصيف بالمقارنة مع الربيع)

كلمات دالة: ذكر الأنرب المحلي، نوعية المنى، بلوغ، نضج جنسي، موسم الميلاد، درجة حرارة الوسط.

Abréviations

°C : degré Celsius

cm : centimètre

CMV : complexe minéraux vitamines

CV : coefficient de variation

dl : décilitre

g : gramme

INRA : institut national de la recherche agronomique

J : jour

Km : kilomètre

Max : maximum

m² : mètre carré

mEq : milliéquivalents

mg : milligramme

Min : minimum

ml : millilitre

mm : millimètre

Moy : moyenne

NS : non significatif

pH : potentiel en hydrogène

spz : spermatozoïde

PVC : polyvinyl chloride (le polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle)

s : seconde

THI : température humidity index

vs : versus

µg : microgramme

% : pourcent

Symboles

$<$: inférieur

$>$: supérieur

$\pm$: plus ou moins

Liste des figures

Figure N°		Page
<i>La partie bibliographique</i>		
01	Schéma de l'appareil génital du mâle.	3
02	Schéma des structures intra-testiculaires.	5
03	Le cycle spermatogénétique.	9
04	Évolution du poids des testicules chez le jeune mâle entre 20 et 180 jours, (Souche moyenne pesant 4 kg adulte).	14
05	Evolution des concentrations plasmatiques en testostérone, LH et FSH (pg/ml) chez le lapin mâle avec l'âge.	17
06	Organisation du spermatozoïde.	19
07	Pourcentage de spermatozoïdes vivants dans les éjaculats de lapins soumis à un éclaircissement de 8h ou de 16 heures de lumière par jour, et prélevés deux fois consécutives par semaine.	26
08	Production hebdomadaire de spermatozoïdes en fonction du rythme de prélèvement (d'après Bunaciu <i>et al.</i> , 1996 ; barres vertes et Bencheickh, 1983 ; barres jaunes).	29
09	NucleoCounter SP-100.	39
10	Système CASA de type Hamilton Thorne Sperm Analyzer.	40
11	Les modifications morphologiques des spermatozoïdes soumis au test hypo-osmotique.	41
12	Spermatozoïdes morts et vivants colorés avec le mélange SYBR et PI	41
13	Observation des anomalies spermatiques avec un microscope électronique à balayage (c-e : 2000x, bar=10µm ; f=3600x, bar=1µm)	42
<i>Matériel et méthodes</i>		
14	Extérieur du clapier.	44
15	Intérieur du bâtiment d'élevage.	44

16	Batteries de cages pour engraissement.	45
17	Cages destinées pour la collecte.	45
18	Différents phénotypes de lapins de population locale utilisés.	46
19	Schéma expérimental	46 /verso
20	Vagin artificiel confectionné pour l'essai.	49
21	Vagin artificiel sous pression d'eau.	49
22	Lapine boute-en-train sur les cages des mâles.	49
23	Récolte de la semence sur un mâle en utilisant un vagin artificiel et une femelle boute-en train.	50
24	Différentes couleurs de la semence prélevée chez le lapin local.	52
25	Détermination du volume du sperme.	52
26	Comptage des spermatozoïdes avec la cellule de Thoma .	56
27	Spermatozoïde mort et spermatozoïde vivant après coloration vitale à l'éosine-nigrosine.	57
28	Principales anomalies des spermatozoïdes de taureau classées selon Blom.	58
29	Quelques types d'anomalies des spermatozoïdes observées dans le sperme des lapins de population locale.	58

Résultats

30	Evolution du THI selon les saisons.	61
31	Evolution de l'entrée en puberté des lapins (en %) en fonction de la saison de naissance.	62
32	Evolution hebdomadaire de la libido ou ardeur sexuelle (secondes) entre 17 et 33 semaines d'âge.	67
33	Evolution du volume total et du volume sans gel entre la 17 ^{ème} et la 33 ^{ème} semaine d'âge.	68

34	Evolution de la concentration spermatique par millilitre et par éjaculat entre la 17 ^{ème} et la 33 ^{ème} semaine d'âge.	68
35	Evolution de la couleur, du pH, de la motilité massale et individuelle, et des pourcentages des spermatozoïdes mobiles et vivants, entre la 17 ^{ème} et la 33 ^{ème} semaine d'âge.	68 /verso
36	Evolution des pourcentages de différentes anomalies spermatiques de la 17 ^{ème} à la 33 ^{ème} semaine d'âge.	69 /verso
37	Evolution du poids corporel chez des lapins mâles de population locale de la 17 ^{ème} à la 33 ^{ème} semaine d'âge.	72
38	La corrélation entre la consommation alimentaire moyenne quotidienne et les valeurs de THI.	73

Liste des tableaux

Tableau N°		page
<i>La partie bibliographique</i>		
01	Influence du lieu de prélèvement des spermatozoïdes sur le pouvoir fécondant.	12
02	Age et poids à la première saillie en fonction de l'origine de l'animal.	15 /verso
03	Composition du plasma séminal chez le lapin.	19 /verso
04	Caractéristiques de la semence de différentes races de lapin	22
05	Caractéristiques de la semence de mâles de trois souches INRA	22
06	Caractéristiques de la semence des lapins lors du premier et du deuxième éjaculat	30
<i>Matériel et méthodes</i>		
07	Grille déterminant la couleur du sperme	51
08	Grille de Petitjean (1965) pour la notation de la motilité d'ensemble	53
09	Echelle d'Andrieu (1974) pour la notation de la motilité individuelle	54
<i>Résultats</i>		
10	Températures, hygrométries ambiantes diurnes moyennes enregistrées et THI calculés, au cours de l'expérimentation en fonction des saisons.	60
11	Réponses aux sollicitations, taux des éjaculats utiles et présentant un gel chez les lapins selon la saison de la naissance.	62 /verso
12	Effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence durant toute la période d'entrée en puberté (15 à 19 semaines pour les nés en hiver et de 17 à 23 pour les nés en été)	63 /verso

13	Effet de la saison de naissance sur les différents types d'anomalies du spermatozoïde durant toute la période d'entrée en puberté (15 à 19 semaines pour les nés en hiver et de 17 à 23 pour les nés en été)	63 /verso
14	Effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence pendant la semaine où 100% de l'effectif est pubère (la 19 ^{ème} semaine pour les nés en hiver et la 23 ^{ème} semaine pour les nés en été).	64 /verso
15	Effet de la saison de naissance sur les différents types d'anomalies du spermatozoïde pendant la semaine où 100% de l'effectif est pubère (la 19 ^{ème} semaine pour les nés en hiver et la 23 ^{ème} semaine pour les nés en été).	64 /verso
16	Réponses aux sollicitations et taux des éjaculats utiles et présentant un gel chez les lapins de population locale, âgés entre 17 et 33 semaines d'âge.	66
17	Détermination de l'âge de la maturité sexuelle du lapin local	71
18	Effet de la saison estivale sur la consommation alimentaire moyenne quotidienne (moyenne±écart-type).	73
19	Effet de la saison estivale sur le poids corporel des lapins mâles (moyenne±écart-type).	74
20	Effet des températures estivales sur les réponses aux sollicitations, le taux des éjaculats utiles et présentant un gel.	73 /verso
21	Effet de la saison estivale sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins adultes de population locale (Moyenne ± erreur standard).	74 /verso
22	Effet de la saison estivale sur les différents types d'anomalies du spermatozoïde chez des lapins adultes de population locale (Moyenne ± erreur standard).	76

Discussion

23	Ecarts entre les paramètres biologiques de la semence mesurés en été et ceux mesurés au printemps ou en hiver (synthèse bibliographique et nos données).	94 /verso
----	--	-----------

Sommaire

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE	
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : L'appareil reproducteur du lapin mâle : Aspects anatomiques et physiologiques	3
I.1. Aspects anatomiques	3
I.1.1. Les testicules et leurs enveloppes	4
I.1.1.1. Caractéristiques et position des testicules	4
I.1.1.2. Les enveloppes testiculaires	4
I.1.1.3. La capsule testiculaire	5
I.1.1.4. Les structures intra-testiculaires	5
I.1.2. L'épididyme	6
I.1.3. Le canal déférent	7
I.1.4. L'urètre	7
I.1.5. Les glandes annexes	7
I.1.5.1. La vésicule séminale	7
I.1.5.2. La glande vésiculaire (proprostata ou prostate craniale)	7
I.1.5.3. La prostate	7
I.1.5.4. Les glandes paraprostatiques	7
I.1.5.5. La glande bulbo-urétrale (glande de Cowper)	8
I.1.6. Les voies externes d'excrétion et l'organe copulateur	8
I.1.6.1. Le pénis	8
I.1.6.2. Les glandes préputiales	8
I.2. Aspects physiologiques	8
I.2.1. La spermatogenèse	8
I.2.1.1. Le cycle spermatogénétique	8
I.2.1.2. La maturation épididymaire	10
I.2.2. La production des spermatozoïdes par le testicule	12
I.2.3. La régulation hormonale de la spermatogenèse	13
I.2.4. Le développement des gonades et la puberté	13
I.2.4.1. Le développement pondéral	14
I.2.4.2. Le développement de l'appareil génital externe	14

I.2.4.3. La maturation sexuelle.....	15
I.2.4.4. Développement comportemental.....	16
I.2.4.5. Développement hormonal.....	16
CHAPITRE II : Caractéristiques de l'éjaculation et de l'éjaculat.....	18
II.1. Le comportement sexuel et l'accouplement.....	18
II.2. Caractéristiques physico-chimiques du sperme de lapin adulte.....	19
II.2.1. Caractéristiques générales de la semence du lapin mâle.....	19
II.2.2. Composition de la semence du lapin mâle.....	19
II.2.2.1. Le spermatozoïde.....	19
II.2.2.2. Le plasma séminal.....	20
II.2.2.3. Les granules séminales.....	20
II.3. Relation entre les caractéristiques de la semence et les performances de la reproduction..	20
II.4. Facteurs de variation de la qualité de la semence.....	21
II.4.1. Facteurs intrinsèques.....	21
II.4.1.1. Le facteur individuel.....	21
II.4.1.2. Le facteur génétique.....	21
II.4.1.3. Le facteur âge.....	23
II.4.1.4. L'état de santé.....	23
II.4.2. Facteurs extrinsèques.....	24
II.4.2.1. La saison.....	24
II.4.2.2. La température.....	25
II.4.2.3. La lumière et la photopériode	26
II.4.2.4. L'altitude.....	27
II.4.2.5. L'alimentation.....	27
II.4.2.6. Le rythme de récolte.....	28
II.4.2.7. L'ordre de collecte : comparaison des deux éjaculats successifs.....	29
II.4.2.8. La stimulation des mâles.....	30
II.4.2.9. L'effet du préleveur.....	31
II.4.3. Les facteurs agissant directement sur la semence.....	31
Chapitre III : Méthodes de récolte et d'évaluation de la qualité spermatique.....	32
III.1. Méthodes de récolte.....	32
III.1.1. Le matériel de collecte.....	32
III.1.2. La technique de collecte.....	33

III.1.3. L'entraînement des jeunes mâles à la collecte	33
III.2. Méthodes classiques d'évaluation de la semence.....	34
III.2.1. Les mesures macroscopiques.....	34
III.2.1.1. L'aspect et la couleur.....	34
III.2.1.2. Le volume.....	35
III.2.1.3. Le pH.....	35
III.2.2. Les mesures microscopiques.....	35
II.2.2.1. La mobilité.....	35
II.2.2.2. La concentration (nombre de spermatozoïdes par millilitre de sperme).....	36
II.2.2.3. La viabilité.....	36
II.2.2.4. La morphologie des spermatozoïdes.....	37
III.3. Limites des techniques classiques d'examen de la semence et perspectives pour le futur.....	38
III.3.1. Principales limites de l'examen classique de la semence.....	38
III.3.2. Les nouvelles méthodes d'évaluation de la semence.....	39
III.3.2.1. Mesure de la concentration.....	39
III.3.2.1.1. Le spectrophotomètre.....	39
III.3.2.1.2. Le NucleoCounter	39
III.3.2.2. Evaluation de la mobilité des spermatozoïdes.....	40
III.3.2.2.1. Analyse du sperme assistée par ordinateur (Computer Assisted Sperm Analysis = CASA).....	40
III.3.2.3. Evaluation de l'intégrité de la membrane plasmatique.....	40
III.3.2.3.1. Test hypo-osmotique.....	40
III.3.2.3.2. La fluorescence.....	41
III.3.2.4. Evaluation morphologique et ultra-structurale.....	42
III.3.2.4.1. Les techniques de microscopie électronique.....	42
III.3.2.4.2. Analyse automatisée de la morphométrie du spermatozoïde (ASMA)...	42
III.3.2.5. Etat de condensation de la chromatine.....	42
III.3.2.6. Capacitation.....	43
III.3.2.7. Réaction acrosomique.....	43
III.3.2.8. L'évaluation de la fertilité in vivo et in vitro.....	43

PARTIE EXPERIMENTALE

MATERIEL ET METHODES

I. Lieu et durée de l'expérimentation.....	44
II. Le bâtiment, le matériel d'élevage et les données climatiques.....	44
III. L'alimentation et l'abreuvement.....	45
IV. Les animaux.....	46
V. La conduite expérimentale.....	47
VI. Récolte et méthodes d'analyse de la semence.....	48
VI.1. Récolte de la semence.....	48
VI.2. Méthodes d'analyse de la semence.....	50
VI.2.1. Le spermogramme.....	51
VI.2.2. Le spermocytogramme.....	57
VII. Analyse statistique.....	59

RESULTATS

I. Paramètres d'ambiance.....	60
II. Age, activité sexuelle et production spermatique du lapin lors de l'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance.....	61
II.1. Détermination de l'âge de la puberté en fonction de la saison de naissance.....	61
II.2. Taux de récolte utile en fonction de la saison de naissance.....	63
II.3. Etude de l'ardeur sexuelle et des caractéristiques de la semence à l'entrée en puberté des lapins en fonction de la saison de naissance.....	63
II.3.1. Sur toute la période d'entrée en puberté (15 à 19 semaines pour les lapins nés en hiver et de 17 à 23 pour les lapins nés en été).....	63
II.3.2. Pendant la semaine où 100% de l'effectif est pubère (19 ^{ème} semaine pour les lapins nés en hiver et 23 ^{ème} pour les lapins nés en été).....	64
III. Détermination de l'âge de maturité sexuelle par la caractérisation de la production spermatique chez le lapin.....	65
III.1. Taux de récolte utile des lapins.....	65
III.2. Evolution hebdomadaire de l'ardeur sexuelle et des caractéristiques du sperme....	67
III.2.1. Ardeur sexuelle ou libido.....	67
III.2.2. Aspects quantitatifs.....	67
III.2.3. Aspects qualitatifs.....	69

III.2.4. Anomalies des spermatozoïdes.....	69
III.3.Détermination de l'âge de la maturité sexuelle chez les lapins mâles.....	70
IV. Déterminisme du poids vif corporel en relation avec l'âge de la puberté et la maturité sexuelle.....	71
V. Effet de la saison estivale sur la production spermatique.....	72
IV.1. Effet de la saison estivale sur la consommation alimentaire et le poids corporel.....	72
IV.2. Effet de la saison estivale sur le taux de récolte utile	74
IV.3.Effet de la saison estivale sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence...	75
DISCUSSION	77
CONCLUSION	96
Références bibliographiques	
Annexe	

Introduction

En Algérie, la cuniculture est majoritairement basée sur l'utilisation du lapin de population locale, qui nécessite une identification et une connaissance de ses aptitudes biologiques et zootechniques et de son adaptabilité aux conditions d'élevage. Ceci est nécessaire pour le montage des programmes de sélection et la mise en place des systèmes de production les mieux adaptés au contexte national.

Plusieurs travaux de recherches ont été menés dans l'optique de préserver le patrimoine génétique du lapin local et d'étudier ses paramètres zootechniques. Ainsi, sur le plan de **la caractérisation des performances**, divers auteurs classent le lapin de population locale dans le format léger (Berchiche et *al.*, 2000 ; Daoudi et AinBaziz, 2001 ; Berchiche et Kadi, 2002 ; Belhadi, 2004 ; Zerrouki et *al.*, 2005 ; Nezzar, 2007). Par ailleurs, certaines données montrent que cet animal utilise efficacement les matières premières locales introduites dans l'aliment (Berchiche, 1985 ; Lounaouci, 2001) et s'adapte aux conditions rigoureuses d'élevage notamment climatiques (chaleur ambiante estivale) et sanitaires (Moulla et Yakhlef, 2007, Saoudi, 2008). D'autres travaux se sont intéressés **à l'aspect génétique**, ayant trait à la création de souches synthétiques (Gacem et Bolet, 2005), et à la mise au point d'une lignée plus prolifique (Saidj, 2006) et d'une lignée à croissance améliorée (Chaou, 2006).

Sur le plan de la **reproduction**, il faut souligner que tous les travaux se sont orientés particulièrement vers les aspects physiologiques et hormonaux **de la femelle**, ainsi l'effet du rythme de reproduction et l'étude des composantes biologiques de la prolificité ont été étudiés (Remas, 2001 ; Moumen, 2006 ; Belabbes, 2009).

En revanche, jusqu'à présent, les aspects liés à la **reproduction du lapin mâle de population locale** ont été négligés, alors qu'ils contribuent fortement à l'optimisation des qualités intrinsèques du mâle en tant que reproducteur. De plus, dans les programmes de d'amélioration génétique, la connaissance du potentiel génétique du lapin mâle est incontournable pour la création de lignées paternelles spécialisées, qui présentent des aptitudes pour la production bouchère (croissance, efficacité alimentaire, qualité de la carcasse et de la viande).

D'un autre côté, le développement de la cuniculture en Algérie nécessite l'introduction de la technique d'insémination artificielle dans nos élevages. Cette méthode de biotechnologie a été appliquée depuis la fin des années 1980 dans les élevages cynicoles européens (Theau-Clément, 2007). Elle a permis de mieux organiser le travail dans une exploitation en valorisant les travaux de sélection et de diffusion du progrès génétique, en diminuant l'effectif des mâles et même les risques sanitaires (Theau-Clément, 1994 ; Safaa *et al.*, 2008). Toutefois, l'application de cette technologie de reproduction dans notre pays nécessite avant tout la détermination de la réponse des mâles de population locale à la récolte artificielle de la semence. De même, la caractérisation des capacités reproductives de cette population et l'étude des facteurs de variation influençant sa production spermatique peuvent définir les conditions d'utilisation des mâles, afin d'obtenir une quantité optimale de sperme et de spermatozoïdes.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude dont l'objectif est de déterminer, en premier lieu, l'âge de l'entrée en puberté et de la maturité sexuelle du lapin de population locale, puis dans un second temps, étudier la qualité de la semence et explorer quelques facteurs de variation de cette dernière, tels que l'effet de la saison de naissance, et celui de la saison estivale sur les caractéristiques du sperme.

Dans ce document, nous présenterons une partie bibliographique, à travers laquelle, un rappel des aspects anatomiques et physiologiques de l'appareil reproducteur du lapin mâle sera énoncé, complété par les caractéristiques de l'éjaculation et de l'éjaculat, ainsi que les facteurs de variation de la qualité du sperme. Nous aborderons, par la suite, un état des connaissances sur les méthodes de récolte et d'évaluation utilisées pour déterminer la qualité spermatique.

La partie expérimentale comprendra les méthodes mises en œuvre pour la réalisation de ce travail, suivie par la présentation des résultats obtenus. Enfin, une discussion générale permettra de faire une synthèse des résultats obtenus, avant de conclure et de proposer des perspectives pour la continuité du travail.

Partie

Bibliographique

Chapitre I - L'appareil reproducteur du lapin mâle : Aspects anatomiques et physiologiques

I.1. Aspects anatomiques :

L'appareil génital du lapin mâle, situé postérieurement, s'extériorise par des bourses peu marquées par rapport à d'autres mammifères (Boussit, 1989). Il a d'une manière générale deux fonctions primordiales : la production des spermatozoïdes et son dépôt dans les voies génitales d'une part et la sécrétion des hormones sexuelles d'autre part, assurées par des structures spécifiques (Alvarino, 1993). Les organes internes sont composés des testicules, des conduits excréteurs (épididyme, canal déférent et urètre) et des glandes annexes (vésicule séminale, glande vésiculaire, prostate, glandes paraprostatiques et glande de Cowper). Le pénis est l'organe externe copulateur (Figure 1).

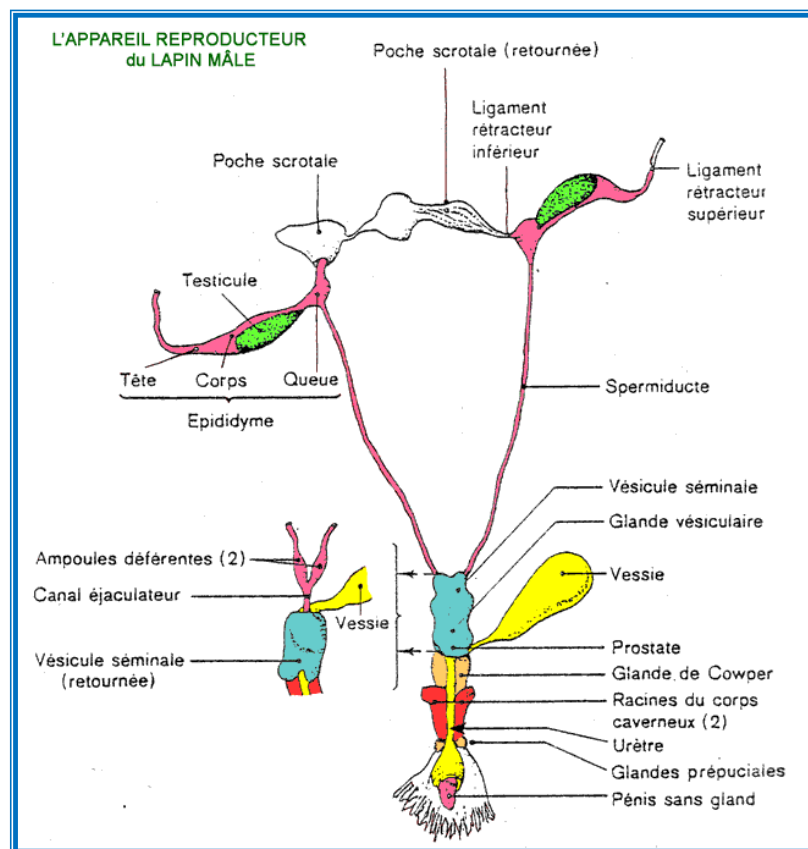


Figure 1 : Schéma de l'appareil génital du mâle (Lebas, 2009)

<http://www.cuniculture.info/Docs/Biologie/biologie-07-2.htm>

I.1.1. Les testicules et leurs enveloppes :

Les testicules sont des organes pairs dotés d'une double fonction :

- La fonction gamétogenèse ou spermatogenèse, assimilable à une véritable fonction exocrine et assurée par les tubes séminifères.
- La fonction endocrine de sécrétion d'hormones mâles (les androgènes) assurée par les cellules de Leydig situées entre les tubes séminifères.

I.1.1.1. Caractéristiques et position des testicules :

Les deux testicules sont situés de part et d'autre de la ligne médiane inguinale. Chez le lapin adulte, le testicule est de forme ovoïde (3 à 3,5 cm de longueur, 1 à 1,5 cm de largeur, 1 à 1,3 cm d'épaisseur et de 1,5 à 2 g), aminci aux extrémités avec un pôle caudal plus pointu. Le lapin est alternativement éxorchiade ou énorchiade, les testicules peuvent monter dans la cavité abdominale, pour le premier cas sous l'effet de frayeur par exemple, et redescendre dans les bourses, pour le second cas, grâce à un tissu musculaire appelé crémaster (Boussit, 1989 ; Barone, 2001).

I.1.1.2. Les enveloppes testiculaires :

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

On peut distinguer six plans membraneux, dont :

- Deux plans superficiels : le scrotum et le dartos.
 - Un plan intermédiaire : la tunique celluleuse (fascia spermatique externe)
 - Trois plans profonds : le crémaster, la tunique fibreuse (fascia spermatique interne) et la tunique séreuse vaginale.
- **Le scrotum (peau)** n'est bien visible que dans les périodes d'activité sexuelle. Il est double et forme de chaque côté un sac volumineux très allongé caudalement sous le bassin, jusqu'au voisinage du prépuce dont il reste indépendant (Barone, 2001). Sa peau très fine est pourvue de glandes sébacées et de glandes sudoripares sans tissu adipeux sous cutané, glabre et adhérente au dartos (Alvarino, 1993).
 - **Le dartos** est une enveloppe propre à chaque testicule, constituée de fibres élastiques, conjonctives et musculaires lisses. Il assure la suspension des testicules et maintient leurs enveloppes profondes. Par ses lentes contractions, il détermine les mouvements vermiculaires et les rides du scrotum, par exemple sous l'influence du froid (Barone, 2001).

- **Le crémaster**, de couleur rouge vif, est situé dans la zone latérale du testicule et sa contraction est volontaire et rapide. Chez le lapin, c'est un sac musculaire complet directement continu avec le muscle oblique interne de l'abdomen autour de l'anneau inguinal profond (il est large, d'un diamètre suffisant pour livrer passage au testicule et à l'épididyme). Il reçoit en outre quelques faisceaux du muscle transverse de l'abdomen. Grâce à ses contractions importantes, il éloigne ou rapproche le testicule du corps (Barone, 2001 ; Bonnes et *al.*, 2005).
- **La gaine vaginale** est une dépendance du péritoine qui constitue la séreuse du testicule et de son cordon. Elle est tapissée intérieurement par la **tunique vaginale**, une poche issue du péritoine, et extérieurement par une **tunique fibreuse** issue du *fascia transversalis*. L'ensemble des tuniques constitue la gaine vaginale qui parcourt la paroi abdominale au travers d'un canal inguinal délimité en haut et en bas par les anneaux inguinaux (Alvarino, 1993 ; Barone, 2001).

I.1.1.3. La capsule testiculaire :

Les testicules sont revêtus d'une capsule fibreuse appelée albuginée, tapissée à l'extérieur par la tunique vaginale et à l'intérieur par la tunique vasculaire riche en vaisseaux sanguins. Elle est prolongée par des cloisons délimitant des logettes ou lobules testiculaires (200 à 300 lobules par testicule), et réunies au centre pour former le corps d'Highmore.

I.1.1.4. Les structures intra-testiculaires :

Le parenchyme testiculaire est composé de **tubes séminifères** et d'**espaces interstitiels** et divisé en lobes et lobules par des travées conjonctives issues de l'albuginée et du rete testis (Figure 2).

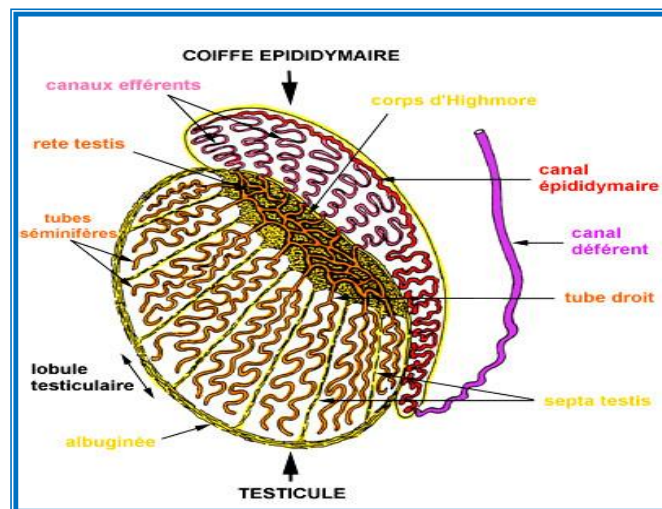


Figure 2 : Schéma des structures intra-testiculaires

<http://bac-sc-rep.e-monsite.com/rubrique,chez-l-homme,15831.html>

➤ **Les tubes séminifères**, 2 à 3 tubes par lobule, sont pelotonnés et peuvent atteindre 70 mètres chez le lapin. Ils se jettent dans les tubes droits qui s'anastomosent au niveau du corps de Highmore et forment un réseau de canalicules, appelé le « rete testis », d'où partent une dizaine de canaux efférents qui traversent l'albuginée pour former la tête de l'épididyme (Alvarino, 1993).

L'épithélium séminifère est constitué de cellules sustentaculaires ou **cellules de Sertoli** et des cellules germinales à différents stades de la spermatogenèse (spermatogonies A et B, spermatocytes I et II et spermatides). Les cellules de Sertoli ont un rôle de protection et de contrôle de la maturation et la migration des cellules germinales. Elles synthétisent de l'Androgen Binding Protein (ABP), de l'inhibine et de l'activine qui inhibent ou activent la sécrétion de FSH par les cellules hypophysaires (Wrobel, 1990).

➤ **Les espaces entre les tubes séminifères** sont occupés par du tissu conjonctif lâche, riche en vaisseaux sanguins et lymphatiques et en nerfs, dans lequel sont répartis des cellules interstitielles en amas appelées **cellules de Leydig** ainsi que diverses cellules libres (fibroblastes, macrophages, lymphocytes...). Elles synthétisent 95% de la testostérone présente dans le sang et de 20 à 50% des autres androgènes tels que la dihydrotestostérone, déhydroépiandrostérone et l'androstènedione (Wrobel, 1990).

I.1.2. L'épididyme :

L'épididyme est un organe attaché au testicule, constitué de l'albuginée testiculaire et du conduit épидидymaire, suivi du conduit déférent. Il est rattaché à la paroi scrotale par le ligament de la queue de l'épididyme. D'un point de vue anatomique, il est habituellement séparé en trois parties distinctes :

- la tête volumineuse coiffe le pôle cranio-proximal du testicule,
- le corps épais et ventral
- et la queue située au pôle caudal-distal du testicule.

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).

I.1.3. Le 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 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. L'urètre :

C'est un conduit long de 12 à 13 cm, dont 8 à 9 seulement pour la partie pénienne, servant à la fois à l'excrétion de l'urine et du sperme. Il part de la vessie et tapisse l'intérieur du pénis jusqu'à son extrémité (Barone, 2001).

I.1.5. Les glandes annexes :

L'ensemble de leurs sécrétions constitue le liquide spermatique qui, mélangé aux spermatozoïdes, constitue le sperme. Elles sont de plusieurs types :

I.1.5.1. La vésicule séminale est en effet impaire et bilobée, placée entre le rectum et la vessie, dont la partie terminale fusionne avec les ampoules différentielles pour former le canal éjaculateur qui s'ouvre dorsalement dans l'urètre (Boussit, 1989). Sa taille est extrêmement variable, parfois, elle devient extraordinairement dilatée à cause de liquide qu'elle contient. Le liquide est presque clair et varie d'une consistance peu visqueuse à gélatineuse (Holtz et Foote, 1978a).

I.1.5.2. La glande vésiculaire (proprostate ou prostate craniale) 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 (Holtz et Foote, 1978a).

I.1.5.3. La prostate est la principale glande accessoire de l'appareil génital, située à la face dorso-caudale de la glande précédente. 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. Les glandes paraprostatiques sont nettement plus petites, 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 (Holtz et Foote, 1978a).

I.1.5.5. La glande bulbo-urétrale (glande de Cowper) couvre toute la partie caudale de l'urètre pelvien et son extrémité craniale entre en contact avec la prostate (Barone, 2001).

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

I.1.6.1. Le pénis mesure environ 8 cm de long, dont 4 à 5 cm pour la partie fixe. Au repos, il est dirigé obliquement vers l'arrière, parallèlement à la série des premières vertèbres coccygiennes et le gland est pratiquement absent. La partie libre enfermée dans un repli tégumentaire, le fourreau, est lisse et se rétrécit de façon progressive. Le muscle rétracteur du pénis fait défaut. En revanche, le ligament suspenseur du pénis est doublé par une paire de forts muscles subischio-caverneux, qui n'existent dans aucune autre espèce domestique. Ils ont pour fonction de ramener le pénis vers l'avant pendant l'érection (Boussit, 1989 ; Barone, 2001).

I.1.6.2. Les glandes préputiales 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 (Holtz et Foote, 1978a). Source de phéromones, elle joue un rôle dans le déclenchement de l'ovulation chez la femelle en stimulant le réflexe ovulatoire, mais ne fait pas partie de l'éjaculat (Boussit, 1989).

I.2. Aspects physiologiques :

I.2.1. La spermatogenèse

Elle est définie par la succession des phases permettant d'obtenir un spermatozoïde mature à partir d'une cellule sexuelle de base ou cellule souche, d'une manière continue dès la puberté. 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.2.1.1. Le cycle spermatogénétique

Au cours de la spermatogenèse, les cellules de la lignée germinale passe par cinq stades cellulaires caractéristiques : spermatogonies, spermatocytes I, spermatocytes II, spermatides et spermatozoïdes (Figure 3). On les rencontre dans cet ordre dans la paroi du tube séminifère, en partant de la membrane basale limitant le tube à sa périphérie vers la lumière centrale du tube. Au cours de la spermatogenèse, deux évolutions essentielles se produisent (Posière, 2002) :

- la réduction du nombre de chromosomes de $2n$ à n , au cours d'une méiose.
- La maturation des cellules germinales aboutissant, à partir de spermatides, à des cellules très hautement différenciées, les spermatozoïdes.

Le cycle spermatogénétique se déroule en quatre phase ; la multiplication des spermatogonies, l'accroissement des spermatocytes I, la réduction chromatique et la différenciation des spermatides (la spermiogénèse) (Bonnes et *al.*, 2005).

Le cycle de l'épithélium séminal comprend huit stades et la durée du cycle de l'épithélium séminal, déterminée par l'intervalle de temps qui rythme l'entrée des spermatogonies dans la spermatogénèse, s'étale sur 10,5 jours chez le lapin. De plus, il faut 4 à 5 cycles successifs à l'épithélium séminal pour passer de l'état spermatogonie à celui de spermatozoïde (Amann et Lambiase, 1969 ; Thibault et Levasseur, 2001).

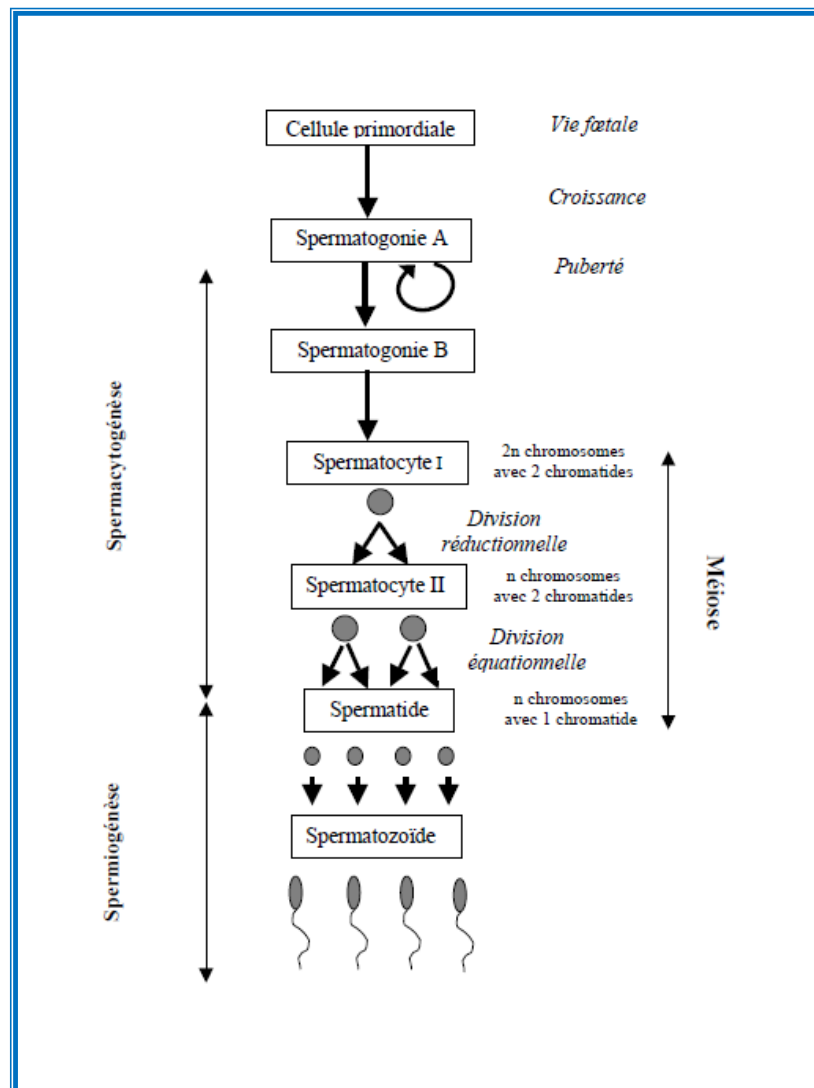


Figure 3 : Le cycle spermatogénétique (Posière, 2002)

Le temps nécessaire pour élaborer un spermatozoïde présent dans la tête de l'épididyme à partir d'une cellule souche varie de 38 à 45 jours (74 jours chez l'homme, environ 54 chez le taureau et le chien et 34 jours chez le ver rat) (Boussit, 1989; Thibault et Levasseur, 2001).

Dans l'hypothèse où un facteur viendrait freiner la différenciation des spermatogonies, son effet ne se ferait sentir qu'un mois et demi plus tard, du fait de la durée de la spermatogenèse et de la maturation des gamètes. Les spermatozoïdes différenciés et libérés dans la lumière du tube séminifère migrent vers les canaux efférents. Le transport dure en moyenne 5,6 jours (Boussit, 1989).

I.2.1.2. La maturation épидидymaire :

L'épididyme est l'organe où les spermatozoïdes passent après leur voyage dans les canaux efférents du testicule. Quand les spermatozoïdes sortent de ces canaux, ils sont immobiles et non fertiles ; le passage à travers l'épididyme va les rendre mobiles et fertiles, les transformant ainsi en spermatozoïdes matures.

- **Le transit épидидymaire :**

Le transit dure de 8 à 10 jours, dont 2 jours au niveau de la tête, 2 jours dans le corps et 5 à 6 jours dans la queue, avec une progression plus rapide dans la périphérie que dans le centre du conduit épидидymaire (Alvarino, 1993). Ce temps de transit diminue d'environ 10 à 20% chez les animaux qui éjaculent fréquemment (Baril *et al.*, 1993).

- **La composition du liquide épидидymaire :**

- *la réabsorption d'eau, d'ions et de protéines* : l'épithélium épидидymaire réabsorbe de l'eau, des ions et des protéines présents dans le fluide testiculaire, particulièrement dans les premières régions épидидymaires, entraînant une concentration des spermatozoïdes. La réabsorption de l'eau se fait en association avec les mouvements des ions Na^+ et Cl^- (réabsorbés) et des ions K^+ et PO_4^{3-} (sécrétés), ce qui aboutit à une diminution du rapport Na/K d'un facteur 10 entre la tête et la queue de l'épididyme. La majorité des protéines présentes dans le fluide testiculaire, comme l'ABP, la clustérine et la transferrine sont réabsorbées, par endocytose fluide ou spécifique ou par transcytose et sont remplacées par de nouveaux composés sécrétés par les cellules épithéliales (Thibault et Levasseur, 2001).

- *la sécrétion de substances organiques et la concentration de substances sanguines dans la lumière du tube* : l'épithélium épидидymaire sécrète des protéines telles que la GlycérylPhosphorylCholine (GPC), et des protéines spécifiques dont la plupart sont des

enzymes, phosphatases acides et alcalines, protéases, glucosidases, glycosyltransférase qui peuvent modifier le fluide épидидymaire et la membrane des spermatozoïdes. La lactoferrine et la clustérine permettent la survie et la protection des spermatozoïdes au cours du transit épидидymaire ; les glucosidases et les protéases (procathepsine L) quant à elles modifient la membrane des spermatozoïdes et assurent la maturation épидидymaire. La fonction de concentration de substances sanguines dans la lumière du tube de l'épithélium épидидymaire est illustrée par la concentration en carnitine et acétylcarnitine dans le fluide épидидymaire. La carnitine produite par le foie et véhiculée par le sang et réabsorbée par transport actif et concentrée dans la lumière du tube. Il semble qu'elle soit transformée en acétylcarnitine et utilisée comme substrat énergétique pour la mobilité des spermatozoïdes (Thibault et Levasseur, 2001).

- **La modification des spermatozoïdes :**

- *Modifications morphologiques* : Dans la partie proximale de la tête de l'épididyme, l'acrosome des spermatozoïdes est long et large et présente une gouttelette cytoplasmique sur la pièce intermédiaire près de la tête. Au cours du transit, l'acrosome se raccourcit, la gouttelette cytoplasmique glisse le long de la pièce intermédiaire et la densité des spermatozoïdes s'accroît. Dans la queue de l'épididyme, les spermatozoïdes ont un acrosome réduit et n'ont plus de gouttelette cytoplasmique (Bedford, 1963).

- *L'apparition du pouvoir fécondant* : La modification des charges de surface au cours du transit s'accompagnerait d'une sensibilité croissante aux variations du pH et de la température. Le revêtement glyco-protéique est modifié au cours du transfert par la perte de la gouttelette cytoplasmique mais également par l'adhésion de protéines provenant des sécrétions de l'épithélium séminifère. Ces modifications interviendraient dans les propriétés d'agglutination du sperme, dans le développement de la capacité fertilisante, notamment pour la reconnaissance de l'ovule (Boussit, 1989). La capacité fertilisante est acquise dans la moitié inférieure du corps de l'épididyme, bien que la proportion des spermatozoïdes fertiles dans cette zone reste encore moindre que dans la queue de l'épididyme ou dans les canaux déférents (Tableau 1) (Boussit, 1989 ; Setchell, 1989 cité par Alvarino, 2000).

- *L'acquisition de la mobilité* : Les spermatozoïdes de la tête de l'épididyme n'ont que des mouvements vibratoires de la queue et ne se déplacent pas. Progressivement, les mouvements deviennent plus réguliers et plus énergiques. Les spermatozoïdes se déplacent en cercles de plus en plus larges au cours du transit. Dans la queue de l'épididyme, ils ont des mouvements de progression rectiligne (Gaddum, 1968 cité par Boussit, 1989).

Tableau 1 : Influence du lieu de prélèvement des spermatozoïdes sur le pouvoir fécondant (Orgebin-Crist, 1967 cité par Boussit, 1989).

Insémination avec des spermatozoïdes prélevés	% d'œufs fécondés 48 heures après insémination
Dans la tête de l'épididyme	0
Dans le corps proximal de l'épididyme	0
Dans le corps distal de l'épididyme	57
Dans la queue proximale de l'épididyme	74
Dans la queue distale de l'épididyme	95
Après l'accouplement	95

- **Le stockage des spermatozoïdes :**

L'épididyme est le lieu de stockage des spermatozoïdes. Le stock total de 1000×10^6 spermatozoïdes est distribué comme suit : 275×10^6 dans la tête et le corps, 650×10^6 dans la queue de l'épididyme et 50×10^6 dans le canal déférent. Néanmoins, le stockage des spermatozoïdes au niveau de la queue épидидymaire varie selon l'activité sexuelle et la durée de la photopériode (Alvarino, 1993).

- **La résorption des spermatozoïdes :**

Une différence importante existe entre le taux de production de spermatozoïdes par le testicule (DSP : Daily Sperm Production) et la production maximale qui peut être obtenue par des éjaculations fréquentes (DSO : Daily Sperm Output). Les pertes de spermatozoïdes, liées à la réabsorption dans l'épididyme et à l'excrétion dans l'urine (Baril et al, 1993), sont estimées respectivement à 30 et 20% par Holtz et Foote (1972).

I.2.2. La production des spermatozoïdes par le testicule :

Chez le lapin, la production journalière de spermatozoïdes est estimée de 25 à 60 millions par gramme de testicule soit une production de 100 à 250 millions de spermatozoïdes par animal et par jour. Celle-ci varie en fonction de la race (surtout selon le format), de l'âge en raison des variations de poids testiculaire et des délais nécessaires à l'établissement de la spermatogénèse (Boussit, 1989). La saison est également citée comme facteur de variation en raison de la durée de la photopériode (Orgebin-Crist, 1968). En revanche, la production de spermatozoïdes est continue et pas du tout affectée par le rythme d'utilisation du mâle (Amann, 1970 cité par Boussit, 1989).

I.2.3. La régulation hormonale de la spermatogenèse :

La fonction sexuelle du mâle fait l'objet d'une régulation de type neuroendocrinien. Les hormones intervenant dans cette régulation ont deux origines : le complexe hypothalamo-hypophysaire et les testicules. Sous l'action de divers facteurs externes ou internes, l'hypothalamus sécrète la **GnRH** qui stimule la production par l'hypophyse de la **FSH** (Follicle Stimulating Hormon) et de l'**ICSH** (Interstitial Cell Stimulating Hormon) équivalent de **LH** (Luteinizing Hormon). La FSH agit directement sur les cellules germinales dont elle active la multiplication. La LH stimule la production d'androgènes stéroïdiens par les cellules de Leydig. Par ailleurs, la FSH agit sur les cellules de Sertoli qui produisent l'**inhibine** et l'**ABP**. Le complexe testostérone-ABP agit sur les spermatocytes en activant la méiose et sur les spermatides en stimulant la spermiogenèse. La testostérone agit, par ailleurs, sur l'appareil reproducteur, les caractères sexuels secondaires et le comportement sexuel.

La régulation des effets positifs FSH et LH sur les activités sexuelles est assurée par un contrôle en retour du testicule sur le complexe hypothalamo-hypophysaire. Ce rétrocontrôle négatif qui contribue à diminuer la production des hormones gonadotropes est assuré par la testostérone pour la LH et par l'inhibine pour la FSH (Bonnes et al, 2005).

Les prostaglandines **PGE₁** et **PGE₂ α** accélèrent la fabrication des spermatozoïdes par vidange des testicules et assure leur transport à travers l'appareil génital. L'éjaculation se produit sous contrôle d'une hormone voisine 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.

Au cours de la journée, la testostérone est sécrétée de manière épisodique, toutes les 4 à 5 heures. Martinet (1978) observe en effet 5 ou 6 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).

I.2.4. Le développement des gonades et la puberté :

La différenciation 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 et 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).

I.2.4.1. Le développement pondéral :

❖ **Poids du corps** : Jusqu'à l'âge de 5 mois il n'existe pas de dimorphisme sexuel pondéral.

❖ **Poids des testicules et des glandes annexes** : après la naissance, les testicules se développent moins vite que le reste du corps, puis connaissent une croissance extrêmement rapide après l'âge de 5 semaines. Pour la race Néo-Zélandaise, le gain de poids quotidien de 0 à 40 jours d'âge est de 2,4 mg/jour et de 37 mg/jour de 40 à 210 jours (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. L'évolution du poids des testicules en fonction de l'âge, schématisée dans la Figure 4, montre une accélération de la croissance testiculaire entre 70 et 110 jours environ (Lebas, 2009).

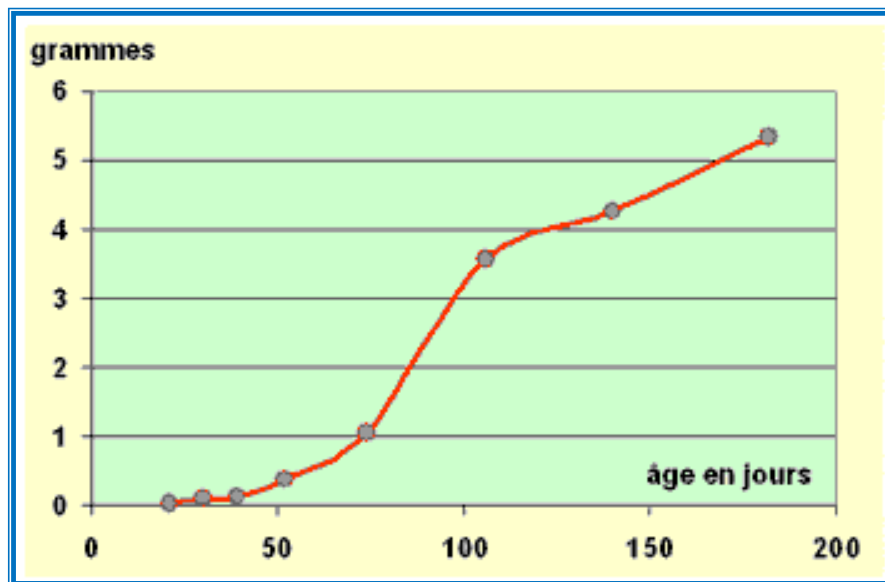


Figure 4 : Évolution du poids des testicules chez le jeune mâle entre 20 et 180 jours, (Souche moyenne pesant 4 kg adulte) (Prud'hon, 1973 ; cité par Lebas, 2009).

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

I.2.4.2. Le 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 caractéristiques de l'adulte à la fin du 3^{ème} mois d'âge (Berger et *al.*, 1982).

I.2.4.3. La maturation sexuelle :

Elle s'effectue en 4 phases :

❖ **La phase infantile** s'étale de la naissance à l'âge de 40 jours. Elle se caractérise par une croissance lente du testicule et de la vésicule séminale et de faibles concentrations plasmatiques de FSH et de testostérone (Boussit, 1989). Dans ce stade, Les tubes séminifères ne présentent aucune activité spermatogénétique et les cellules interstitielles sont indifférenciées (Berger et al., 1982).

❖ **La phase prépubertaire** débute vers l'âge de 40 jours et marque l'accélération de la croissance testiculaire et de l'élévation des androgènes et des gonadostimulines dans le plasma, avec des concentrations maximales entre 60 et 70 jours d'âge. Les premières cellules de Leydig matures apparaissent à 40 jours, leur nombre augmente très rapidement et entre 70 et 80 jours le tissu interstitiel a acquis un aspect adulte (Berger et al., 1982 ; Boussit, 1989). La spermatogenèse commence entre 40 et 50 jours d'âge et tous les tubes testiculaires sont actifs vers 84 jours d'âge (Lebas, 2009).

❖ **La puberté** : il existe des données contradictoires quant à la définition de la puberté chez le lapin. Mann et Parsons (1947) cités par Skinner (1967) 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 (Skinner, 1967) bien avant l'apparition des premiers spermatozoïdes dans l'éjaculat du mâle. 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). La puberté serait également définie, d'après Boussit (1989), par le moment où les organes reproducteurs du mâle sont capables de produire, de façon constante, des spermatozoïdes aptes à féconder un ovule (vers 4 à 5 mois d'âge). Par ailleurs, Sabbagh (1983) rapporte que la puberté chez le lapin est le stade à partir duquel l'éjaculat possède les mêmes caractéristiques physiques et chimiques que chez l'adulte. Ce stade est atteint à partir de l'âge de 24 semaines chez le lapin Néo-Zélandais blanc et coïncide alors en termes de reproduction à la maturité sexuelle (Macari et Machado, 1978).

❖ **La maturité sexuelle** : Amman et Lambiase (1967) définissent la maturité sexuelle comme le moment où la production journalière de sperme n'augmente plus. Ensuite, la production de sperme récolté reste stable ou décroît légèrement.

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 de race Néo-Zélandaise, la maturité sexuelle est atteinte vers 30 à 32 semaines. Toutefois, un mâle peut être utilisé pour la reproduction dès l'âge de 20 semaines (Lebas, 2009) mais avec un rythme moins intensif par rapport à un adulte mature sexuellement. Il a été démontré qu'à l'âge de 20 semaines, les mesures testiculaires et le pourcentage des tubes séminifères qui contiennent des spermatozoïdes ne représentent que 70% de leurs valeurs par rapport à l'âge adulte (33 semaines d'âge) et que l'évolution du volume de l'éjaculat et la motilité individuelle des spermatozoïdes avec l'âge, montre une augmentation importante entre la 20^{ème} et la 33^{ème} semaine (Garcia-Tomas *et al.*, 2009b).

La mise à la reproduction des mâles doit donc faire l'objet d'une attention particulière de la part de l'éleveur sous peine de voir apparaître des problèmes de fertilité. De façon pratique, les mâles ne devraient pas être utilisés en général avant 5 à 6 mois (Boussit, 1989 ; Quiles et Hevia, 2000).

Toutes ces données sont à considérer comme un ordre de grandeur. Il existe en effet des différences génétiques dans l'âge de puberté et de maturité sexuelle (Tableau 2), mais les conditions d'élevage jouent aussi un rôle essentiel, en particulier l'alimentation et plus encore le climat (Lebas, 2009).

I.2.4.4. Développement comportemental :

Les premières manifestations du comportement sexuel apparaissent brusquement dès l'âge de 60 à 70 jours et les premiers coïts peuvent survenir vers 100 jours (Macedo et Miguel, 1986 cités par Alvarino, 2000 ; Quiles et Hevia, 2000). Les premiers coïts, généralement fertiles, sont observés à un âge moyen de 146 ± 13 jours. Il existe, toutefois, une variabilité individuelle importante : les mâles les plus précoces ont des rapports fertiles dès l'âge de 3 mois, certains seulement à partir de 6 mois (Berger *et al.*, 1982).

I.2.4.5. Développement hormonal :

- **les gonadostimulines** : la fonction gonadotrope hypophysaire est active dès la naissance (Figure 5). Les concentrations de LH, élevées à la naissance, chutent jusqu'au 20^{ème} jour puis s'élèvent lentement de 40 à 70 jours. Les concentrations de FSH, relativement faible de 0 à 40 jours, augmentent à partir de ce stade et atteignent dès 60 jours des valeurs élevées caractéristiques de l'adulte (Berger *et al.*, 1982).

Tableau 2 : Age et poids à la première saillie en fonction de l'origine de l'animal
(Synthèse des références bibliographiques).

Auteurs	Pays	Animal	Age à la première saillie (mois)		Poids à la première saillie (g)	
			Moyenne	Etendue	Moyenne	Etendue
Berchiche et Kadi (2002)	Algérie	Population locale	5	4,1-6,5	2500	2430-2700
Khalil (2002)	Egypte	Giza White	7,5	6,2-8,5	2810	2530-3290
Khalil (2002)	Egypte	Baladi rouge	7,2	6,5-8.0	2850	2190-3360
		Baladi blanche	6,5	6,2-7.8	2250	1900-3200
		Baladi noire	7,0	6,5-8.2	2830	2260-3780
Afifi (2002)	Egypte	Race Gabali	6,0	5-7	-	-
Hajj et al. (2002)	Liban	Lapin Baladi	6,5	6-7	2836	2327-3470
Bouzekraoui (2002)	Maroc	Lapin Tadla	6	3-8	2600	2000-2400
Barkok et Jaouzi (2002)	Maroc	Zemmouri	7	6-8	2700	2500-2900
Gómez et al. (2002)	Espagne	Souche Caldes	5	-	4300	-
Gómez et al. (2002)	Espagne	Souche Prat	5	-	4000	-
López et Sierra (2002)	Espagne	Race Gigante	5,5	5-6	4500	4000-5000
Baselga (2002)	Espagne	Souche A	4,5	4-5	3400	3000-3900
Baselga (2002)	Espagne	Souche V	4,5	4-5	3380	3050-3940
Baselga (2002)	Espagne	Souche H	4,5	4-5	3270	3100-3500
Baselga (2002)	Espagne	Souche R	5	4,5-5,5	4300	3700-4600
Lazzaroni (2002)	Italie	Lapin gris Carmagnola	5	4,5-6	4000	3500-4500
Bolet (2002)	France	Fauve de Bourgogne	8,5	8-9	-	-
Bolet (2002)	France	Argenté de Champagne	8	-	-	-
Bolet (2002)	France	Géant des Flandres	11	10-12	-	-
Bolet et Saleil (2002)	(France)	Souche INRA1077	4,4	-	-	-

• **Les androgènes** : de la naissance à 40 jours, de faibles concentrations de la testostérone et de la dihydrotestostérone (DHT) se retrouvent dans le testicule et le plasma. A partir de 40 jours, ces concentrations s'élèvent brusquement, atteignent leur maxima entre 60 et 90 jours, puis déclinent sensiblement pour atteindre les valeurs adultes (Figure 5).

Dans le plasma, la testostérone est toujours l'androgène dominant mais à tous les stades, la DHT est présente en quantité importante (le rapport Testostérone/DHT est voisin de 2). A tous les stades les concentrations des androgènes circulants présentent des variations individuelles de grande amplitude. Dans le testicule la testostérone est l'androgène majeur jusqu'à 60 jours. Après ce stade, les concentrations de la DHT sont égales ou supérieures à celles de la testostérone, ce qui constitue une particularité du lapin (Berger et *al.*, 1982).

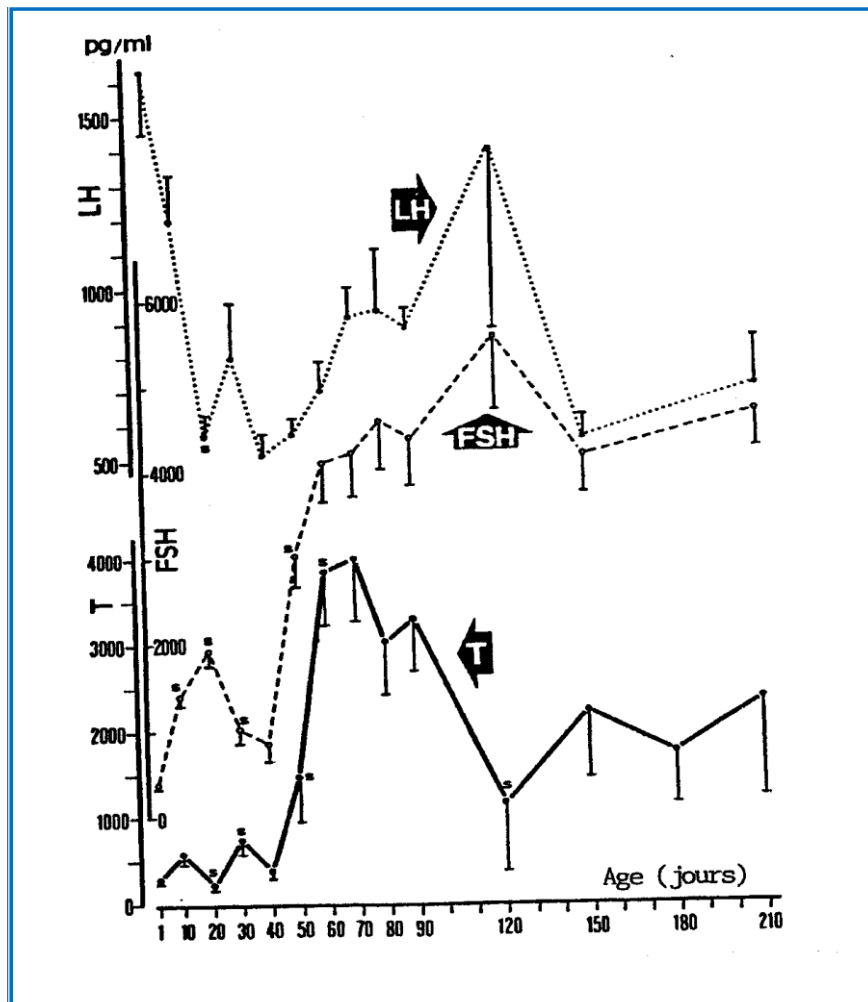


Figure 5 : Evolution des concentrations plasmatiques en testostérone, LH et FSH (pg/ml) chez le lapin mâle avec l'âge (Berger et *al.*, 1982).

Chapitre II - Caractéristiques de l'éjaculation et de l'éjaculat

II.1. Le comportement sexuel et l'accouplement :

Le comportement sexuel des mâles peut être très variable, en durée notamment (quelques secondes à quelques minutes) mais également dans sa nature. La plupart des mâles tentent de chevaucher la femelle après l'introduction de celle-ci dans leur cage. Si la lapine, présentée à un mâle, est réceptive la saillie proprement dite commence en général 10 à 15 secondes après l'introduction de la femelle dans la cage. On a cependant des variations notables de l'ardeur selon l'âge, la race, la femelle présentée et les conditions d'environnement (Alvarino, 1993 et Lebas, 2009).

L'accouplement proprement dit, avec des mouvements de va-et-vient du bassin, dure $2,6 \pm 1,5$ secondes chez des lapins Néo-Zélandais Blancs. Ces mouvements sont un peu plus rapides dans le cas d'un accouplement se terminant par une éjaculation. L'intromission proprement dite dure en moyenne $0,72 \pm 0,27$ secondes. L'augmentation de la pression de la vésicule séminale permettant l'éjaculation effective, apparaît $0,23 \pm 0,11$ secondes après le début de l'intromission. Immédiatement après l'éjaculation, le mâle se rejette en arrière et le plus souvent émet un cri caractéristique (Lebas, 2009). En définitif, le phénomène total d'accouplement dure en moyenne 70 secondes (entre 5 et 300 secondes) (Alvarino, 1993). Si on laisse ensemble une femelle réceptive et un mâle actif, un nouvel accouplement peut être effectué dans les quelques minutes qui suivent.

Le réflexe d'éjaculation consiste en deux phases : une première phase de production de la fraction spermatique, une deuxième de production de la fraction muco-gélatineuse. L'éjaculation, dernière étape du comportement sexuel permet le mélange des spermatozoïdes de la queue de l'épididyme et du plasma séminal. Ce réflexe est sous contrôle hormonal, ce qui entraîne une certaine préparation « psychologique » du mâle avant la saillie si l'on veut que l'éjaculat soit de la meilleure qualité possible.

De façon générale, un mâle trop rapide risque d'être moins efficace qu'un mâle plus lent mais son deuxième saut est sans doute meilleur que le premier. En fait, on ne saurait attribuer de mauvais résultats à une saillie trop rapide sans penser également au facteur femelle et à la « satisfaction sexuelle » de cette dernière (Boussit, 1989).

Le comportement sexuel semble être lié au volume et la concentration spermatique, de sorte que, les mâles les plus agressifs ont un volume plus important, une concentration plus faible et un pourcentage plus élevé de spermatozoïdes vivants par rapport aux mâles les moins agressifs (Alvarino, 1993).

II.2. Caractéristiques physico-chimiques du sperme de lapin adulte :

Le sperme est composé de deux éléments séparables par centrifugation : les spermatozoïdes et le plasma séminal. Le mélange de ces deux fractions a lieu pendant l'éjaculation (Boussit, 1989).

II.2.1. Caractéristiques générales de la semence du lapin mâle :

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 est de l'ordre de 0,3 à 1 ml et la concentration est évaluée entre 150 et 500 x 10⁶ spermatozoïdes/ml (100 à 2000 x 10⁶ spermatozoïdes/ml).

Le volume et la concentration sont susceptibles de variations très importantes entre mâles et entre collectes successives pour un même mâle.

La mesure du pH, dès la récolte, est un bon estimateur de la qualité de la semence. Certains auteurs trouvent un pH de la semence nettement alcalin et le situe autour de 8, en revanche d'autres données indiquent un pH très légèrement acide, de l'ordre de 6,8 – 6,9 (Alvariño, 1993 ; Lebas, 2009 ; Quiles et Hevia, 2000).

II.2.2. Composition de la semence du lapin mâle :

II.2.2.1. Le spermatozoïde :

Le spermatozoïde mature comprend deux parties principales, la tête et la queue qui sont reliées par le cou. La queue est composée d'une pièce intermédiaire et de deux pièces principale et terminale qui constituent le flagelle (Figure 6) (Baril et al, 1993). Le spermatozoïde de lapin mesure entre 55 et 57 µm, dont la tête 6,5 à 9 µm, la pièce intermédiaire 9 µm et la portion principale et terminale 39 µm (Espinosa et al., 2009).

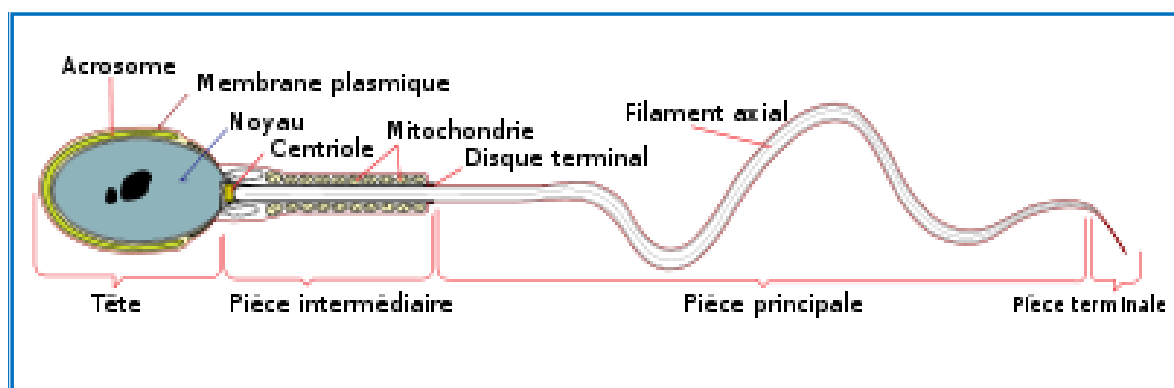


Figure 6 : Organisation du spermatozoïde

<http://bac-sc-rep.e-monsite.com/rubrique,chez-l-homme,15831.html>

II.2.2.2. Le plasma séminal :

Le plasma séminal est constitué par le mélange des sécrétions de l'épididyme et des glandes annexes (Tableau 3). Il est composé d'une partie fluide et d'une partie gélatineuse ; la partie fluide est un liquide translucide, blanchâtre et visqueux (Boussit, 1989 ; Alvarino, 1993). Le liquide séminal assure le transport des gamètes lors de l'éjaculation mais il a également d'autres rôles biologiques. Il fournit notamment des substrats énergétiques et des substances protectrices aux spermatozoïdes.

L'intérêt biochimique de ce produit réside surtout dans la présence de constituants organiques particuliers à savoir le fructose qui constitue une source importante d'énergie pour les spermatozoïdes, l'acide citrique, les glucides, l'inositol, des acides aminés, des acides gras en très faible quantité en plus des vitamines et diverses variétés d'enzymes.

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

II.2.2.3. Les granules séminales :

Il a été démontré que ces particules sont sécrétées par la prostate, principalement par le premier lobe, appelé la proprostata. Sous microscope électronique, ces particules montrent une forme ronde et présentent de protubérances cytoplasmiques avec de petites vésicules détachées. Elles sont de taille différentes (0.5-6 μ m de diamètre) et largement présentes dans le sperme de lapin (450×10^6 /ml).

Ces particules modulent le processus de capacitation et la réaction acrosomique des spermatozoïdes, leur cinétique, la réponse immunitaire de l'appareil génital femelle, ainsi que le transit des spermatozoïdes dans le tractus génital de la femelle.

L'ovulation chez la lapine n'est pas spontanée, mais elle est induite par le coït. Elle se produit environ 10-16 heures après l'accouplement et au cours de cette phase de latence, les spermatozoïdes doivent éviter la capacitation prématurée et la réaction acrosomique, aussi les particules séminales contribuent à retarder ce processus (Castellini, 2008).

II.3. Relation entre les caractéristiques de la semence et les performances de la reproduction:

Le pH du sperme, mesuré dès la récolte, est corrélé négativement ($r = - 0,51$) avec la fertilité (Theau-Clement, 1994), et positivement avec la taille de la portée ($r = 0,41$) (Alvarino, 1993).

Tableau 3 : Composition du plasma séminal chez le lapin
(Synthèse des références bibliographiques)

Constituant	Concentration dans le plasma séminal	Auteurs
Na	54-187 meq/l 1400 µg/ml	Macari et Machado, 1978 Holtz et Foote, 1978
K	1090-1400 µg/ml	Holtz et Foote, 1978
Ca	80-88 µg/ml	Macari et Machado, 1978
Mg	190-270 µg/ml	Holtz et Foote, 1978
P	20-56 meq/l 290-300µg/ml	Macari et Machado, 1978 Holtz et Foote, 1978
Zn	9-10 µg/ml	Holtz et Foote, 1978
Fructose	117-265 mg/100 ml 71-100 mg/100 ml 220,5-240,9 mg/100 ml	Macari et Machado, 1978 Holtz et Foote, 1978 Abdel-Ghaffar et <i>al.</i> , 1994
Glycérylphosphorylcholine	1910-2100 µg/ml	Holtz et Foote, 1978
Glucose	Traces	Mann, 1964 (cité par Boussit, 1989)
Inositol	30 mg/100 ml	White, 1958 (cité par Boussit, 1989)
Sorbitol	80 mg/100 ml	King et Mann, 1959 (cité par Boussit, 1989)
Acide citrique	85-485 mg/100 ml 1230-2050 µg/ml	Macari et Machado, 1978 Holtz et Foote, 1978
Protéines totales	2,5 g/dl 6,9 g/dl	El-Masry et <i>al.</i> , 1994 Marai et <i>al.</i> , 2002b
Lipides totaux	115,8 mg/dl 1,9g/l	El-Masry et <i>al.</i> , 1994 Marai et <i>al.</i> , 2002b
Catalase	27,5 mg/100 ml	Foote, 1962 (cité par Boussit, 1989)

De plus, des corrélations entre la fertilité d'une part, le volume ($r = - 0,16$), la concentration ($r = 0,22$), le pourcentage de cellules vivantes ($r = 0,49$) et les anomalies du spermatozoïdes, d'autre part, ont été identifiées par différents auteurs (Theau-Clement, 1994 ; García-Tomás et *al.*, 2006b). En revanche, le taux de gestation n'est pas influencé par le volume du sperme, la concentration et le pourcentage de spermatozoïdes mobiles, mais affecté par le nombre de spermatozoïdes mobiles par éjaculat. La taille de la portée, quant à elle est corrélée positivement avec la concentration et le nombre de spermatozoïdes totaux et mobiles par dose d'insémination (Brun et *al.*, 2002b).

Le taux d'anomalies de l'acrosome est corrélé négativement ($r = - 0,55$) avec la fertilité et la décondensation de la chromatine du noyau affecte négativement la taille de la portée ($r = - 0,26$) (Courstens et *al.*, 1994 cités par Castellini, 1996). De même, un taux important d'anomalies des spermatozoïdes diminue le taux de gestation (Lavara et *al.*, 2005 cités par García-Tomás et *al.*, 2006b).

La motilité des spermatozoïdes est considérée comme un bon indicateur sur le fonctionnement et l'intégrité des membranes. Chez le lapin, des travaux indiquent qu'une bonne motilité des spermatozoïdes améliore le taux de gestation (Brun et *al.*, 2002b ; Farrell et *al.*, 1993 cités par García-Tomás et *al.*, 2006b). Par contre, Hagen et *al.* (2002) cités par García-Tomás et *al.* (2006b) n'indiquent aucun effet de la vitesse des spermatozoïdes ($\mu\text{m/s}$) sur la fertilité.

II.4. Facteurs de variation de la qualité de la semence

II.4.1. Facteurs intrinsèques :

II.4.1.1. Le facteur individuel :

La variabilité importante des caractéristiques de l'éjaculat entre et intra mâles est soulignée par plusieurs auteurs (Battaglini et *al.*, 1992 ; Roca et *al.*, 1993 ; Theau-Clément, 1994 ; Bencheikh, 1995 ; Castellini, 2008). Cette importante variabilité entraîne une diminution de la répétabilité et de l'héritabilité des caractéristiques de la semence et rend l'amélioration génétique de ces dernières difficile à réaliser (Castellini, 1996 ; Castellini, 2008).

II.4.1.2. Le facteur génétique :

La qualité et la quantité de la semence produite par les mâles, varie en fonction de leur origine génétique (Alvarino, 2000 ; Theau-Clément et *al.*, 2003 ; Lebas, 2009) (Tableaux 4 et 5).

Ainsi, une variabilité élevée de la qualité et de la quantité de la semence entre les lapins de quatre races étudiées (Néo-Zélandais Blanc, Californien, Fauve de bourgogne et Carmagnola gris) est révélée par Crimella et *al.* (1992).

En revanche des performances identiques caractérisent la qualité du sperme des lapins de la souche INRA 1601 et 2066, à l'exception du volume et du taux des spermatozoïdes motiles (Brun et *al.*, 2002a). De plus, en comparant la semence de 3 races élevées au Mexique (Californienne, Néozélandaise et Chinchilla), Salcedo-Baca et *al.* (2004) montrent des différences de qualité concernant seulement le volume et la motilité.

Tableau 4: Caractéristiques de la semence de différentes races de lapin
(Alvariño, 2000).

Races	Volume (ml)	Volume du gel (ml)	Motilité (%)	Concentration ($\times 10^6$ spz/ml)	Anomalies (%)
Black and Tan	0,68	0,32	54	97,6	19
Néozélandais Blanc	0,97	0,13	66	309,6	11
Néozélandais Rouge	0,83	0,79	49	221,7	27
German Pied Giant	1,51	0,27	71	502,5	14

Tableau 5 : Caractéristiques de la semence de mâles de trois souches INRA
(Theau-Clément et *al.*, 2003).

Génotype des mâles	INRA 1077	INRA 2066	INRA 2666
% Collectes / sollicitations	87,4a	90,2b	89,6b
% Collectes utiles / éjaculats totaux	37,8a	53,0b	52,1b
Nombre éjaculats étudiés	340	338	360
pH éjaculats	6,98a	7,10b	7,00a
Volume moyen d'un éjaculat (ml)	0,42a	0,60b	0,56c
Mobilité d'ensemble	6,9a	6,2b	6,7a
Concentration (millions spz / ml)	491a	331b	418c
Nombre de spz / éjaculat (millions spz / éjaculat)	206	198	234

Selon Brun et al. (2006), la sélection pour un poids corporel et une vitesse de croissance élevés diminue le nombre de spermatozoïdes utiles par éjaculat (-26%).

L'effet hétérosis améliore significativement la concentration en spermatozoïdes du sperme (37% de la moyenne parentale), la motilité massale (6,8%) et le pourcentage de spermatozoïdes mobiles (4,1%) (Brun et al., 2002a). Cependant, Garcia-Tomas et al. (2006b) indiquent que l'utilisation des mâles croisés ne fournit pas un avantage majeur par rapport à l'utilisation des mâles purs.

II.4.1.3. Le facteur âge :

L'âge des lapins mâles influence significativement le pH, la concentration et le nombre des spermatozoïdes totaux et mobiles obtenus dans l'éjaculat. En effet, le sperme des mâles adultes par rapport à celui des jeunes (37-43 semaines) présente un volume, une concentration et un nombre de spermatozoïdes totaux et motiles plus élevés (Alvarino, 1993 ; Theau-Clément et al., 2009).

Selon García et al. (2004), les mâles peuvent être considérés comme immatures jusqu'à l'âge de 9 mois, car la production et la qualité de la semence sont faibles. La période entre 10 et 18 mois représente le meilleur moment d'utilisation des mâles pour l'insémination artificielle et au-delà (19 – 25 mois), une nette diminution de la concentration et du volume avec une augmentation du taux des anomalies spermatiques sont observées.

Récemment, certains auteurs ont montré que la structure de la chromatine des spermatozoïdes de lapins âgés entre 5 et 28 mois est significativement changée. Les plus faibles pourcentages de spermatozoïdes avec une chromatine endommagée (de 1,7 à 2,4%) ont été trouvés entre 6 et 16 mois d'âge et les plus élevés ont été trouvée dans les éjaculats prises des mâles de moins de 5 mois et plus de 20 mois d'âge (Gogol et al., 2002).

II.4.1.4. L'état de santé :

L'inflammation de l'appareil reproducteur mâle affecte les différentes fonctions testiculaires et les caractéristiques séminales en altérant la biosynthèse des eicosanoides pro-inflammatoires et des cytokines. La concentration élevée des leucocytes induite par une infection au cours de la spermatogénèse réduit fortement l'intégrité de l'acrosome en augmentant la production des radicaux libres (Castellini, 2008).

II.4.2. Facteurs extrinsèques :

II.4.2.1. La saison :

De nombreux travaux décrivent les variations saisonnières de l'activité sexuelle du lapin mâle évoluant dans la nature (lapin sauvage). Ainsi, l'activité reproductrice est importante pendant les jours croissants (de février à juillet généralement) et devient quasi nulle en automne (Lebas, 2009).

Le lapin domestique ne présente pas de période de reproduction aussi nettement marquée. Néanmoins, la spermatogénèse du lapin montre une variation saisonnière liée à la photopériode et à la température externe. L'activité est maximale au printemps (de mars à juin) et minimale au début d'automne, et varie selon le climat de la région (Alvarino, 1993 ; Joly et Theau-Clément, 2000).

➤ *Effet de la saison sur la puberté, le développement sexuel, la fertilité et l'ardeur sexuelle :*

Des travaux menés en Egypte montrent que l'âge à la première saillie chez les lapins Californiens et Néo-Zélandais Blancs est situé entre 140 et 150 jours pendant la saison d'été. La stérilité temporaire des lapins mâles peut être due à la température ambiante élevée. La diminution de la capacité reproductrice des lapins mâles, pendant la période estivale, est liée à celle de l'ardeur sexuelle (Marai et al., 2002a ; Nizza et al., 2003 ; Safaa et al., 2008). Par ailleurs, l'ardeur sexuelle des mâles est meilleure au printemps comparée à la période d'hiver (Rodriguez De-Lara et al., 2008).

➤ *Effet de la saison sur les caractéristiques de la semence :*

Plusieurs données rapportent que le **volume de la semence** récolté par éjaculat est plus important durant les saisons de printemps, d'hiver et d'automne, et le plus faible est enregistré en été (Théau-Clément et al., 1991 ; Marai et al., 2002a ; Safaa et al., 2008 ; Théau-Clément et al., 2009). Battaglini et al. (1992) signalent, lors d'une étude menée de juin à décembre, que le volume d'éjaculat collecté en juin (0,99 ml) est plus élevé que celui prélevé en novembre (0,64 ml). Roca et al. (2005) rapportent, par ailleurs, que le volume du sperme sans gel est significativement plus élevé en été comparativement à celui récolté durant les autres saisons. De même, Nizza et al. (2003) remarquent que le volume de sperme collecté est plus élevé en été qu'en hiver.

La motilité des spermatozoïdes est faible en été, elle augmente progressivement et atteint un pic au printemps (Marai et *al.*, 2002a ; Roca et *al.*, 2005 ; Rodriguez De-Lara et *al.*, 2008 ; Safaa et *al.*, 2008 ; Théau-Clément et *al.*, 2009).

Les plus faibles **concentrations en spermatozoïdes** sont enregistrées en automne et en été (Virag et *al.*, 1992 ; Théau-Clément et *al.*, 2009). Des études menées dans les conditions d'élevage égyptiennes montrent que la concentration en spermatozoïdes du sperme du lapin de type Baladi Noir était plus élevée en hiver qu'en été (Safaa et *al.*, 2008). En définitif, Roca et *al.* (2005) montrent que l'augmentation de l'indice reliant les températures à l'hygrométrie ambiantes (THI) a un effet négatif sur la concentration et le nombre de spermatozoïdes par éjaculat.

Les différentes études portant sur l'effet de la saison sur le **pH du sperme** révèlent une grande variabilité des données. Certains auteurs ne rapportent aucun effet de la saison sur ce paramètre (Battaglini et *al.*, 1992 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Théau-Clément et *al.*, 2009). En revanche, Alvarino (1993) indique que l'augmentation du pH du sperme du lapin élevé en été (> 27°C) est à l'origine de la stérilité temporaire rencontrée durant cette période.

Les anomalies spermatiques et le pourcentage de spermatozoïdes morts par éjaculat augmentent en été (Safaa et *al.*, 2008). Par ailleurs, le nombre total de spermatozoïdes vivants normaux et motiles par éjaculat est plus important au printemps par rapport à l'hiver (Rodriguez De-Lara et *al.*, 2008). Cependant, Nizza et *al.* (2003) et Virag et *al.* (1992) n'ont pas trouvé d'effet saison ni sur le pourcentage des anomalies ni sur le pourcentage des cellules vivantes. De même Roca et *al.* (2005) n'ont pas trouvé d'effet saison sur le taux d'intégrité membranaire des spermatozoïdes et de l'acrosome ni sur le taux d'anomalies.

II.4.2.2. La température :

Les effets de la température sur la fonction de la reproduction des lapins mâles ont été étudiés quasi exclusivement pour les températures élevées, dans la mesure où des températures faibles (inférieures à 10°C, voire 0°C) ne semblent nullement perturber les lapins dans leurs activités sexuelles (Lebas, 2009).

Au dessus d'une température ambiante de 30°C, l'activité sexuelle du lapin est réduite suivie d'une chute de la spermiogénèse et de la qualité de la semence (Finzi, 1990 ; Lebas, 2009). Ainsi, un stress thermique de 8 heures à 34°C appliqué un ou cinq jours consécutifs à des lapins, entraîne un accroissement très net du taux de spermatozoïdes morts et des cellules pyriformes probablement lié à l'accroissement de la température rectale ou surtout scrotale (Kasa et Thwaites, 1992).

Par contre, l'effet de températures élevées appliquées pendant de plus longues périodes semble plus controversé. Certains auteurs mentionnent une baisse du volume des éjaculats et de la concentration spermatique chez les lapins laissés 5 semaines à 33°C (Oloufa *et al.*, 1951 cités par Lebas, 2009), alors que d'autres signalent que des lapins maintenus pendant 2 mois à raison de 21 heures par jour à 30°C ont une production spermatique (volume des éjaculats et concentration en spermatozoïdes) nettement plus élevée pendant la période à haute température, que durant la période à 20°C (Finzi *et al.*, 1994). Les températures ambiantes élevées influent négativement sur le taux d'anomalies des spermatozoïdes du sperme récolté sur les lapins soumis au stress thermique (Finzi *et al.*, 1995).

II.4.2.3. La lumière et la photopériode :

La concentration en spermatozoïdes est minimale chez des lapins exposés à des photopériodes supérieures à 14 heures d'éclairement comparativement aux lapins soumis à des photopériodes inférieures à 12 heures (Cooksey et Lasley, 1963 cités par Boussit, 1989). Par ailleurs, Walter *et al.* (1968) montrent que l'exposition à un éclairage constant de 8 heures sur 24 permet d'accroître le poids des testicules et les réserves spermatiques dans l'épididyme par rapport à des durées d'éclairement plus longues de 12h ou 16h sur 24. En revanche, Theau-Clément *et al.* (1994) montrent que la production spermatique s'améliore chez le lapin soumis à une photopériode de 16h/24 comparativement à une photopériode de 8h/24 (Figure 7).

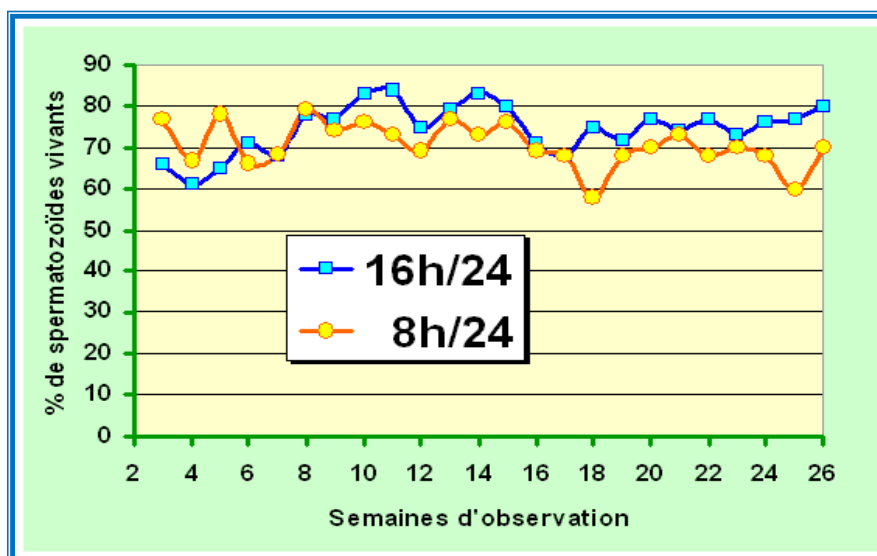


Figure 7 : Pourcentage de spermatozoïdes vivants dans les éjaculats de lapins soumis à un éclairage de 8h ou de 16 heures de lumière par jour (Theau-Clément *et al.*, 1994).

D'autre part, l'exposition des mâles durant 6 mois à l'obscurité (≤ 5 lux) améliore le volume et le taux de spermatozoïdes viables comparativement aux mâles exposés à la lumière naturelle. En revanche, l'exposition à l'obscurité retarde l'entrée en puberté des lapins, diminue le nombre d'éjaculats avec urine et augmente celui des éjaculats présentant des gels (Roca et *al.*, 1995b).

II.4.2.4. L'altitude :

L'exposition des lapins à des altitudes supérieures à 4500 mètres affecte non seulement la taille des testicules mais aussi celle des canaux déférents et de l'épididyme, par conséquent, la qualité de la semence se détériore suite à la diminution de la concentration en spermatozoïdes, à l'augmentation des formes anormales et à l'altération de l'activité métabolique des spermatozoïdes (Alvarino, 1993).

II.4.2.5. L'alimentation :

L'alimentation des mâles est un facteur influençant les caractéristiques de la semence et la libido, particulièrement lorsque le niveau des apports nutritionnels est insuffisant (Joly et Theau-Clément, 2000).

➤ **Le rationnement** : Le rationnement des lapins mâles à 75-80% de l'*ad libitum* réduit significativement le poids vif, la libido, le volume des éjaculats mais pas la concentration spermatique par millilitre et la qualité de la semence (Luzi et *al.*, 1996).

➤ **Les protéines brutes et les acides aminés** : Les différentes études relatives à l'effet de la teneur protéique de l'aliment sur les caractéristiques de la semence recommandent un taux optimal de 14,5% (Luzi et *al.*, 1996 ; Nizza et *al.*, 2000a). Par ailleurs, les taux de lysine et de méthionine dans l'alimentation des lapins mâles influencent peu la libido et la qualité de la semence (Nizza et *al.*, 2000b).

➤ **Les lipides** : Dans les spermatozoïdes des mammifères, les acides gras polyinsaturés n-3 et n-6 constituent la partie la plus importante des lipides. Ces acides gras polyinsaturés sont associés à la fluidité membranaire. Les animaux ne sont pas capables de synthétiser les acides gras polyinsaturés essentiels (C18 : 2n-6 ou C18 : 3n-3) ou les acides gras de longue chaîne ($C \geq 20$) (Castellini, 2008). 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 lapins mâles s'accompagne d'une amélioration de la qualité de la semence (Castellini et *al.*, 2004), particulièrement chez les lapins adultes (Castellini et *al.*, 2003).

➤ **Les vitamines, les sels minéraux et les antioxydants :** La supplémentation en vitamines liposolubles de type A, D₃, E d'un aliment standard couvrant les besoins des mâles ne permet pas d'améliorer la quantité et la qualité de la semence produite (nombre de spermatozoïdes, volume, concentration, anomalies morphologiques), ni le comportement sexuel du jeune mâle (Lavara et *al.*, 2000 ; Mocé et *al.*, 2000b). Par contre, l'association des vitamines C et E améliore le statut oxydatif des mâles et les caractéristiques de la semence (Castellini et *al.*, 1999 ; Lebas, 2009).

L'ajout de l'alpha tocophérol (200 mg/kg) dans l'aliment et d'acide ascorbique (1 g/litre de boisson) augmente significativement la cinétique des spermatozoïdes sans aucun effet sur le taux de fertilité (Castellini et *al.*, 1999). En plus, cette supplémentation permet une meilleure résistance aux stress osmotique et oxydatif et par conséquent, une meilleure aptitude à la congélation de la semence (Castellini et *al.*, 2000). Une supplémentation en zinc est susceptible d'améliorer la spermatogenèse (El-Masry et *al.*, 1994). D'après Mocé et *al.* (2000b), le zinc est un oligo-élément qui influence directement la synthèse des hormones gonadotropes de l'axe hypothalamo-hypophysaire et stéroïdiennes. L'utilisation de fortes concentrations en sodium dans un régime alimentaire n'a pas d'influence sur les performances de reproduction des mâles, ni sur les caractéristiques biochimiques de leur semence (Rizzi et *al.*, 2004).

II.4.2.6. Le rythme de récolte :

Bien que la production de sperme soit très variable entre les mâles et selon les éjaculats pour un même mâle, la fréquence des collectes influence directement la quantité et la qualité de la semence (Joly et Theau-Clément, 2000).

Différentes études ont rapporté l'effet du rythme de prélèvement sur la qualité de la semence en utilisant des protocoles différents. Le nombre de prélèvements par jour peut varier de 1 à 4 (Bodnar et *al.*, 1996 ; Bunaciu et *al.*, 1996 ; Lopez et *al.*, 1996 ; Mocé et *al.*, 2000a). A partir du 3^{ème} prélèvement, le volume, la concentration et le nombre des doses pour l'insémination diminuent (Lopez et *al.*, 1996). Le nombre de jours de collecte par semaine peut varier d'un jour de prélèvement (Bencheikh, 1995 ; Bunaciu et *al.*, 1996 ; Arroita et *al.*, 2000 ; Mocé et *al.*, 2000a) à des prélèvements journaliers (Bodnar et *al.*, 1996). Dans ce cas, le volume et la concentration spermatique sont altérés lorsque le rythme de collecte augmente (Bencheikh, 1995 ; Bodnar et *al.*, 1996 ; Bunaciu et *al.*, 1996 ; Arroita et *al.*, 2000) tandis que le nombre de spermatozoïdes prélevés par semaine est plus élevé dans les rythmes les plus intensifs (Bencheikh, 1995 ; Nizza et *al.*, 2003) (Figure 8).

Un rythme de prélèvement extensif améliore la motilité et le pourcentage de spermatozoïdes vivants (Bencheikh, 1995 ; Bodnar *et al.* 1996).

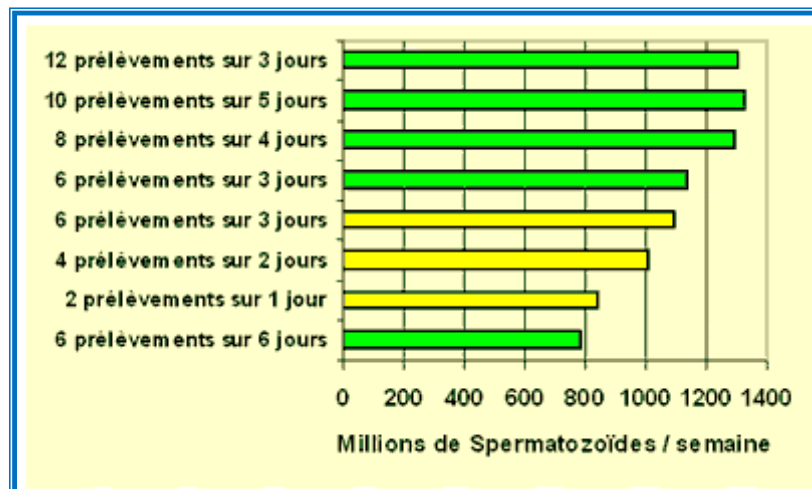


Figure 8 : Production hebdomadaire de spermatozoïdes en fonction du rythme de prélèvement (d'après Bunaciu *et al.*, 1996 ; barres vertes et Bencheikh, 1983 ; barres jaunes) (cités par Lebas, 2009).

En revanche, certaines études plus récentes ne soulignent aucun effet du rythme de collecte sur la motilité, le pourcentage de spermatozoïdes vivants, le pourcentage d'anomalies de l'acrosome et le pourcentage d'anomalies spermatiques (Arroita *et al.*, 2000 ; Nizza *et al.*, 2001 ; Nizza *et al.*, 2003).

II.4.2.7. L'ordre de collecte (comparaison des deux éjaculats successifs)

Certains auteurs ne révèlent pas de différence de volume du sperme collecté lors de deux prélèvements successifs (Nizza *et al.*, 2000a ; Mocé *et al.*, 2000a). En revanche, d'autres données indiquent que le volume de l'éjaculat collecté lors du premier prélèvement est significativement plus élevé que celui recueilli lors du deuxième prélèvement (Theau-Clément *et al.*, 1991 ; Bencheikh, 1995 ; Rodríguez-De Lara *et al.*, 2008). Par ailleurs, l'effet inverse est observé concernant la concentration en spermatozoïdes (Holtz et Foote, 1978 ; Panella et Castellini, 1990 ; Theau-Clément *et al.*, 1991 ; Bencheikh, 1995), la mobilité des spermatozoïdes (Abdel-Ghaffar *et al.*, 1994 ; Bencheikh, 1995 ; Rodríguez-De Lara *et al.*, 2008) et le nombre en spermatozoïdes vivants (Bencheikh, 1995 ; Abdel-Ghaffar *et al.*, 1994). Le taux de spermatozoïdes normaux et l'intégrité de l'acrosome ne sont pas influencés par l'ordre de collecte (Mocé *et al.*, 2000a ; Rodríguez-De Lara *et al.*, 2008) (Tableau 6).

Tableau 6 : Caractéristiques de la semence des lapins lors du premier et du deuxième éjaculat (synthèse de Alvarino, 2000)

Paramètres	Premier éjaculat	Deuxième éjaculat
Volume en ml (sans le gel)	0,1 - 1,1	0,2 - 0,5
Volume du "gel"(ml)	0,32 - 0,50	0,10 - 0,18
Pourcentage des éjaculats avec "gel"	54	15
Spermatozoïdes par ml ($\times 10^6$)	280 - 1050	420 – 800
% de spermatozoïdes mobiles	58 - 90	57 – 87
Taux de motilité des spermatozoïdes (note de 0 à 5)	2,3 - 3,3	2,0 - 4,8
Agglutination du sperme (note de 0 à 5)	1,2 - 2,0	0,8 - 1,6
pH de la semence	7,7 - 8,4	7,7 - 8,4

Selon Theau-Clément et *al.* (1991), l'ardeur sexuelle ne varie pas en fonction de l'ordre de l'éjaculat, par contre Rodríguez-De Lara et *al.* (2008) signalent que le temps de réaction est plus court pour le premier éjaculat (- 1,1 seconde).

De point de vue biochimique, le deuxième éjaculat présente une teneur en fructose plus faible que celui du premier, suggérant une utilisation plus importante de cet élément en relation avec l'élévation significative du nombre de spermatozoïdes mobiles et vivants (Abdel-Ghaffar et *al.*, 1994). Par ailleurs, le pH n'est pas différent entre les deux éjaculats (Bencheikh, 1995).

II.4.2.8. La stimulation des mâles :

➤ Les traitements hormonaux :

Le volume du sperme récolté et les caractéristiques qualitatives de ce dernier sont améliorés après des traitements avec la GnRH (El-Gaafary, 1994) ou avec l'HCG (Yamani et *al.*, 1994) ou encore avec les prostaglandines (El-Gaafary et *al.*, 1991 cités par Alvarino, 2000).

Ces hormones sont également administrées pour stimuler la sécrétion des stéroïdes et la spermatogénèse chez les jeunes mâles.

Ainsi, El-Gaafary et *al.* (1994) montrent que l'injection d'HCG, une fois par semaine, chez des jeunes mâles âgés entre 1,5 et 4 mois, augmente le poids corporel, le gain de poids, le poids des testicules, la production spermatique ainsi que la concentration plasmatique en testostérone. Par ailleurs, l'injection de 0,5 ml de la testostérone, deux fois par semaine, à des lapins mâles âgés de 4 mois, améliore la qualité spermatique et augmente la fertilité pendant la saison d'été (Tawfeek et *al.*, 1994).

➤ **Les méthodes de biostimulation :**

Afin de répondre aux attentes des consommateurs et à l'évolution prévisible de la réglementation concernant les hormones exogènes, la filière cunicole doit s'orienter de plus en plus vers des pratiques d'élevage qui excluent l'utilisation des hormones gonadotropes. Les méthodes alternatives à l'utilisation d'hormones sont donc les méthodes de biostimulation (Joly et Theau-Clément, 2000 ; Rodríguez-De Lara et *al.*, 2008).

Une amélioration des performances de la reproduction des lapins mâles peut être atteinte simplement par le déplacement et le regroupement des mâles en petits lots, pendant une courte durée. Ce changement d'environnement améliore le comportement sexuel et stimule probablement l'activité des glandes sexuelles en augmentant le volume des éjaculats. La méthode de biostimulation permet une meilleure mobilité des spermatozoïdes qui serait probablement liée à une modification de la composition du liquide séminal (Lopez et *al.*, 1996).

II.4.2.9. L'effet du préleveur :

Des travaux rapportent un effet du préleveur de sperme sur les caractéristiques quantitatives et qualitatives de ce dernier. Ainsi, Theau-Clément et *al.* (2009) signalent que la motilité massale, le pourcentage de cellules motiles et la concentration en spermatozoïdes sont plus élevés dans les semences collectées par un préleveur comparativement à un autre.

Les relations existant entre le préleveur et l'animal prennent une place prépondérante dans la réussite de la collecte. Un opérateur calme, attentif et patient augmentera ses chances de réussite. La technique de collecte ne doit pas stresser l'animal. Aussi, il faut veiller à ne pas le bousculer, prendre certaines habitudes dès le départ et les conserver par la suite (Boussit, 1989).

II.4.3. Les facteurs agissant directement sur la semence :

Le sperme est un milieu biologique vivant, auquel tout risque de choc doit être évité, et ce quelque soit sa nature (mécanique, thermique, chimique ou de radiation) (Boussit, 1989).

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

III.1. Méthodes de récolte

III.1.1. Le matériel de collecte :

Chez le lapin, la collecte du sperme se fait habituellement à l'aide d'un vagin artificiel, un dérivé des modèles utilisés chez d'autres espèces. 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 (commercial ou artisanal) ont été créés avec de l'aluminium, le plastique ou même le verre (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 constitué de PVC ou de matière plastique dure. 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. La forme, le diamètre et la longueur du vagin artificiel conditionnent la bonne tenue en main. 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. On peut déposer un gel lubrifiant (non spermicide) comme la vaseline sur le latex afin de limiter les risques d'inflammation du pénis (Boussit, 1989).

La température du liquide contenu dans le vagin doit avoisiner en moyenne 42°C (40-45°C) au moment de la récolte (Morrell, 1995 ; Boiti et *al.*, 2005). Pour maintenir une température adéquate de l'eau du vagin artificiel, 10-15 g de glycérol ou de glycérine peuvent être ajoutés. Aussi, de l'eau préchauffée (50-58°C) peut également être injectée régulièrement (Arencibia et Rosario, 2009). Cependant, la technique la plus fiable est de disposer d'une enceinte chauffée et thermostatée permettant de stocker à l'avance un nombre important de vagins pour lesquels la température est automatiquement maintenue (Boussit, 1989). L'augmentation de la température de l'eau dans le vagin artificiel au-delà de 50°C entraîne une contamination de l'éjaculat avec l'urine, en revanche, si la température est inférieure à 40°C le lapin refuse d'éjaculer et la quantité du gel et des granules séminales augmente, ce qui entrave la manipulation de l'éjaculat et modifie sa qualité (Morrell, 1995 ; Arencibia et Rosario, 2009).

Les caractéristiques les plus importantes d'un vagin artificiel sont : son aptitude à la collecte du sperme, la facilité d'utilisation et la possibilité de réaliser une collecte hygiénique de la semence. Bien que la corrélation entre les paramètres biologiques et microbiologiques n'ait jamais été décelée, la réduction des germes pathogènes ou potentiellement pathogènes dans la semence reste importante. L'addition importante d'antibiotiques dans les dilueurs peut réduire le temps de stockage de la semence réfrigérée (Castellini, 1996).

Plusieurs auteurs soulignent la difficulté de collecter de la semence avec un faible taux de contamination microbienne. Une semence collectée à partir des mâles sains peut être contaminée par des germes environnementaux tels que les *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas*, *Streptococcus* et *Clostridium*.

La contamination de la gaine élastique du vagin, de l'orifice du tube de collecte, de la zone périnéale du mâle, celle des mains du collecteur ou encore la réutilisation d'un vagin non stérilisé sont d'autant de facteurs détériorant la qualité microbiologique de la semence. Pour surmonter ces problèmes, un vagin artificiel assez court en verre a été développé (réduction de la contamination d'au moins 40%) (Dal Bosco et al., 1996).

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. La main libre tenant le vagin artificiel passe sous l'abdomen de la femelle et relève le train arrière (recherche de la position de lordose). Le vagin artificiel, tenu au creux de la main, 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. 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 ; Arencibia et Rosario, 2009).

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

Les jeunes lapins peuvent commencer l'entraînement à la récolte avec un vagin artificiel dès l'âge de 5 mois (Garcia et al., 2004 ; Garcia-Thomas et al., 2006b ; Lavara et al., 2008 ; Theau-Clément et al., 2009). Lorsque la femelle boute-en-train est introduite dans la cage du mâle comme il a été décrit précédemment, le jeune mâle se rapproche généralement de la femelle avec prudence et la renifle. Quelques minutes après, il tente de monter et de démarrer le chevauchement.

Une fois que le pénis pénètre dans le vagin artificiel, l'éjaculation se produit de suite. Lors de la prochaine session d'entraînement, le mâle associe l'introduction de la femelle dans sa cage avec l'éjaculation et monte donc facilement. Il est donc important que l'intervalle entre les sessions d'entraînement des mâles ne soit pas trop long afin que cette association reste en mémoire.

Des entraînements tous les jours ou tous les deux jours sont souhaitables 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.*, 2006b ; Lavara et *al.*, 2008 ; Theau-Clément et *al.*, 2009).

III.2. Méthodes classiques d'évaluation de la semence :

Ces méthodes sont simples et effectuées avant une insémination artificielle, une congélation de semence ou plus simplement dans le cadre d'une analyse de sperme en vue d'en apprécier sa qualité. L'évaluation conventionnelle de la qualité du sperme frais comprend usuellement les paramètres suivants :

III.2.1. Les mesures macroscopiques :

Immédiatement après la récolte, on procède à un examen visuel du sperme dans le tube de récolte qui permet d'apprécier :

III.2.1.1. L'aspect et la couleur :

Le sperme a une coloration blanchâtre. Son opacité dépend surtout de la concentration spermatique. Les éjaculats de faible concentration sont clairs, d'aspect aqueux voire légèrement jaunâtre. Ils contiennent parfois un gel muco-gélatineux plus ou moins consistant et transparent (Boussit, 1989). La couleur idéale optimale de la semence est blanc nacré. En effet la couleur peut être modifiée par la présence d'éléments anormaux :

- *La couleur jaune* indique la présence de pus ou d'urine ;
- *La coloration rougeâtre*, voire rosée, peut être due à la présence du sang frais à cause d'une lésion ou une irritation du pénis ou de l'urètre ;
- *La couleur marron* témoigne de la présence d'éléments sanguins dégénérés ou une contamination par les matières fécales ;
- *La coloration blanchâtre ou transparente* indique une faible concentration en spermatozoïdes ;
- *L'aspect opaque* témoigne d'une dégénérescence testiculaire avec passage des cellules géantes dans l'épididyme ou une inflammation des vésicules séminales (Alvarino, 1993).

III.2.1.2. Le volume :

Le volume de la semence recueilli par vagin artificiel varie en fonction de l'âge, de la race, de l'alimentation et pour un même lapin, des facteurs psychiques et environnementaux. Bien qu'un éjaculat de volume normal soit un indice favorable, le volume total collecté n'est qu'un facteur secondaire d'appréciation. Il est néanmoins noté comme une caractéristique du mâle (Boussit, 1989 ; Boiti et *al.*, 2005).

III.2.1.3. Le pH :

Le pH est situé normalement entre 6 et 7,3 et peut atteindre 7,5. En général, à partir de d'un pH de 7,2, la concentration, la motilité et la viabilité spermatique diminue. Toute variation de pH par rapport au pH optimum indique une mauvaise qualité de la semence. La mesure du pH (pH-mètre, papier indicateur) doit être immédiate car le sperme s'acidifie rapidement suite à la formation d'acide lactique, résultant de l'utilisation des sucres par les spermatozoïdes (Alvarino, 1993 ; Arencibia et Rosario, 2009).

II.2.2. Les mesures microscopiques :

II.2.2.1. La mobilité :

➤ 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. La motilité est la traduction littérale de l'anglais motility (Hanzen, 2009). C'est une mesure rapide et facile qui nécessite un examen microscopique de la semence, dès que celle-ci est collectée. Une goutte de sperme pur est déposée sur une lame et placée sur la platine chauffante du microscope (37°C-38°C) sous un grossissement de x80 à x120. L'observation doit être faite très rapidement car la motilité massale du sperme pur, à cette température, diminue rapidement au bout de 15 à 20 secondes. Le mouvement global des spermatozoïdes est apprécié en fonction de l'intensité des vagues observables. Une note de 0 (immobilité totale) à 5 (tourbillons rapides) ou de 0 (pas de spermatozoïdes) à 9 (aspects de tourbillons) est attribuée à l'échantillon observé. Lors de cet examen, les turbulences engendrées par la conjugaison des mouvements issus de tous les spermatozoïdes présents dans la goutte de semence sont notées (Boussit, 1989 ; Baril et *al.*, 1993).

➤ **La motilité individuelle :**

Cette mesure est réalisée en déposant une goutte de semence diluée entre lame et lamelle, observée sous microscope avec un grossissement de x160 à x240 sur une platine chauffante à 37-38°C. Les spermatozoïdes dotés d'une motilité dite « fléchante » sont ceux présentant une trajectoire quasi rectiligne et capables de traverser le champ en 2 à 3 secondes. Les spermatozoïdes présentant des mouvements rotatoires circulaires ou des mouvements d'amplitude très réduite 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).

➤ **Le pourcentage de spermatozoïdes mobiles :**

L'estimation visuelle du taux de spermatozoïdes mobiles est réalisée en même temps que l'estimation de la motilité individuelle. L'opérateur décide, après l'examen successif de cinq champs d'une même préparation du pourcentage de spermatozoïdes mobiles. Pour un opérateur entraîné, la corrélation entre le pourcentage de spermatozoïdes mobiles et le pourcentage de spermatozoïdes vivants est généralement élevée ($\geq 0,90$) (Baril et *al.*, 1993 ; Arencibia et Rosario, 2009).

II.2.2.2. La concentration (nombre de spermatozoïdes par millilitre de sperme) :

La mesure de la concentration peut s'effectuer par numération directe après une dilution du sperme dans une solution susceptible de disperser et de tuer les spermatozoïdes (solution de chlorure de sodium à 3 % ou solution de formaldéhyde à 1 %), en utilisant un hématimètre (cellule de Thoma, Burker ou Neubauer) (Boiti et *al.*, 2005 ; Hanzen, 2009).

II.2.2.3. La viabilité :

L'évaluation de la viabilité des spermatozoïdes est un des critères indispensables dans l'évaluation spermatique surtout pour la détermination des doses adéquates pour l'insémination artificielle. Il existe plusieurs techniques de coloration pour l'évaluation de la viabilité : la coloration à l'éosine-nigrosine (la plus utilisée car elle permet simultanément l'évaluation de la morphologie et de la viabilité des spermatozoïdes), la coloration à l'iodure de propidium ou au trypan bleu. Les spermatozoïdes dont la membrane est endommagée laissent pénétrer le colorant et apparaissent donc roses (éosine) sur fond bleu (nigrosine) alors que les spermatozoïdes vivants ont une membrane intacte et apparaissent incolores.

Les résultats de la viabilité sont classés comme suit : plus de 70-80% : semence très bonne, 70% : semence bonne, de 60-69% : moyenne, moins de 60% : mauvaise qualité (Boiti et *al.*, 2005 ; Arencibia et Rosario, 2009).

II.2.2.4. La morphologie des spermatozoïdes :

La morphologie est un paramètre important pour l'estimation de la qualité spermatique. Des perturbations de la spermatogénèse causent l'augmentation des anomalies morphologiques du sperme lesquelles augmentent les risques d'infécondité et d'infertilité.

On distingue trois types de classifications de la morphologie des spermatozoïdes :

- La première dépend du site de dysfonctionnement et sépare les anomalies en anomalies primaires et secondaires. La désignation d'anomalie primaire est réservée à des anomalies se produisant lors de la spermatogénèse (à l'intérieur des tubes séminifères) contrairement aux anomalies dites secondaires qui surviennent après la spermatogénèse durant la maturation épидидymaire voire lors de l'éjaculation.
- La seconde classification est fonction de la répercussion des anomalies des spermatozoïdes sur la fertilité. Elle distingue les anomalies mineures des anomalies majeures.
- Enfin le troisième type de classification est basé sur la localisation de l'anomalie sur le spermatozoïde (anomalie de tête, de pièce intermédiaire, de flagelle) (Cabannes, 2008).

Plusieurs techniques de coloration sont utilisées pour mettre en évidence des anomalies morphologiques : les colorations totales et les colorations vitales.

Parmi les *colorations totales*, certaines sont dites simples (encre de Chine, bleu de méthylène, bleu de toluidine, violet de gentiane, fuschine...) car elles fournissent une coloration uniforme des spermatozoïdes tandis que les secondes dites doubles (Giemsa, Williams) et font mieux apparaître les différences structurales au niveau de la tête, de l'acrosome ou de la pièce intermédiaire.

La *coloration vitale* a pour principe d'utiliser un colorant qui ne traverse que les membranes des cellules mortes (éosine, rose Bengale, vert de Crésyl) et un colorant de fond qui facilite la lecture (bleu de méthylène, nigrosine). La coloration éosine-nigrosine est classiquement utilisée. On évitera la formation d'artefacts en respectant les principes suivants : éviter tout choc thermique en opérant à 37°C (platine chauffante, étuve thermostatique) ; utiliser des colorants en solution isotonique de pH égal à 6.8, standardiser la durée de la coloration, employer un mélange sperme-colorant compris entre 1/1 et 1/20 (Hanzan, 2009).

Le formaldéhyde ou le glutaraldéhyde à 2% est couramment utilisé pour fixer les spermatozoïdes. Le formol a l'avantage de ne pas altérer la morphologie du sperme, ce qui n'est pas le cas des autres suspensions, mais il nécessite l'utilisation d'un microscope avec contraste de phase (Arroita et *al.*, 2000 ; Mocé et *al.*, 2000 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Roca et *al.*, 2005).

La semence ne doit pas contenir plus 10 à 15% de spermatozoïdes anormaux, mais d'autres auteurs suggèrent que 20 à 30% d'anomalies totales est acceptable (Amorim et Santos, 2009).

III.3. Limites des techniques classiques d'examen de la semence et perspectives pour le futur :

III.3.1. Principales limites de l'examen classique de la semence:

L'examen de la qualité du sperme est effectué en routine par observation microscopique d'un échantillon par un opérateur. Cette méthode dite « classique », mise en œuvre avec un équipement peu coûteux, est par nature un examen subjectif, entraînant une variabilité intra et inter-laboratoires et également une variabilité intra et inter-opérateurs.

Les variations observées lors de l'examen morphologique des spermatozoïdes sont dues au manque de standardisation des méthodes d'examen et de classification des anomalies morphologiques des spermatozoïdes.

Une autre limite de l'examen de la semence par les méthodes classiques est la durée de l'analyse. Les étapes les plus longues sont l'évaluation de la concentration de spermatozoïdes dans l'éjaculat et l'analyse morphologique. L'examen conventionnel du sperme ne permet d'analyser qu'un faible nombre de spermatozoïdes dans un intervalle de temps raisonnable, cela représente une source de variabilité non négligeable (Cabannes, 2008).

D'un autre côté, la relation entre la fertilité évaluée *in vitro* et la fertilité *in vivo* n'est toujours pas clairement établie. Afin de déterminer la relation entre un paramètre séminologique mesuré *in vitro* et la fertilité *in vivo*, il faut disposer non seulement de tests de laboratoires spécifiques du paramètre à évaluer, précis et exact mais également de données sur la fertilité, ce qui n'est pas facile. Parallèlement à cette analyse de la relation entre les paramètres séminologiques et la fertilité, de nouvelles techniques sont développées pour évaluer la fertilité *in vitro* (Cabannes, 2008).

III.3.2. Les nouvelles méthodes d'évaluation de la semence:

Compte tenu des limites de l'examen de routine du sperme, celui-ci est complété par de nouvelles méthodes plus répétables et plus exactes, assistées par ordinateur, des colorations fluorescentes et des tests d'interaction spermatozoïde-ovocyte.

III.3.2.1. Mesure de la concentration :

III.3.2.1.1. Le spectrophotomètre :

La concentration peut être mesurée en utilisant un spectrophotomètre. Cette technique est la plus simple et la plus rapide chez d'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). Toutefois, une méthode spectrophotométrique adaptée à la semence du lapin a été récemment validée par Castellini *et al.* (2007).

III.3.2.1.2. Le NucleoCounter :

Le NucleoCounter 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 (Figure 9). La corrélation élevée entre les mesures effectuées sur hématimètre et NucleoCounter, montre que ce dernier est un outil d'évaluation de la concentration de semence de lapins répétable que la méthode de référence, quelle que soit la concentration des échantillons. De plus, simple et rapide, cette méthode devrait permettre une meilleure maîtrise quantitative de la dose d'insémination (Theau-Clément et Falieres, 2005).

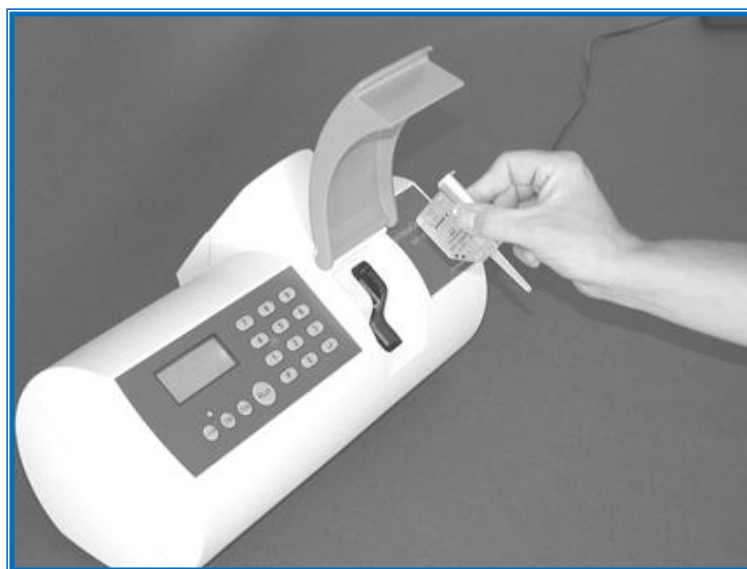


Figure 9 : NucleoCounter SP-100 (Theau-Clément et Falieres, 2005).

III.3.2.2. Evaluation de la mobilité des spermatozoïdes :

III.3.2.2.1. Analyse du sperme assistée par ordinateur (Computer Assisted Sperm Analysis = CASA) :

Les systèmes CASA ont été développés dans le but d'une évaluation objective des paramètres de la motilité. Ces systèmes sont constitués d'un microscope à contraste de phase équipé par une plaque chauffante, et connecté à une caméra vidéo à haute résolution et un ordinateur (Figure 10). Plusieurs paramètres cinétiques sont évalués par le système CASA, avec toutefois une organisation spécifique définie pour la semence de lapin (Boiti et *al.*, 2005). Ainsi, Une forte concentration de cellule par ml et la présence des particules de différentes tailles comme dans la semence de lapin peuvent influencer l'estimation de CASA (Theau-Clément et *al.*, 1996a, 1996b).

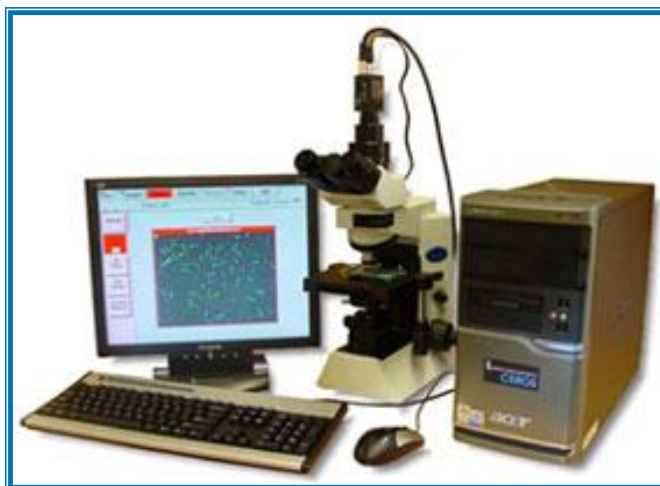


Figure 10 : Système CASA de type Hamilton Thorne Sperm Analyzer.
http://www.yourpurespermsource.com/products/ht_sperm_analyzer.html

II.3.2.3. Evaluation de l'intégrité de la membrane plasmatique :

III.3.2.3.1. Test hypo-osmotique :

Ce test permet d'évaluer l'intégrité membranaire des cellules et présente l'avantage d'être simple, fiable et répétable (Briffaut, 2007). Les cellules, présentant une membrane plasmique intacte, permettent un transport sélectif des molécules. Lorsque la cellule est exposée à des conditions hypo-osmotiques (solution hypotonique 60 mOsm/l pour la semence fraîche de lapin ; Amorim et Santos en 2009), l'eau pénètre dans le milieu intracellulaire jusqu'à ce que l'équilibre osmotique soit atteint de part et d'autre de la membrane.

Le gonflement de la cellule est particulièrement visible au niveau de la queue des spermatozoïdes, sous un microscope à contraste de phase. Les spermatozoïdes dont la membrane est intègre se déforment et se reconnaissent à leur flagelle qui se recourbe ou s'enroule, et selon la forme prise, ils sont classés en sept catégories (Figure 11) (Boiti et *al.*, 2005 ; Briffaut, 2007 ; Amorim et Santos, 2009).

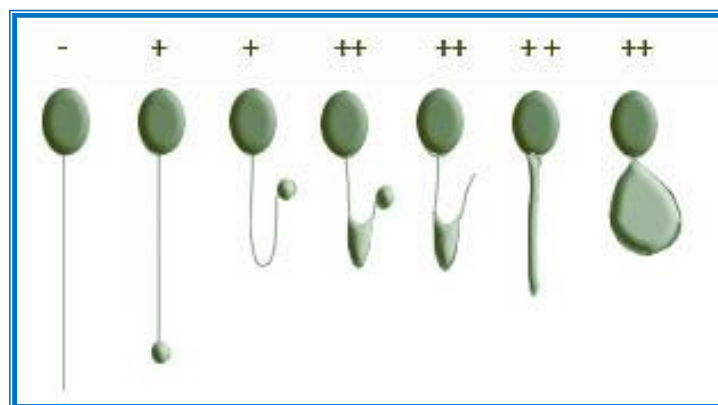


Figure 11 : Les modifications morphologiques des spermatozoïdes soumis au test hypo-osmotique.

http://www.fivfrance.com/page_TCN_spermato.html

III.3.2.3.2. La fluorescence :

Les méthodes utilisant la microscopie à fluorescence, suite à base de deux molécules fluorescentes : l'iodure de propidium (PI) et le diacétate de carboxyfluorescéine (CFDA) (Boiti et *al.*, 2005). Ainsi, les spermatozoïdes ayant leur membrane intègre émettront une fluorescence verte, ceux qui ont des dommages membranaires mais un acrosome intact présenteront un noyau rouge et un acrosome vert et ceux qui sont morts ou dégénérés émettront une fluorescence rouge (Pena et *al.*, 1998 cités par Briffaut, 2007) (Figure 12).

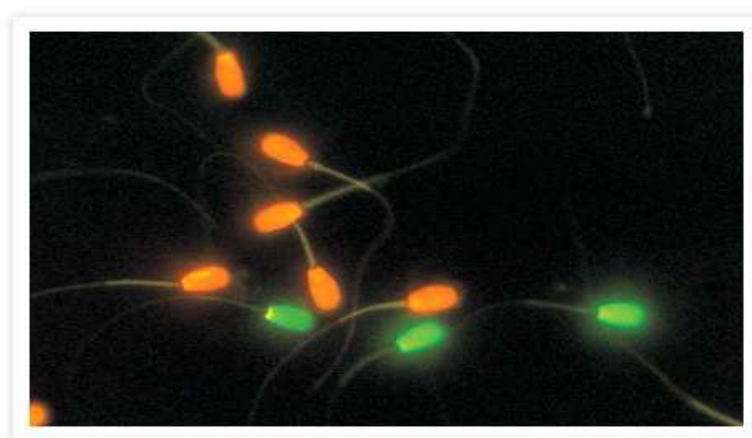


Figure 12 : Spermatozoïdes morts et vivants colorés avec le mélange SYBR et PI (Garner et Johnson, 1995 cités par Cabannes, 2008).

III.3.2.4. Evaluation morphologique et ultra-structurale :

III.3.2.4.1. Les techniques de microscopie électronique :

Les techniques de microscopie électronique (à transmission électronique ou à balayage ; Figure 13) sont utilisées pour observer toutes les anomalies morphologiques telles que les dommages membranaires, les lésions de l'acrosome, et en plus l'ultra-structure du spermatozoïde (Kuzminsky et *al.*, 1996 ; Boiti et *al.*, 2005).

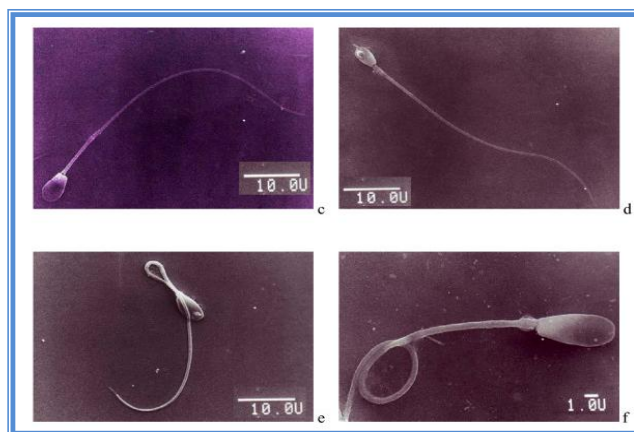


Figure 13 : Observation des anomalies spermatiques avec un microscope électronique à balayage (c-e : 2000x, bar=10μm ; f=3600x, bar=1μm) (Kanitha et *al.*, 2000).

III.3.2.4.2. Analyse automatisée de la morphométrie du spermatozoïde (ASMA) :

Les méthodes d'analyse automatisée de la morphologie du spermatozoïde (ASMA) ont été développées pour diminuer les variations observées lors de l'évaluation morphométrique des spermatozoïdes par les techniques classiques en plus de la possibilité d'évaluation de plusieurs paramètres dans une seule analyse. La morphométrie des spermatozoïdes d'un échantillon de semence est déterminée par l'utilisation d'un microscope de phase à 400 x, sur lequel une caméra vidéo à haute résolution était montée, elle-même est connectée à un logiciel appelé Sperm-Class Analyzer (SCA) pour détecter la tête des spermatozoïdes et mesurer donc automatiquement les paramètres morphométriques de la tête (longueur, largeur, superficie, périmètre) de 100 spermatozoïdes pour chaque échantillon (Lavara et *al.*, 2008 ; Safaa et *al.*, 2008).

III.3.2.5. Etat de condensation de la chromatine :

La méthode d'évaluation de la structure de la chromatine (Sperm Chromatin Structure Assay = SCSA) est une méthode de cytométrie de flux, qui mesure le degré de dénaturation de l'ADN et évalue ainsi de façon objective et rapide l'intégrité de la chromatine.

Plusieurs travaux montrent une relation entre les résultats de SCSA et la capacité fertilisante des spermatozoïdes (Gogol et *al.*, 2002).

III.3.2.6. Capacitation :

la capacitation peut être évaluée par analyse assistée par ordinateur du mouvement du spermatozoïde, une hyperactivité signifie que la capacitation a eu lieu (Boiti et *al.*, 2005).

La Chlortétracycline (CTC), un antibiotique fluorescent permet d'évaluer le statut de la capacitation du spermatozoïde ainsi que la réaction acrosomiale. En traversant la membrane plasmique, la chlortétracycline se lie aux ions Ca^{2+} libres, le complexe Ca^{2+} / CTC ainsi formé est fluorescent. Plus la fluorescence est intense, plus la membrane est désorganisée (Cabannes, 2008).

III.3.2.7. Réaction acrosomique :

Pour évaluer la qualité du sperme le test le plus pertinent consiste à déclencher la réaction acrosomique et à estimer la proportion de spermatozoïdes vivants qui sont capables d'effectuer ce processus. Le statut acrosomial peut-être évalué à l'aide de colorations fluorescentes ou non fluorescentes (Boiti et *al.*, 2005 ; Cabannes, 2008). D'autres techniques comme l'immunofluorescence indirecte au moyen d'anticorps polyclonaux ou monoclonaux ainsi que la coloration à la chlortétracycline (antibiotique aux propriétés fluorescentes) peuvent également être utilisées pour évaluer le statut acrosomial (Boiti et *al.*, 2005).

III.3.2.8. L'évaluation de la fertilité *in vivo* et *in vitro* :

L'examen de fertilité permet de déterminer la qualité du sperme avec précision puisqu'il évalue *in vivo* la capacité des spermatozoïdes à féconder l'ovocyte. Cependant, cette méthode est contraignante car elle nécessite de nombreuses femelles fertiles, du temps et son coût reste élevé.

Pour cela des techniques ont été développées *in vitro* comme les tests d'interaction spermatozoïde-ovocyte qui étudient l'attachement des spermatozoïdes à la zone pellucide et la pénétration de l'ovocyte par le spermatozoïde d'un côté et la fécondation *in vitro* d'un autre côté. Ces méthodes donnent des informations sur la fertilité du mâle mais ils sont également utiles pour vérifier l'efficacité des méthodes de congélation. Une autre approche des méthodes *in vitro* concerne **l'insémination tubaire** utilisée pour prévoir les résultats de fertilité chez le lapin mâle (Castellini et *al.*, 2006).

Partie

Expérimentale

Matériel et Méthodes

L'objectif de ce travail est de déterminer, en premier, l'âge de l'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance et l'âge de la maturité sexuelle du lapin mâle de population locale Algérienne à travers la caractérisation quantitative et qualitative de la production spermatique. De plus, l'effet des températures ambiantes estivales naturelles sur la production spermatique et la qualité de la semence a été abordé comme facteur de variation.

I. Lieu et durée de l'expérimentation :

L'expérimentation s'est déroulée au niveau du clapier de l'Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire d'El Harrach (ENSV) (Figures 14 et 15) durant la période allant du mois de juillet 2009 au mois de mai 2010.

II. Le bâtiment, le matériel d'élevage et les données climatiques :

Le bâtiment est d'une superficie de 72 m², construit en dur et possédant une charpente de type métallique. L'aération statique est assurée par des fenêtres (type vasistas) au nombre de 6, totalisant une superficie de 0,40 m² chacun, placés sur les deux côtés et la face du bâtiment, ainsi qu'une faîtière tout le long de ce dernier.



Figure 14 : Extérieur du clapier.



Figure 15 : Intérieur du bâtiment d'élevage.

(Photos personnelles, 2010)

Les lapins mâles sont logés dans des batteries à engraissement en 2 étages, composées chacune de 8 cages. Chaque cage, conçue en grillage métallique, mesure 59 cm de longueur sur 54 cm de largeur et 35 cm de hauteur. Toutes les cages sont équipées d'une trémie

d'alimentation et d'abreuvoirs automatiques sous forme de tétines (Figure 16). Les déjections sont réceptionnées sur le sol carrelé avec une légère pente permettant l'écoulement des urines.

Lors de la collecte du sperme, les lapins sont placés dans deux cages spéciales pour l'élevage des mâles reproducteurs. Chaque cage, conçue en grillage métallique, mesure 59 cm de longueur sur 57,5 cm de largeur et 35 cm de hauteur (Figure 17).



Figure 16 : Batteries de cages pour engraissement

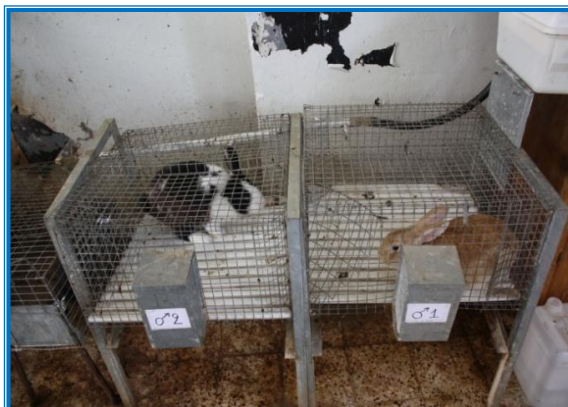


Figure 17 : Cages destinées pour la collecte

(Photos personnelles, 2010)

Durant toute la période expérimentale, la température et l'hygrométrie ont été enregistrées quotidiennement à 9h du matin et à 13h de l'après midi, à l'aide d'un thermo-hygromètre digital. L'indice reliant la température à l'hygrométrie (THI : Température 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 %.

III. L'alimentation et l'abreuvement :

Les animaux étaient nourris et abreuvés *ad libitum*. L'aliment de type granulé provenait de l'unité de fabrication de l'aliment de Bétail de Bouzaréah (Alger). Il est composé

de maïs, de tourteau de soja, de luzerne, de son, de calcaire, de phosphate bicalcique et de CMV spécial lapin.

IV. Les animaux :

Les lapins utilisés dans cette étude appartiennent à la population locale dont les robes sont de couleurs très diversifiées (Figure 18). Ils sont en grande majorité nés dans le clapier de l'ENSV et les autres proviennent de la coopérative «COOPAPIST» de Tizi-Ouzou, située dans la commune d'Ouaguenoun à 18Km au nord du chef lieu de la Wilaya, et dont le rôle est l'approvisionnement les éleveurs en reproducteurs.



Figure 18 : Différents phénotypes de lapins de population locale utilisés
(Photo personnelle, 2010)

L'expérimentation a porté sur un effectif global de 48 lapins mâles dont :

- 25 lapereaux âgés de 11 semaines et d'un poids moyen de $1711,6 \pm 210$ g.
- 23 lapins adultes, âgés entre 10 et 11 mois, avec un poids moyen de 3193 ± 225 g.

Au cours de l'essai, deux femelles adultes sont utilisées comme femelle boute-en-train pour stimuler les mâles au moment de la collecte spermatique.

V. La conduite expérimentale

Les différentes étapes expérimentales sont décrites dans le schéma de la Figure 19. 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.

Expérimentation n° 1 : Détermination de l'âge de puberté et impact de l'effet saison de naissance

Afin d'étudier l'influence de la saison de naissance sur l'âge de la puberté, 25 lapereaux âgés de 11 semaines, ont été répartis comme suit :

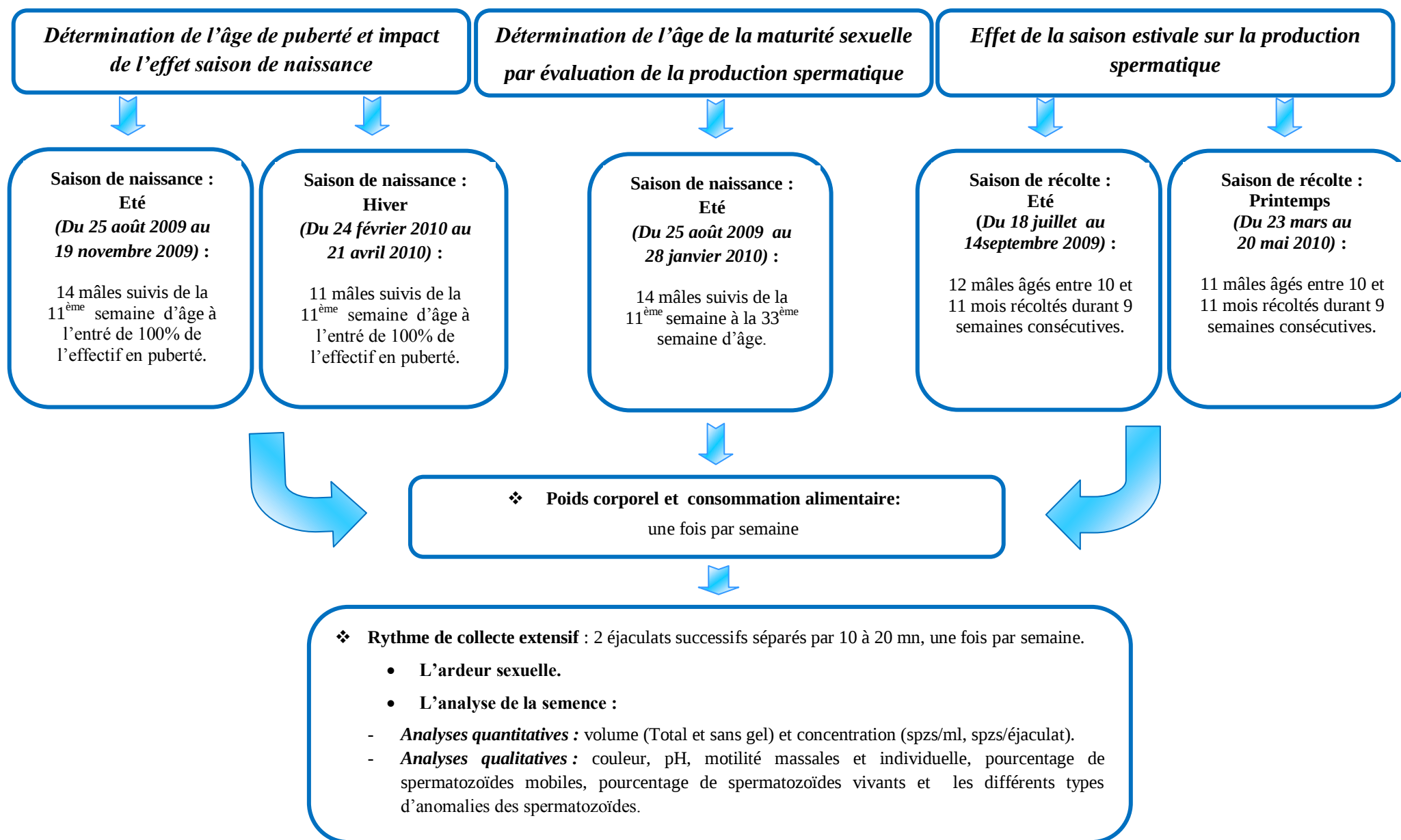
- Un lot de 11 mâles, nés en hiver (Décembre 2009), et d'un poids moyen de $1895,6 \pm 221$ g.
- Un lot de 14 mâles, nés en été (Juin 2009), et d'un poids moyen de $1518,2 \pm 190$ g. Ce même lot a également servi pour la 2^{ème} expérimentation dont le but est de déterminer l'âge de la maturité sexuelle.

Les jeunes mâles sont placés dans des cages individuelles à l'âge de 70 jours (10 semaines). Dès l'âge de 77 jours (11 semaines) une femelle boute-en train est introduite chaque semaine dans la cage pendant 15 mn pour tester le comportement de monte des jeunes mâles. Le critère retenu pour déterminer l'âge d'entrée en puberté est l'apparition du comportement de monte positif se soldant par le premier éjaculat dans le vagin artificiel. La récolte est réalisée dès le premier éjaculat jusqu'à l'entrée de 100% de l'effectif étudié en puberté.

Expérimentation n° 2 : Détermination de l'âge de la maturité sexuelle par évaluation de la production spermatique.

14 lapereaux âgés de 11 semaines (un mâle est mort à la 25^{ème} semaine d'âge) et d'un poids moyen de $1518,2 \pm 190$ g ont été suivis jusqu'à l'âge de 33 semaines afin de déterminer l'âge de maturité sexuelle (le moment où la production journalière de sperme n'augmente plus, ensuite, cette dernière reste stable ou décroît légèrement).

Figure 19 : Schéma expérimental.



La collecte de la semence est réalisée dès le premier éjaculat (6 octobre 2009) jusqu'à la fin de l'expérimentation (28 janvier 2010).

Expérimentation n° 3 : Effet de la saison estivale sur les caractéristiques de la semence.

Les paramètres biologiques du sperme ont été étudiés sur 23 lapins adultes, pendant l'été et le printemps et selon les modalités suivantes :

- La saison d'été : 12 mâles âgés entre 10 et 11 mois (un mâle est mort 3 semaines avant la fin de l'expérimentation), d'un poids moyen de 3234 ± 242 g ont été suivis durant 9 semaines consécutives (de 18 juillet au 12 septembre 2009).
- La saison du printemps : 11 mâles, d'un poids moyen de 3152 ± 210 g ont été suivis durant 9 semaines consécutives (de 23 mars à 20 mai 2010).

Les lapins utilisés préalablement en saillie naturelle, ont été soumis pendant deux semaines à un entraînement, afin de les habituer à éjaculer à l'intérieur du vagin artificiel (mise en présence d'une lapine boute-en-train, 2 fois par semaine).

VI. Récolte et méthodes d'analyse de la semence :

VI.1. Récolte de la semence :

A. Préparation du matériel de collecte :

La semence est collectée à l'aide d'un vagin artificiel que nous avons confectionné en utilisant un tuyau en PVC (6 cm de longueur, 4,5 de diamètre et de 2 mm d'épaisseur), une gaine en latex, deux élastiques et un tube de collecte gradué. La gaine en latex est introduite à l'intérieur du tuyau, le bord inférieur de la gaine est fixé à l'aide d'un élastique. Avant de procéder à la fixation du bord supérieur de la gaine, l'espace créé entre cette dernière et la paroi du tuyau est rempli d'eau chaude atteignant 55 à 58°C selon Arencibia et Rosario (2009), afin de reconstituer les conditions naturelles de température et de pression du vagin chez la lapine (Figure 20). Enfin, le tube de collecte est introduit à travers la gaine, si cette dernière n'est pas sous pression suffisante, de l'eau chaude est introduite à travers un site d'injection placé sur le tuyau (Figure 21). Le vagin artificiel n'est utilisé que lorsque sa température se situe entre 40 et 45°C (Morrell, 1995).

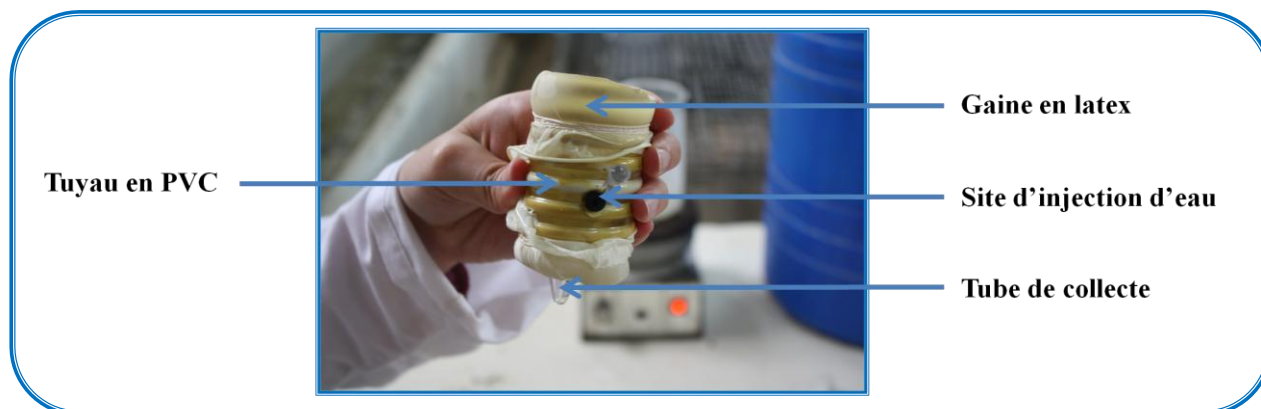


Figure 20 : Vagin artificiel confectionné pour l'essai (Photo personnelle, 2010).



Figure 21 : Vagin artificiel sous pression d'eau (Photo personnelle, 2010)

B. Préparation des mâles et récolte spermatique :

Dix minutes avant la récolte de la semence, les mâles sont transférés dans des cages plus spacieuses et plus adaptés à la récolte. Au moment de la préparation du vagin artificiel, la lapine boute-en-train est laissée sur la cage des mâles pour les stimuler (Boiti *et al.*, 2005) (Figure 22).



Figure 22 : Lapine boute-en-train sur les cages des mâles (Photo personnelle, 2010).

Une fois le vagin artificiel est prêt à être utilisé, 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 23). Après l'éjaculation, le mâle tombe sur le côté et pousse, parfois, un cri caractéristique. 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 23 : Récolte de la semence sur un mâle en utilisant un vagin artificiel et une femelle boute-en train (Photo personnelle, 2010).

Un mâle qui refuse d'être collecté après 10 minutes de contact avec une première lapine ainsi qu'avec une seconde, est considéré comme un mâle qui répond négativement à cette sollicitation. Ce dernier n'est pas pris en compte dans l'effectif de la période de prélèvement. Notons que tous les prélèvements sont effectués par le même opérateur afin d'éviter l'effet du préleveur (Theau-Clément et *al.*, 1991 et 2009).

VI.2. Méthodes d'analyse de la semence :

Une fois le sperme récolté, le tube de collecte identifié est maintenu dans le creux de la main jusqu'à son dépôt dans un portoir isolant, afin de protéger la semence de la lumière et des chocs thermiques. Les prélèvements sont placés dans un bain marie à 37°C, dans un délai ne dépassant pas les 15 minutes, pour procéder à l'évaluation de la semence.

Tout le matériel utilisé dans l'analyse de la semence (lames, lamelles, pipette Pasteur, embouts de la micropipette, l'eau physiologique et le colorant) est gardé à une température de 37°C à l'aide d'une plaque chauffante et d'un bain marie. Un microscope optique de type Hund 35580 Wetzlar et une plaque chauffante Inserbo sont utilisés pour effectuer les analyses microscopiques.

Les prélèvements de sperme de couleur jaunâtre (présence d'urine) ou rougeâtre à rosée (présence du sang) sont éliminés, de même que les prélèvements de très faible volume (< 0,1 ml). L'évaluation macroscopique et microscopique de la semence est effectuée, par le même opérateur, sur les deux éjaculats successifs récoltés sur un même animal chaque semaine pendant toute la durée de l'expérimentation.

VI.2.1. Le spermogramme :

➤ Le pH :

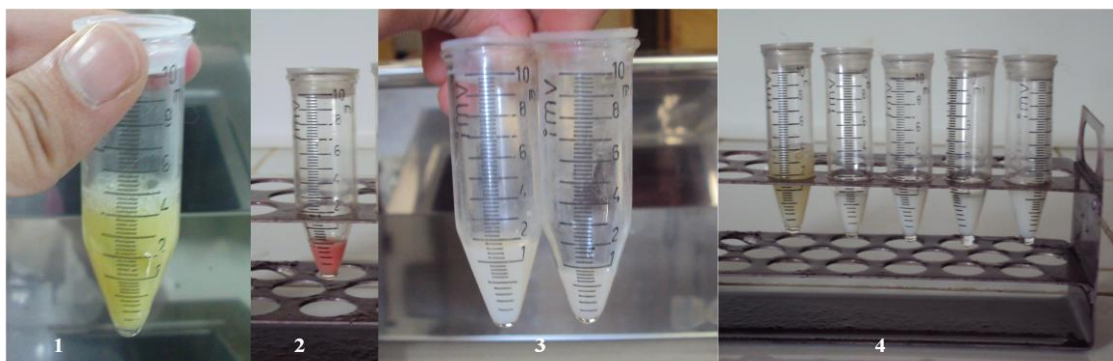
Le pH de la semence est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type HANNA 211.

➤ La couleur :

La couleur 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 7 ; Figure 24) :

Tableau 7 : 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.



1 : Sperme contaminé par l'urine (jaunâtre), 2 : Sperme contaminé par le sang (rougeâtre),
3 : Sperme blanc aqueux, 4 : Sperme blanc laiteux (à droite) et blanc nacré (à gauche).

Figure 24 : Différentes couleurs de la semence prélevée chez le lapin local
(Photo personnelle, 2010).

➤ **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 à l'aide d'une pipette Pasteur pour déterminer **le volume sans gel** (Figure 25).



1 : Semence avec gel, 2 : Semence sans gel, 3 : Fraction gélatineuse du sperme.

Figure 25 : Détermination du volume du sperme (Photo personnelle, 2010).

➤ **La motilité massale :**

La motilité massale est estimée sous microscope au grossissement x100. Une microgoutte de sperme est déposée sur une lame et le mouvement global des spermatozoïdes est apprécié en fonction de l'intensité des vagues observables.

Une note de 0 (pas de spermatozoïde) à 9 (aspects de tourbillons) est attribuée à l'échantillon selon la grille (Tableau8) de Petitjean (1965) (cité par Boussit, 1989).

Tableau 8 : Grille de Petitjean (1965) pour la notation de la motilité d'ensemble (Boussit, 1989).

Note	Nature et intensité du mouvement
0	Pas de spermatozoïde.
1	Spermatozoïdes immobiles.
2	Quelques spermatozoïdes agités, oscillant sur place.
3	Beaucoup de spermatozoïdes agités sans déplacement notable.
4	Quelques spermatozoïdes immobiles, quelques spermatozoïdes agités sur place, quelques spermatozoïdes mobiles.
5	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. Aspects de tourbillons. Motilité excellente.

➤ **La motilité individuelle :**

Une goutte de sperme diluée dans 1cc de sérum physiologique tiède est placée entre lame et lamelle et observée au microscope avec un grossissement x 200. 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) (Tableau 9) allant de 0 à 4 (cité par Boussit, 1989 et Baril *et al.*, 1993).

Tableau 9 : 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.

➤ **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).

➤ **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. 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 compté dans les deux grilles A et B égale à N ($(A+B)/2$) et la dilution de la semence est de $1/100$, la concentration réelle de l'éjaculat est la suivante :

$$N \times 100/2 \times 100 \text{ spermatozoïdes /mm}^3 = N \times 5 \times 10^6 \text{ spermatozoïdes /ml}$$

Pour les faibles volumes de sperme, la dilution utilisée est de 1/50. La concentration réelle de l'éjaculat est la suivante :

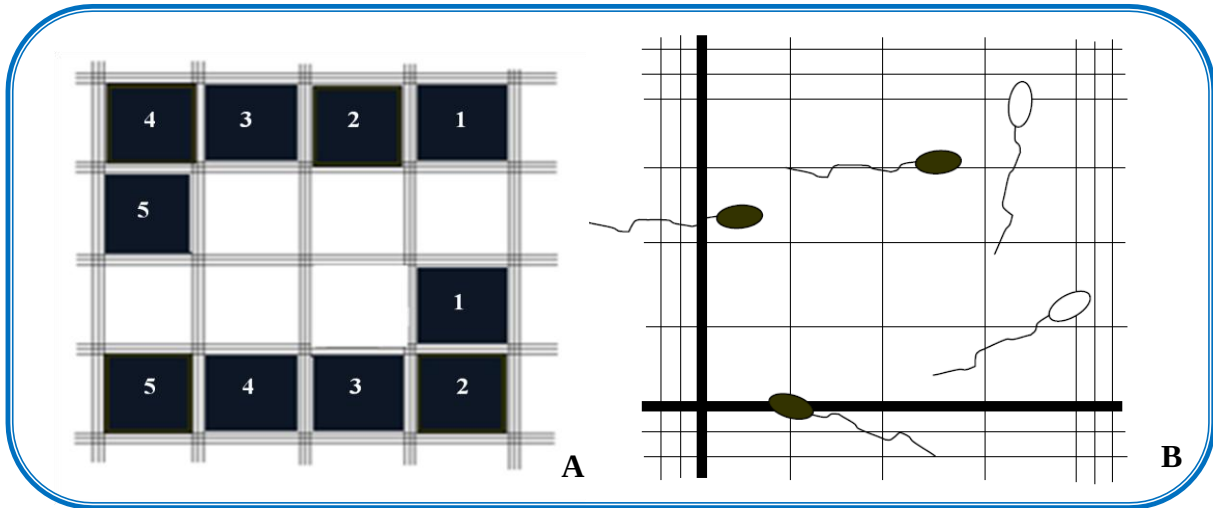
$$N \times 100/2 \times 50 \text{ spermatozoïdes /mm}^3 = N \times 2,5 \times 10^6 \text{ spermatozoïdes /ml}$$

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

- Prélever précisément 20 µl de semence pure et la diluer dans 2 ml de sérum physiologique formolé (0,9 % de chlorure de sodium ; 0,1 % de formaldéhyde dans de l'eau distillée) à savoir une dilution au 1/100 puis homogénéiser la solution.

N.B : les premières éjaculations des jeunes mâles, caractérisées par une très faible concentration, sont diluées au 1/50^{ième} (20 µl de semence pure dans 1 ml de sérum physiologique formolé).

- 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, en bordure 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 (équipé d'un mécanisme de précision permettant le déplacement dans deux directions) avec un grossissement de x 400.
- Les spermatozoïdes sont comptés sur 5 grands carrés. Afin d'éviter de surévaluer le nombre de spermatozoïdes, pour les éléments situés entre deux carrés, ne sont comptés que ceux qui sont à cheval sur les graduations, en général celles formant la lettre L (Figure 26) (Baril et *al.*, 1993 ; Bouguerra, 2005).



A : comptage des spermatozoïdes dans 5 grands carreaux, B : prise en compte des spermatozoïdes colorés « à cheval » sur les graduations.

Figure 26 : Comptage des spermatozoïdes avec la cellule de Thoma
(adaptée des figures de Baril et *al.*, 1993 et Bouguerra, 2005).

➤ **Le nombre de spermatozoïdes par éjaculat :**

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

➤ **Le pourcentage de spermatozoïdes vivants :**

Une goutte de semence ajoutée à 3 gouttes de colorant à base d'éosine-nigrosine sont homogénéisées pendant 10 secondes et laissées au repos pendant 50 secondes sur une plaque chauffante à 37°C. Ce mélange est ensuite étalé délicatement sur une lame à l'aide d'une lamelle et séché à l'air libre (Baril et *al.*, 1993).

Sous un microscope au grossissement x 400, cent spermatozoïdes sont comptés, à partir desquels sont estimés les spermatozoïdes colorés correspondant aux spermatozoïdes morts dont la membrane est perméable à la coloration rose (Figure 27).

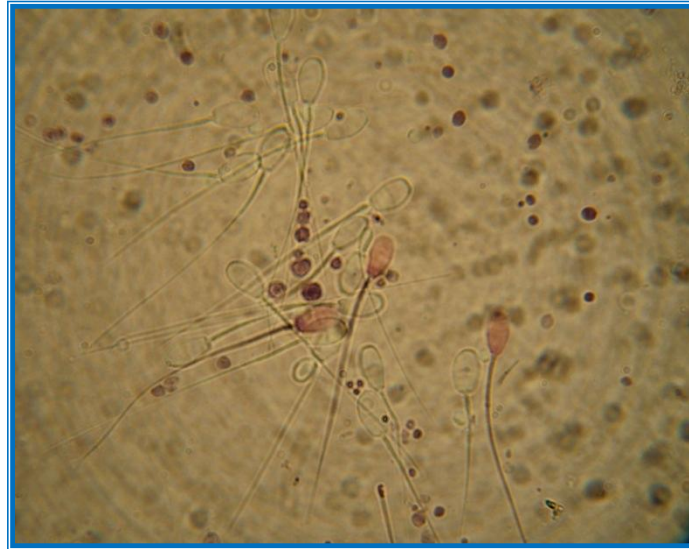


Figure 27 : Spermatozoïde mort et spermatozoïde vivant après coloration vitale à l'éosine-nigrosine (Photo personnelle, 2010).

VI.2.2. 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 $\times 1000$. Les catégories considérées ont été décrites par Blom cité par Briffaut (2007) (Figure 28) :

- 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 du lapin local sont illustrées dans la Figure 29.

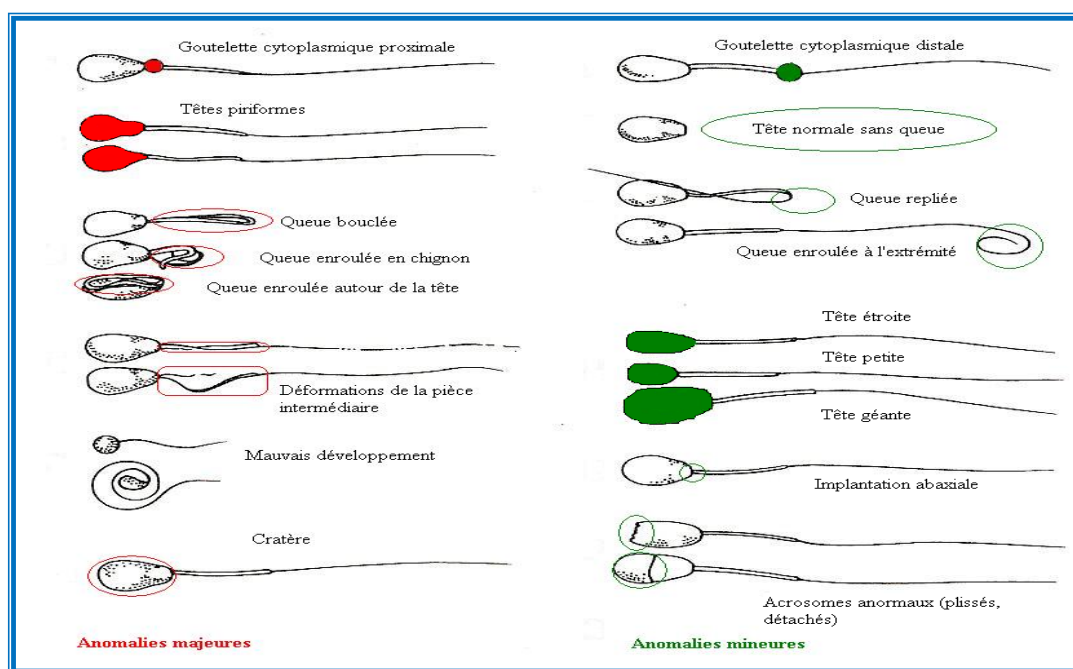
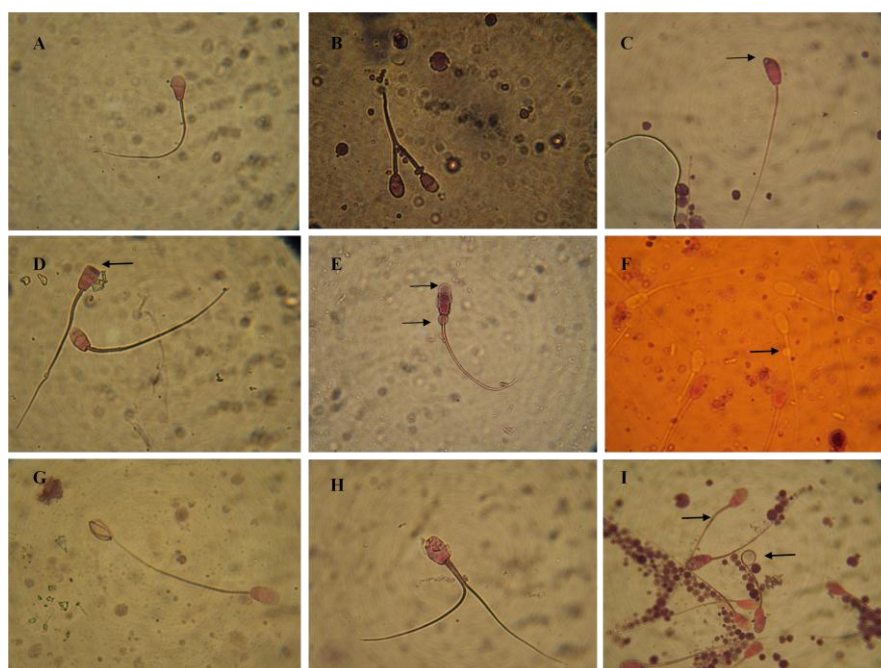


Figure 28 : Principales anomalies des spermatozoïdes de taureau classées selon Blom (Briffaut, 2007).



A : tête piriforme, **B :** spermatozoïdes bicéphale, **C :** acrosome en bouton, **D :** absence d'acrosome, **E :** acrosome atypique et présence de gouttelette cytoplasmique proximale, **F :** gouttelette cytoplasmique distale, **G :** flagelle très long avec extrémité enroulée, **H :** macrocéphale et double flagelle, **I :** pièce intermédiaire désaxée et flagelle enroulé.

Figure 29 : Quelques types d'anomalies des spermatozoïdes observées dans le sperme des lapins de population locale (Photos personnelles, 2010).

VII. 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 : $SE = \text{Ecart type} / \sqrt{n}$; n étant la taille de l'échantillon).

L'analyse statistique a été réalisée sur ces résultats en utilisant une analyse de variance (ANOVA) pour déterminer l'effet de la saison de naissance et de la saison de récolte sur les différents paramètres considérés (le seuil de signification est d'au moins 5%).

Pour apprécier la relation entre le THI et les différentes variables étudiées, nous avons calculé le coefficient de régression linéaire et la signification de ce dernier a été vérifiée par une analyse de variance (ANOVA) (Le seuil de signification est d'au moins 5%).

Toutes ces analyses sont effectuées à l'aide du programme StatView (Abacus Concepts, 1996, Inc., Berkeley, CA94704-1014, USA).

Un test de χ^2 v.5. (AnaStats.fr) a été utilisé pour l'analyse des taux de réponse positive aux sollicitations, taux des éjaculats utiles et avec gel.

Résultats

Dans le présent essai, nous avons déterminé l'âge, l'activité sexuelle et la production spermatique du lapin local lors de l'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance. S'ensuit alors, la détermination de l'âge de maturité sexuelle chez le lapin (ceux seulement nés en été) par la caractérisation de la production spermatique. Enfin, nous avons étudié l'effet de l'exposition aux températures ambiantes estivales du lapin adulte sur la qualité de la semence.

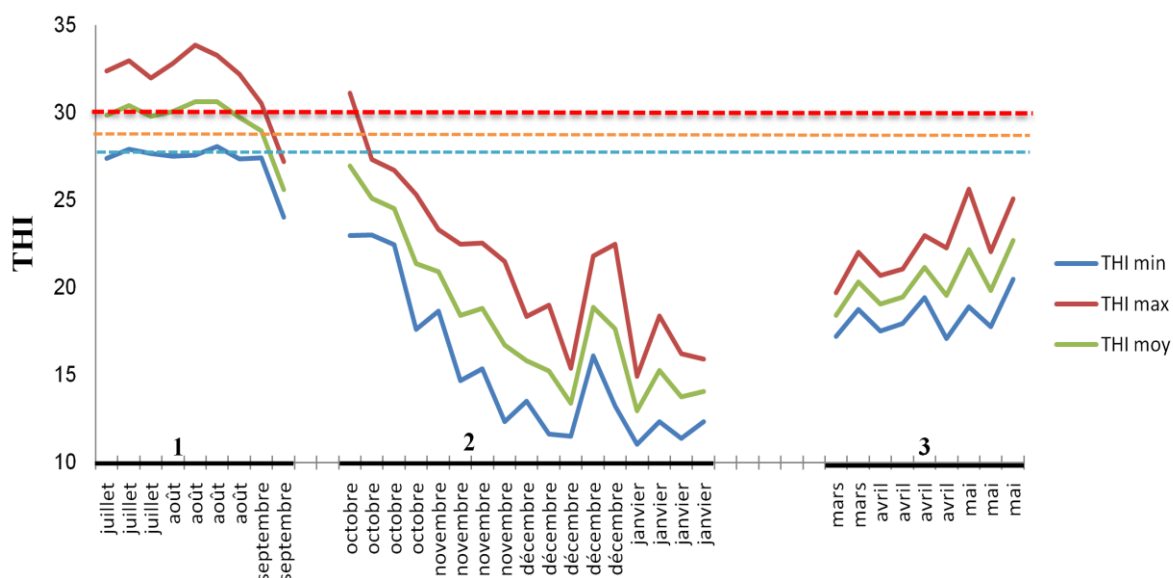
I. Paramètres d'ambiance

Le tableau 10 regroupe les valeurs des températures et hygrométries ambiantes diurnes moyennes, enregistrées au cours des différentes saisons. Les valeurs moyennes calculées des THI sont présentées dans le Tableau 10 et illustrées par la Figure 30.

Tableau 10 : Températures, hygrométries ambiantes diurnes moyennes enregistrées et THI calculés, au cours de l'expérimentation en fonction des saisons (Moyenne $\pm$ écart-type).

Mois	Température (°C)			Hygrométrie (%)			THI		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Moyenne été	29,6 $\pm$ 1,7	34,2 $\pm$ 2,3	31,9$\pm$1,9	51,7 $\pm$ 7,5	65,9 $\pm$ 9,6	58,8$\pm$7,3	27,3 $\pm$ 1,4	32,1 $\pm$ 2,0	29,6$\pm$1,5
Moyenne	14,5 $\pm$ 4,3	20,7 $\pm$ 4,9	17,6$\pm$4,4	66,3 $\pm$ 10,1	84,4 $\pm$ 6,9	75,3$\pm$7,6	14,4 $\pm$ 3,8	20,4 $\pm$ 4,6	17,3$\pm$4,0
Mi Automne- mi hiver									
Moyenne	18,8 $\pm$ 2,2	22,9 $\pm$ 3,2	20,9$\pm$2,6	55,4 $\pm$ 8,3	76,3 $\pm$ 10,5	65,9$\pm$8,6	18,2 $\pm$ 1,8	22,3 $\pm$ 2,9	20,2$\pm$2,2
printemps									

En période estivale, du mois de juillet 2009 au mois de septembre 2009, les températures ambiantes et l'hygrométrie diurnes atteignent respectivement 31,9°C et 58,8%. Au cours de la période s'étalant entre mi automne et mi hiver (octobre 2009 à janvier 2010), la température diminue à 17,6°C et l'hygrométrie augmente à 75,3%. Les températures et hygrométries ambiantes moyennes, relevées lors de la période de printemps (mars 2010 à mai 2010), montrent des valeurs intermédiaires par rapport aux précédentes respectivement : 20,9°C et 65,9%.



1 : été, 2 : mi automne-mi hiver, 3 : printemps.

..... Absence de stress thermique.

..... Stress thermique modéré.

..... Stress thermique sévère, au-delà : stress thermique très sévère.

Figure 30 : Evolution du THI selon les saisons.

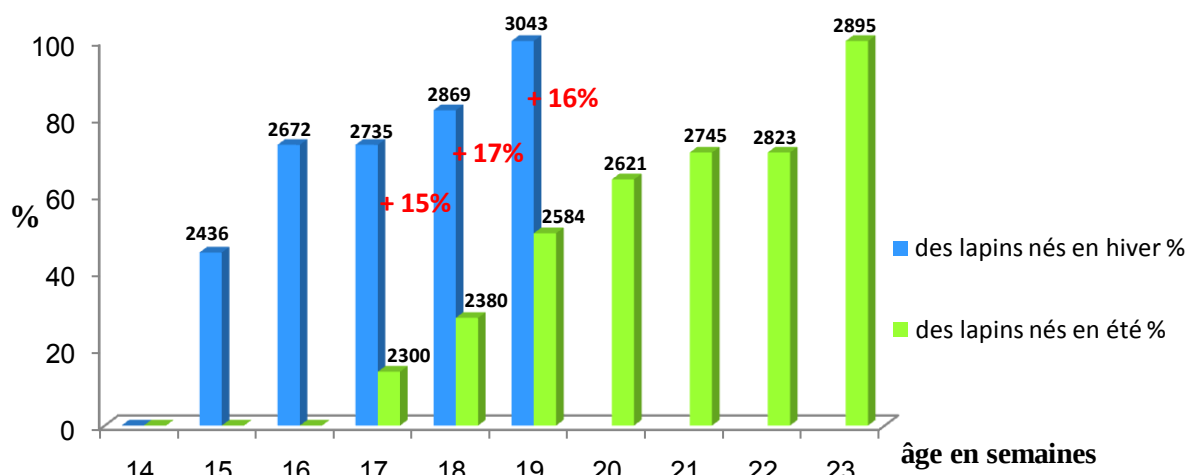
Durant toute l'expérimentation, nous pouvons relever que les valeurs moyennes du THI, calculé à partir de la température et de l'hygrométrie, étaient de $29,6 \pm 1,5$; $20,2 \pm 2,2$ et $17,3 \pm 4,0$ respectivement en été, au printemps et entre mi automne-mi hiver. L'ITH, évolue proportionnellement avec la température et inversement avec l'hygrométrie (Figure 31). Notons toutefois, qu'un pic de température est survenu au cours du mois de décembre (de l'ordre de 20°C), augmentant ainsi l'index THI.

II. Age, activité sexuelle et production spermatique du lapin lors de l'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance

II.1. Détermination de l'âge de la puberté en fonction de la saison de naissance

La figure 31 montre l'évolution de l'entrée en puberté progressive des jeunes lapins mâles en fonction de la saison de naissance, déterminée par le pourcentage des lapins donnant la première éjaculation dans le vagin artificiel. Il s'agit, rappelons le, des lapins nés en été (E) et ceux nés en hiver (H).

Chez les lapins nés en hiver (H), 45% des animaux sont considérés comme pubères dès l'âge de 15 semaines. Une semaine après, ce taux atteint 73% et à la 19^{ème} semaine d'âge l'ensemble de l'effectif entre en pubère.



(Chiffres sur les bâtonnets : poids moyen des lapins en gramme ; écarts des poids en %).

Figure 31 : Evolution de l'entrée en puberté des lapins (en %) en fonction de la saison de naissance (n=14 mâles en été ; n=11 mâles en hiver).

Chez les lapins nés en été (E), l'entrée en puberté est plus tardive et plus étalée dans le temps. Elle commence à l'âge de 17 semaines avec un pourcentage de 14% des jeunes mâles. A la 19^{ème} semaine d'âge, la moitié de l'effectif entre en puberté et ce n'est qu'à la 23^{ème} semaine d'âge où 100% de l'effectif atteint ce même stade physiologique.

Par ailleurs, pour un même âge, le poids vif des jeunes mâles du lot (H) est significativement plus élevé que celui des jeunes mâles du lot (E) ($p < 0,001$). L'écart moyen du poids vif entre les deux groupes enregistré entre la 17^{ème} et la 19^{ème} semaine d'âge : 16%. Notons que cet écart entre les poids enregistrés au cours des semaines durant lesquelles tout l'effectif est pubère (19^{ème} pour les lapins nés en hiver, et 23^{ème} pour les lapins nés en été) devient non significatif et s'amenuise pour atteindre 4,8%. De plus, il est à signaler que l'écart de 5,8% enregistré entre le poids des lapins nés en hiver et celui des lapins nés en été lors de la première semaine d'entrée en puberté (15^{ème} pour les lapins nés en hiver, et 17^{ème} pour les lapins nés en été) est non significatif ($p > 0,05$).

II.2. Taux de récolte utile en fonction de la saison de naissance

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 11. Nos résultats montrent que les lapins du groupe (E) ont des taux de récolte utile et des taux des éjaculats utiles moins élevés que ceux du groupe (H) : respectivement -3,6% et -3,8%, sans toutefois que ces écarts ne soient significatifs ($p>0,05$). Les réponses négatives aux sollicitations enregistrées chez le groupe (E) ont concerné 4 mâles, et sont survenues pour la plupart lors de la première semaine d'entrée en puberté. La cause principale d'élimination des éjaculats est la présence d'urine (82%) suivie du volume récolté inférieur à 0,1ml (18%).

En revanche, le taux d'éjaculats présentant un gel est significativement plus élevé chez le groupe (H) : 40,5% contre 20% chez le groupe (E) ($p<0,05$). Notons que ce dernier critère est prédominant significativement ($p<0,001$) lors du premier éjaculat comparativement au second éjaculat : + 81,1% chez le groupe (E) et 85,4% chez le groupe (H).

II.3. Etude de l'ardeur sexuelle et des caractéristiques de la semence à l'entrée en puberté des lapins en fonction de la saison de naissance

Lors de la période d'entrée en puberté, l'effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence a été analysé selon deux périodes distinctes. Nous avons, en premier lieu, considéré cet effet sur la période de récolte de la semence précédant l'entrée en puberté de 100% de l'effectif, à savoir de 15 à 19 semaines d'âge pour les lapins nés en hiver et de 17 à 23 semaines d'âge pour les lapins nés en été. Afin d'éliminer l'effet de l'entrée progressive en puberté des lapins dans chacune des deux saisons, la seconde période prise en compte est la première semaine durant laquelle 100% de leur effectif est pubère, à savoir la 19^{ème} semaine pour les nés en hiver et 23^{ème} pour les nés en été.

II.3.1. Sur toute la période d'entrée en puberté (15 à 19 semaines pour les lapins nés en hiver et de 17 à 23 pour les lapins nés en été)

Les données relatives à l'effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence, durant la période précédant l'entrée en puberté de tout l'effectif des lapins, sont regroupées dans les Tableaux 12 et 13.

Tableau 11 : Réponses aux sollicitations, taux des éjaculats utiles et présentant un gel chez les lapins selon la saison de la naissance.

Ejaculat	Nés en été (17-23 semaines d'âge) (E ; n=14)			Nés en hiver (15-19 semaines d'âge) (H ; n=11)		
	1 ^{er}	2 ^{ème}	Total	1 ^{er}	2 ^{ème}	Total
	<i>éjaculat</i>	<i>éjaculat</i>		<i>éjaculat</i>	<i>éjaculat</i>	
Nombre de sollicitations	56	56	112	41	41	82
Nombre des éjaculats collectés	56	52	108	41	41	82
Réponse aux sollicitations (%)	100 ^A	92,8 ^A	96,4^a	100 ^A	100 ^A	100^a
Nombre des éjaculats éliminés	3	5	8	1	2	3
<i>Causes d'élimination :</i>						
<i>Présence d'urine</i>	3	3	6	1	2	3
<i>Présence du sang</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Volume < 0,1ml</i>	0	2	2	0	0	0
Nombre des éjaculats utiles ou analysés	53	47	100	40	39	79
Taux des éjaculats utiles ou analysés (%)	94,6 ^A	90,4 ^A	92,6^a	97,7 ^A	95,1 ^A	96,3^a
Nombre des éjaculats avec gel	18	3	21	28	4	32
Taux des éjaculats avec gel (%)	33,9 ^A	6,4 ^B	21^a	70 ^C	10,2 ^B	40,5^b

Les pourcentages affectés de lettres différentes en minuscule sur la même ligne sont significatifs au seuil de 5%.

Les pourcentages affectés de lettres différentes en majuscule sur la même ligne sont significatifs au seuil de 0,1%.

L'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les valeurs de la libido, de la couleur, de la motilité des spermatozoïdes, la viabilité ni de la concentration des deux groupes (H) et (E). En revanche, le pH, le volume total et le volume sans gel du sperme récolté sont significativement supérieurs chez les animaux nés en hiver comparés à ceux nés en été respectivement : 7,46 vs 7,01 ($p<0,001$) ; 0,74 vs 0,37 ml ($p<0,001$) et 0,52 vs 0,32 ml ($p<0,001$). En revanche, les lapins nés en été présentent un pourcentage de spermatozoïdes mobiles significativement supérieur à celui de ceux nés en hiver : 46,1% vs 38,8%, soit un écart de +22,3%, ($p<0,05$) (Tableau 12).

Les résultats en termes d'anomalies (totales et spécifiques aux différentes parties du spermatozoïde) sont présentés dans le Tableau 13. Les proportions des anomalies totales des spermatozoïdes sont significativement supérieures chez les lapins nés en hiver (32,6% vs 27,6% ; $p<0,01$), soit une augmentation de 15,3%. A l'exception des anomalies de la tête du spermatozoïde, des différences significatives liées à la saison sont observées pour les anomalies de l'acrosome, de la pièce intermédiaire, du flagelle et de la présence de la gouttelette cytoplasmique proximale et distale. Les spermatozoïdes prélevés chez les lapins nés en hiver présentent des anomalies de l'acrosome, de la pièce intermédiaire, de la présence de la gouttelette cytoplasmique proximale et distale significativement plus importantes comparativement aux lapins du groupe (E), avec des écarts respectifs de : +34,8% ($p<0,001$) ; +38,2% ($p<0,001$) ; +60,8% ($p<0,001$) et 42,8% ($p<0,01$). Par contre chez ce même groupe, les anomalies du flagelle diminuent de 21,4% ($p<0,01$).

II.3.2. Pendant la semaine où 100% de l'effectif est pubère (19^{ème} semaine pour les lapins nés en hiver et 23^{ème} pour les lapins nés en été)

Les Tableaux 14 et 15 regroupent les données de l'effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques quantitatives et qualitatives de la semence, relevées durant la 19^{ème} semaine d'âge concernant les lapins nés en hiver et la 23^{ème} semaine d'âge pour ceux nés en été. Il est à rappeler que ces deux âges correspondent à l'entrée en puberté de la totalité de l'effectif de lapins pour les deux saisons de naissance.

Tableau 12 : Effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence durant toute la période d'entrée en puberté (15 à 19 semaines pour les nés en hiver et de 17 à 23 pour les nés en été) (moyenne $\pm$ erreur standard).

Saison de naissance	n	Libido (s)	Couleur (0 à 3)	pH	Volume total (ml)	Volume sans gel (ml)	Motilité massale (0 à 9)	Motilité individuelle (0 à 4)	% Spz mobiles	% Spz vivants	Concentration 10 ⁶ spz/ml	Concentration 10 ⁶ spz/éjaculat
<i>Eté (E)</i>	101	21,9 $\pm$ 3,5 ^a	1,36 $\pm$ 0,05 ^a	7,01 $\pm$ 0,04 ^b	0,37 $\pm$ 0,03 ^b	0,32 $\pm$ 0,02 ^b	3,04 $\pm$ 0,22 ^a	1,96 $\pm$ 0,15 ^a	46,1 $\pm$ 3,51 ^a	42,3 $\pm$ 3,2 ^a	233,9 $\pm$ 25,8 ^a	88,9 $\pm$ 12,4 ^a
<i>Hiver (H)</i>	75	14,1 $\pm$ 2,9 ^a	1,43 $\pm$ 0,06 ^a	7,46 $\pm$ 0,03 ^a	0,74 $\pm$ 0,06 ^a	0,52 $\pm$ 0,04 ^a	2,63 $\pm$ 0,25 ^a	1,94 $\pm$ 0,16 ^a	35,9 $\pm$ 3,09 ^b	36,1 $\pm$ 3,12 ^a	87,4 $\pm$ 16,9 ^a	62,5 $\pm$ 15,8 ^a
<i>p</i>		NS	NS	<0,001	<0,001	<0,001	NS	NS	<0,05	NS	NS	NS

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

Tableau 13 : Effet de la saison de naissance sur les différents types d'anomalies du spermatozoïde durant toute la période d'entrée en puberté (15 à 19 semaines pour les nés en hiver et de 17 à 23 pour les nés en été) (moyenne $\pm$ erreur standard).

Saison de naissance	n	% AT	% AA	%API	%AF	% GP	% GD	% A totales
<i>Eté (E)</i>	98	5,95 $\pm$ 0,37 ^a	2,34 $\pm$ 0,18 ^b	2,98 $\pm$ 0,23 ^b	12,7 $\pm$ 0,55 ^a	2,17 $\pm$ 0,24 ^b	1,52 $\pm$ 0,17 ^b	27,7 $\pm$ 1,01 ^b
<i>Hiver (H)</i>	61	6,03 $\pm$ 0,46 ^a	3,59 $\pm$ 0,34 ^a	4,82 $\pm$ 0,31 ^a	9,98 $\pm$ 0,81 ^b	5,54 $\pm$ 0,45 ^a	2,66 $\pm$ 0,38 ^a	32,6 $\pm$ 1,63 ^a
<i>p</i>		NS	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,01	<0,01

AT : anomalies de la tête ; AA : anomalies de l'acrosome ; API : anomalies de la pièce intermédiaire ; AF : anomalies du flagelle ; GP : présence de la gouttelette proximale ; GD : présence de la gouttelette distale ; A totales : anomalies totales. Les moyennes affectées de lettres différentes sont significatives au seuil de 5%.

Tableau 14 : Effet de la saison de naissance sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence pendant la semaine où 100% de l'effectif est pubère (19^{ème} semaine pour les nés en hiver et 23^{ème} pour les nés en été) (moyenne $\pm$ erreur standard).

Saison de naissance	n	Libido (s)	Couleur (0 à 3)	pH	Volume total (ml)	Volume sans gel (ml)	Motilité massale (0 à 9)	Motilité individuelle (0 à 4)	% Spz mobiles	% Spz vivants	Concentration 10 ⁶ spz/ml	Concentration 10 ⁶ spz/éjaculat
<i>Eté (E)</i>	25	16,28 $\pm$ 2,86 ^a	1,54 $\pm$ 0,10 ^a	6,88 $\pm$ 0,08 ^b	0,52 $\pm$ 0,08 ^b	0,41 $\pm$ 0,5 ^b	4,54 $\pm$ 0,47 ^a	3,18 $\pm$ 0,21 ^a	69,3 $\pm$ 5,54 ^a	63,5 $\pm$ 5,07 ^a	413,1 $\pm$ 60,6 ^a	169,6 $\pm$ 28,3 ^a
<i>Hiver (H)</i>	18	7,94 $\pm$ 0,49 ^b	1,72 $\pm$ 0,11 ^a	7,35 $\pm$ 0,05 ^a	1,02 $\pm$ 0,15 ^a	0,64 $\pm$ 0,1 ^a	5,39 $\pm$ 0,36 ^a	3,28 $\pm$ 0,18 ^a	58,6 $\pm$ 3,47 ^a	61,8 $\pm$ 3,36 ^a	243,1 $\pm$ 52,7 ^a	192,5 $\pm$ 54,8 ^a
<i>p</i>		<0,05	NS	<0,001	<0,001	<0,05	NS	NS	NS	NS	NS	NS

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

Tableau 15 : Effet de la saison de naissance sur les différents types d'anomalies du spermatozoïde pendant la semaine où 100% de l'effectif est pubère (19^{ème} semaine pour les nés en hiver et 23^{ème} pour les nés en été) (moyenne $\pm$ erreur standard).

Saison de naissance	n	% AT	% AA	%API	%AF	% GP	% GD	% A totales
<i>Eté (E)</i>	25	3,16 $\pm$ 0,29 ^a	1,12 $\pm$ 0,17 ^b	1,84 $\pm$ 0,48 ^b	15,04 $\pm$ 1,05 ^a	4,05 $\pm$ 0,83 ^a	0,68 $\pm$ 0,75 ^b	24,8 $\pm$ 1,79 ^a
<i>Hiver (H)</i>	18	3,94 $\pm$ 0,60 ^a	2,33 $\pm$ 0,37 ^a	4,61 $\pm$ 0,55 ^a	6,16 $\pm$ 1,86 ^b	0,84 $\pm$ 0,15 ^b	2,27 $\pm$ 0,76 ^a	20,9 $\pm$ 1,72 ^a
<i>p</i>		NS	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	NS

AT : anomalies de la tête ; AA : anomalies de l'acrosome ; API : anomalies de la pièce intermédiaire ; AF : anomalies du flagelle ; GP : présence de la gouttelette proximale ; GD : présence de la gouttelette distale ; A totales : anomalies totales.

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

Il en ressort que seuls la libido et le pH, le volume (total et sans gel) du sperme sont influencés par la saison de naissance, contrairement à la couleur, la mobilité, la viabilité et la concentration en spermatozoïdes.

Une diminution dans le temps de réaction des mâles est relevée chez les animaux nés en hiver (une meilleure libido) : 7,9 vs 16,3 secondes soit un écart de 51,5% ($p < 0,05$). En revanche, le pH et le volume (total et sans gel) sont significativement augmentés chez ces mêmes animaux, avec des écarts respectifs de +6,4% ($p < 0,001$), +49% ($p < 0,001$) et +36% (0,05) (Tableau 14).

L'analyse statistique ne révèle aucune différence significative entre les anomalies totales relevées chez les lapins des deux groupes. Elles sont estimées en moyenne à 22,8%, toutes saisons de naissance confondues (Tableau 15). Par ailleurs, les anomalies de l'acrosome, de la pièce intermédiaire et de la gouttelette distale sont significativement élevées chez les lapins nés en hiver : +52% ($p < 0,01$), +60% ($p < 0,001$) et +70% ($p < 0,05$), contrairement à celles du flagelle et de la gouttelette proximale qui diminuent, respectivement de -59% et de -79% ($p < 0,001$).

III. Détermination de l'âge de maturité sexuelle par évaluation de la production spermatique chez le lapin

L'étude de l'âge de la maturité sexuelle a été réalisée seulement sur les lapins nés en été en raison de l'indisponibilité de ceux nés en hiver, qui étaient destinés pour d'autres travaux. Ainsi, nous avons déterminé cet âge à travers l'évolution de la production spermatique quantitative et qualitative dès les premiers éjaculats soit de la 17^{ème} semaine à la 33^{ème} semaine d'âge, différente de la période exposée dans le point II.2 à savoir de la 17^{ème} semaine à la 23^{ème} correspondant à l'entrée en puberté.

III.1. Taux de récolte utile des lapins

Les données relatives aux taux de réponse positives aux sollicitations, des éjaculats utiles et ce ceux présentant un gel sont regroupées dans le Tableau 16. Durant toute la durée de l'expérimentation (de 17 à 33 semaines d'âge), le taux moyen de réponses positives aux sollicitations est de 98,4%, avec toutefois une valeur supérieure pour le premier éjaculat comparé au second (99,5% et 97,3% respectivement).

Tableau 16: Réponses aux sollicitations et taux des éjaculats utiles et présentant un gel chez les lapins de population locale, âgés entre 17 et 33 semaines d'âge.

17-33 semaines d'âge (n=14)			
Ejaculat	1 ^{er} éjaculat	2 ^{ème} éjaculat	Total
Nombre de sollicitations	187	187	374
Nombre des éjaculats collectés	186	182	368
Réponse aux sollicitations (%)	99,5 ^a	97,3 ^a	98,4
Nombre des éjaculats éliminés	14	12	26
Causes d'élimination			
Présence d'urine	12	6	18
Présence du sang	2	2	4
Volume < 0,1ml	0	4	4
Nombre des éjaculats utiles ou analysés	172	170	342
Taux des éjaculats utiles ou analysés (%)	92,5 ^a	93,4 ^a	92,9
Nombre des éjaculats avec gel	93	12	105
Taux des éjaculats avec gel (%)	54,1 ^a	7,06 ^b	30,7

Les pourcentages affectés de lettres différentes sont significatifs au seuil de 0,1%.

Le taux moyen des éjaculats utiles est de 92,9%. La cause d'élimination la plus importante est représentée par la présence d'urine soit 69,2%. La présence du sang et le volume récolté inférieur à 0,1ml représentent chacune d'elles 15,4%.

Les éjaculations donnant lieu à des spermatozoïdes avec du gel représentent 30,7% avec une prédominance significative ($p < 0,001$) pour le premier éjaculat comparé au second (54,1% pour le 1^{er} éjaculat et 7,06% pour le 2^{ème} éjaculat).

III.2. Evolution hebdomadaire de l'ardeur sexuelle et des caractéristiques de la semence

III.2.1. Ardeur sexuelle ou libido

La Figure 32 montre l'évolution hebdomadaire de la libido chez les lapins âgés de 17 à 33 semaines. La moyenne de la libido sur toute la période est de $14,5 \pm 12,2$ secondes avec, cependant, un coefficient de variation de 84%.

La courbe d'évolution de la libido indique une importante chute du temps de réaction des mâles entre 17 et 19 semaines d'âge (de 50,2 à 15,0 secondes soit une moyenne de 34,3 secondes). Entre 20 et 23 semaines d'âge, la libido s'améliore et atteint en moyenne 17 secondes, pour former un plateau à partir de la 25^{ème} semaine d'âge avec un temps moyen de 7,4 secondes entre 25 et 33 semaines d'âge.

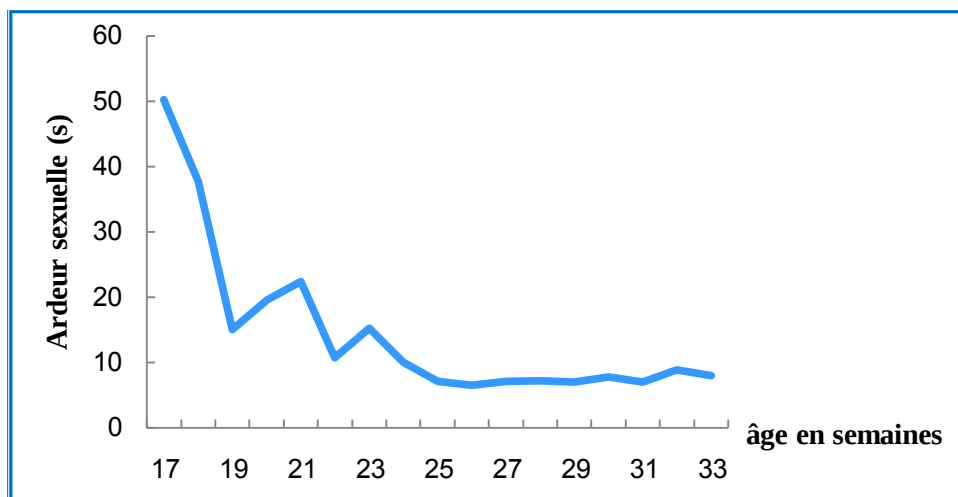


Figure 32 : Evolution hebdomadaire de la libido ou ardeur sexuelle (secondes) entre 17 et 33 semaines d'âge (n=368)

III.2.2. Aspects quantitatifs

L'évolution hebdomadaire des critères quantitatifs pris en considération dans notre étude est représentée dans les Figures 33 et 34.

Notons, qu'à travers les résultats, deux périodes se distinguent : la première s'étale de 17 à 25 semaines d'âge et la seconde entre 26 et 33 semaines d'âge. A partir de la 26^{ème} semaine d'âge, le volume sans gel, et la concentration exprimée par millilitre ou par éjaculat augmentent respectivement de 55%, 62% et 78%.

Toutefois, la variabilité des résultats est plus importante entre 17 et 25 semaines d'âge (en moyenne 73%) comparée à celle obtenue entre 26 et 33 semaines (en moyenne 14,6%). Il est à souligner que la chute de ces paramètres survenue à la 29^{ème} semaine d'âge est liée à une augmentation du THI durant la 28^{ème} semaine et la 29^{ème} semaine (respectivement 18,9 et 17,6) comparativement au THI moyen estimé à 13 avant et après cette période (Figure 30).

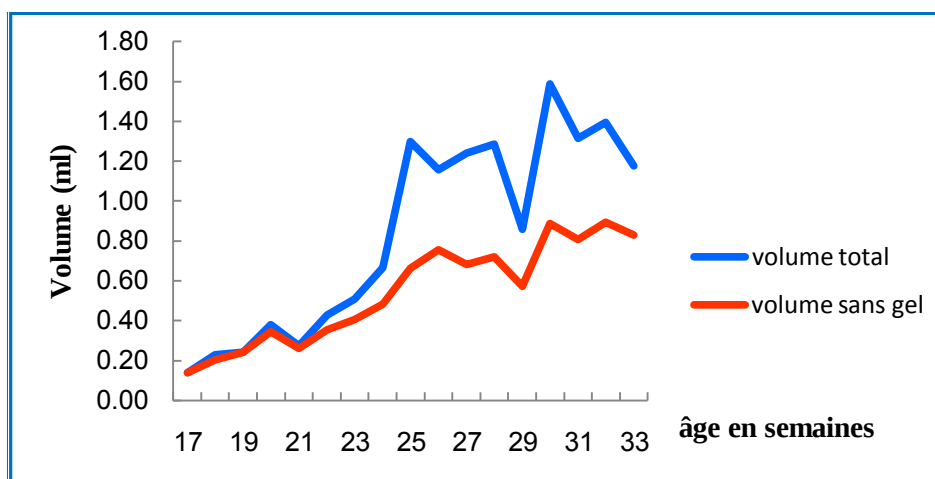


Figure 33 : Evolution du volume total et du volume sans gel entre la 17^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge (n=342).

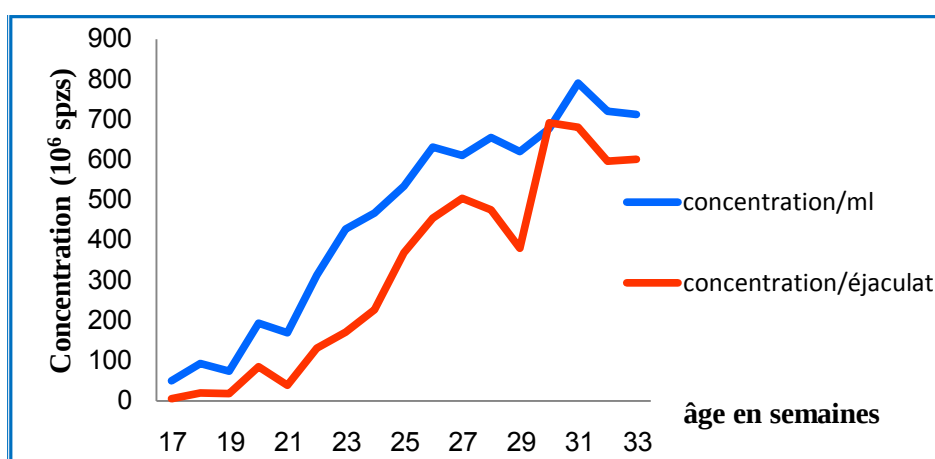


Figure 34 : Evolution de la concentration spermatique par millilitre et par éjaculat entre la 17^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge (n=340).

III.2.3. Aspects qualitatifs

La Figure 35 regroupe l'évolution de la couleur, du pH du sperme, ainsi que celle de la motilité massale et individuelle et des pourcentages des spermatozoïdes mobiles et vivants de la semence du lapin âgés entre la 17^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge.

Une note moyenne de $1,81 \pm 0,5$ est attribuée à la couleur du sperme récolté pendant la période expérimentale. La courbe de l'évolution de la couleur du sperme montre une progression linéaire de la 17^{ème} semaine à la 25^{ème} semaine d'âge : de 1 à 2,16 avec une moyenne de $1,45 \pm 0,41$ soit un coefficient de variation de 28%. Cette variabilité de la couleur s'estompe à partir de la 26^{ème} semaine d'âge pour atteindre 8,2%, avec une note moyenne de 2,22.

Le pH du sperme récolté au cours de l'expérimentation est en moyenne de $7,12 \pm 0,19$ et considéré comme invariable vu le faible coefficient de variation à travers toute la durée de l'expérimentation (2,7%).

La motilité massale moyenne relevée entre 17 et 33 semaines d'âge est de $4,72 \pm 2,07$ avec une variabilité de 44%. La courbe de l'évolution montre que la motilité massale évolue entre 17 et 27 s d'âge, avec une moyenne de $3,6 \pm 1,7$ (variation de 47%). En revanche, à partir de la 28^{ème} semaine, la motilité massale est estimée en moyenne à $6,73 \pm 0,6$ avec une variabilité amoindrie de 9%.

L'évolution de la motilité individuelle, des proportions des spermatozoïdes mobiles et celles des spermatozoïdes vivants est progressive jusqu'à la 23^{ème} semaine d'âge. Les valeurs moyennes enregistrées pour ces paramètres entre 17 et 22 semaines sont respectivement de : $1,47 \pm 0,5$ (variation de 33,8%), $37,5 \pm 11,2\%$ (variation de 30%) et $35 \pm 9,6\%$ (variation de 27,6%). En revanche, ces mêmes paramètres sont estimés en moyenne, entre la 23^{ème} semaine et la 33^{ème} semaine d'âge à respectivement à : $3,2 \pm 0,25$ (variation de 8%), $74,4 \pm 6,16\%$ (variation de 8%) et $68,4 \pm 5,7\%$ (variation de 8,4%) avec toutefois une faible variabilité telle que montrée par les coefficients de variation.

III.2.4. Anomalies des spermatozoïdes

Les anomalies totales des spermatozoïdes identifiées dans les éjaculats des lapins âgés entre 17 et 33 semaines sont estimées en moyenne à $22,3 \pm 8,8\%$ (variation de 39,6%).

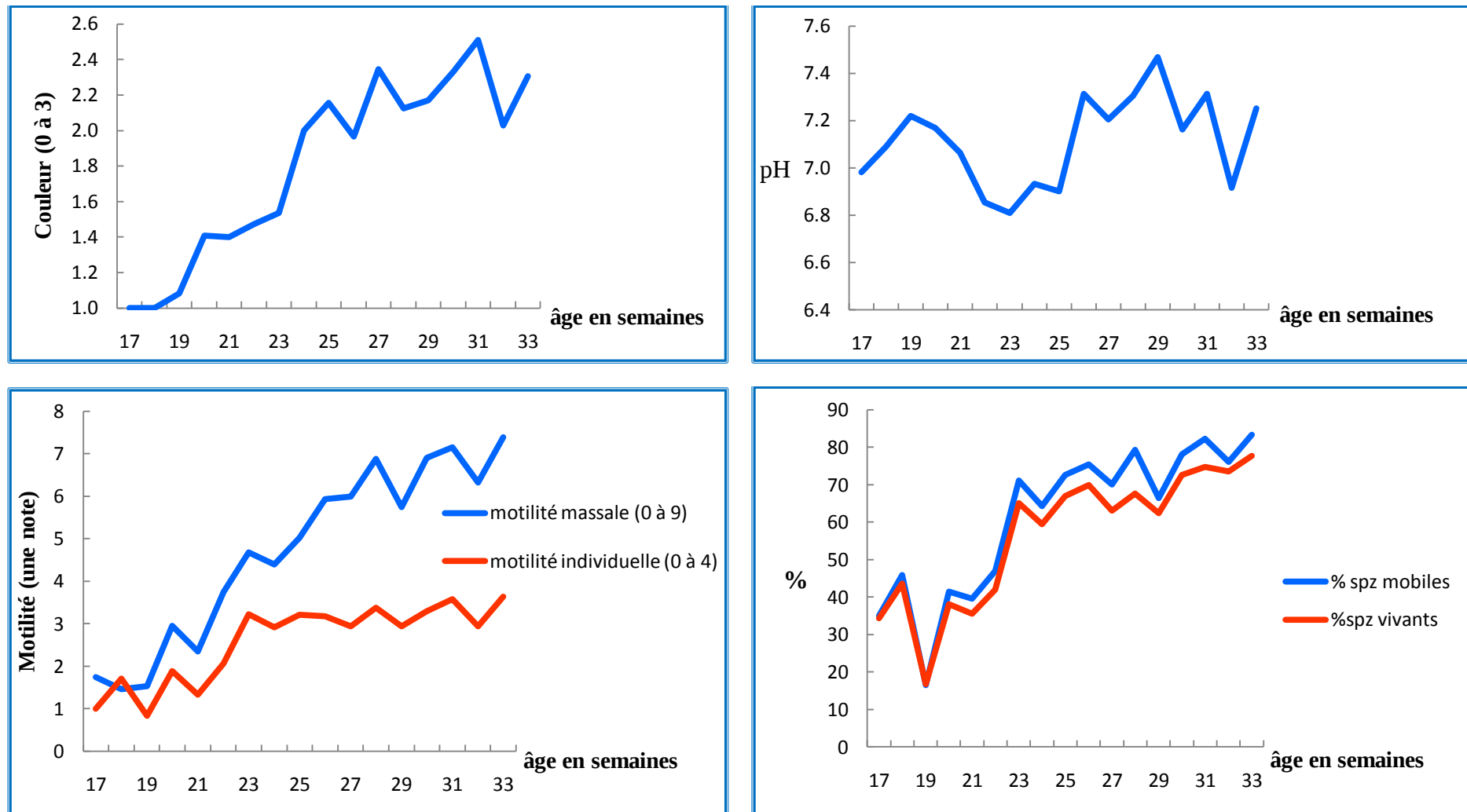
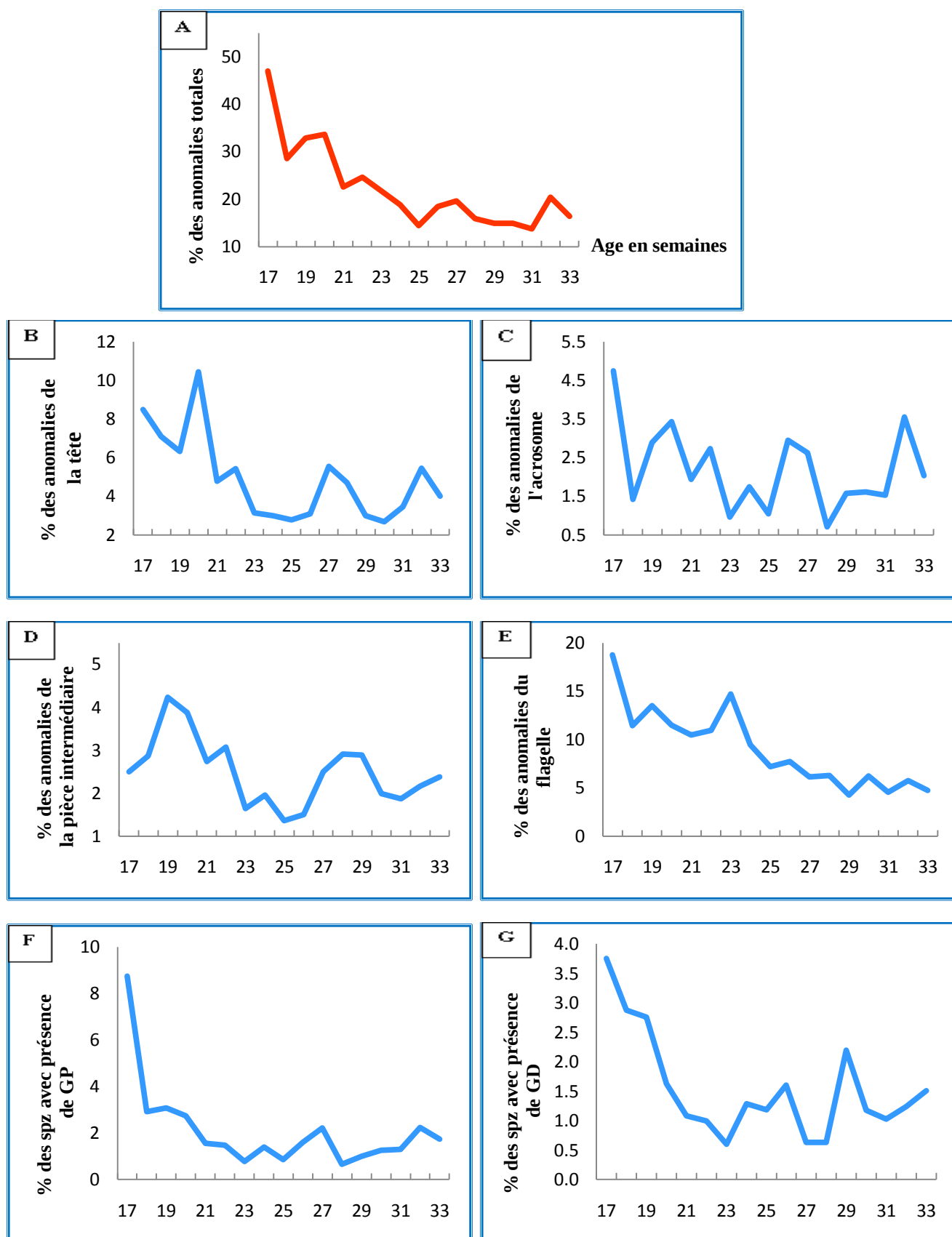


Figure 35 : Evolution de la couleur (n=361), du pH (n=342), de la motilité massale et individuelle (n=340), et des pourcentages des spermatozoïdes mobiles et vivants (n=340), entre la 17^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge.



A : Anomalies totales des spermatozoïdes ; **B** : Anomalies de la tête ; **C** : Anomalies de l'acrosome ;
D : Anomalies de la pièce intermédiaire ; **E** : Anomalies du flagelle ;
F : Présence de gouttelette cytoplasmique proximale; **G** : Présence de gouttelette cytoplasmique distale.

Figure 36 : Evolution des pourcentages de différentes anomalies spermatisques entre la 17^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge (n=328).

L'évolution de ces anomalies, représentée par la courbe montre une diminution du taux d'anomalies totales, entre 17 à 25 semaines d'âge, allant de 47 à 14,4% soit un écart de 69,3% et une moyenne de $27,1 \pm 9,7\%$ (variation de 35,8%). A partir de la 25^{ème} semaine d'âge, la proportion des anomalies totales moyenne diminue et atteint $16,5 \pm 2,4\%$ avec toutefois une plus faible variabilité de 14,5% (Figure 36).

Concernant les anomalies des différentes parties du spermatozoïde, les courbes spécifiques montrent une nette diminution entre 17 et 33 semaines, avec des points d'inflexion variant selon la partie atteinte (Figure 36).

Ainsi, pour les anomalies de la pièce intermédiaire, de la présence de la gouttelette proximale et distale, le point d'inflexion se situe à la 23^{ème} semaine d'âge, avec des valeurs minimales respectives de 1,65%, 0,78% et 0,59%. Au-delà de cette semaine, l'amplitude de la variation est similaire, la moyenne des valeurs notées entre 23-33 semaines est respectivement de 2,11%, 1,37% et 1,18% contre 3,22%, 3,44% et 2,18 durant la période 17-22 semaines. Concernant les anomalies de la tête et le flagelle, les points d'inflexion se situent respectivement à la 24^{ème} et la 25^{ème} semaine d'âge. Le taux moyen des anomalies de la tête enregistré durant la période 24-33 semaines est de 3,77% contre 6,53% durant celle s'étalant entre la 17 et la 23^{ème} d'âge. Pour les anomalies du flagelle le taux relevé entre 25 et 33 semaines est de 5,88% contre 11,77% durant la précédente. Les taux d'anomalies de l'acrosome sont en moyenne de $2,21 \pm 1,08$ et semblent variables (48,8% de variation tout le long de la période (17-33 semaines d'âge) avec une amplitude similaire.

III.3.Détermination de l'âge de la maturité sexuelle chez les lapins mâles

La maturité sexuelle chez le lapin est définie par l'âge à partir duquel la concentration en spermatozoïdes de l'éjaculat devient stable. Pour déterminer l'âge de la maturité, nous avons rapporté l'évolution de la concentration en spermatozoïdes, et celle du volume sans gel, entre la 29^{ème} semaine et la 33^{ème} semaine d'âge, et effectué une analyse statistique afin de déceler le début de la stabilité de ces deux critères.

Il en ressort que le nombre de spermatozoïdes par éjaculat est significativement supérieur pendant les 30, 31, 32 et 33^{ème} semaines d'âge comparé à celui de la 29^{ème} semaine, soit : 374×10^6 spermatozoïdes pour la semaine 29 contre 648×10^6 en moyenne pour les autres semaines ($p < 0,05$).

Par ailleurs, le nombre de spermatozoïdes par éjaculat n'est pas significativement différent entre la 30^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge, ceci laisse supposer que, dans nos conditions expérimentales, la maturité sexuelle est située à la 30^{ème} semaine d'âge.

Il est à souligner que le volume de l'éjaculat varie dans le même sens que la concentration de spermatozoïdes par éjaculat, en revanche, la concentration des spermatozoïdes par ml ne varie pas significativement (Tableau 17).

Tableau 17 : Détermination de l'âge de la maturité sexuelle du lapin local.

Age en semaines	29 (n= 25)	30 (n= 21)	31 (n= 24)	32 (n= 21)	33 (n= 26)	p
Volume sans gel (ml)	0,57 ^a ±0,06	0,88^b ±0,12	0,81 ^b ±0,08	0,90 ^b ±0,18	0,83 ^b ±0,08	< 0,05
Concentration 10 ⁶ spz/ml	613±98	687 ±93,8	798 ±86,6	752 ±90,8	713 ±69,7	NS
Concentration 10 ⁶ spz /éjaculat	374 ^a ±72,2	697^b ±155,8	685 ^b ±96,3	608 ^b ±101,7	601 ^b ±83,4	< 0,05

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

IV. Déterminisme du poids vif corporel en relation avec l'âge de la puberté et la maturité sexuelle

La figure 37 montre l'évolution hebdomadaire du poids corporel moyen chez des lapins mâles de population locale de la 17^{ème} à la 33^{ème} semaine d'âge. Les données indiquent une variation individuelle du poids vif moyen relativement faible de l'ordre de 9,7%. La courbe d'évolution du poids corporel montre deux principales phases :

- Une première phase de croissance accélérée située entre la 17^{ème} et la 25^{ème} semaine d'âge avec un gain de poids quotidien moyen de 13,9g/j et une variabilité de l'ordre de 9,7% (poids moyen de 2711,2 ± 263,3g).
- Une seconde phase de croissance plus lente située entre la 25^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge avec un gain de poids quotidien moyen de 4,2g/j et un coefficient de variation plus faible de 2,9% (poids moyen de 3213±91,8g).

Cette dernière phase évolue visiblement vers un pallier à partir de la 30^{ème} semaine d'âge ce qui donne une très faible variabilité de l'ordre de 0,4% et un gain de poids quotidien moyen de 1,3g/j entre la 30^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge.

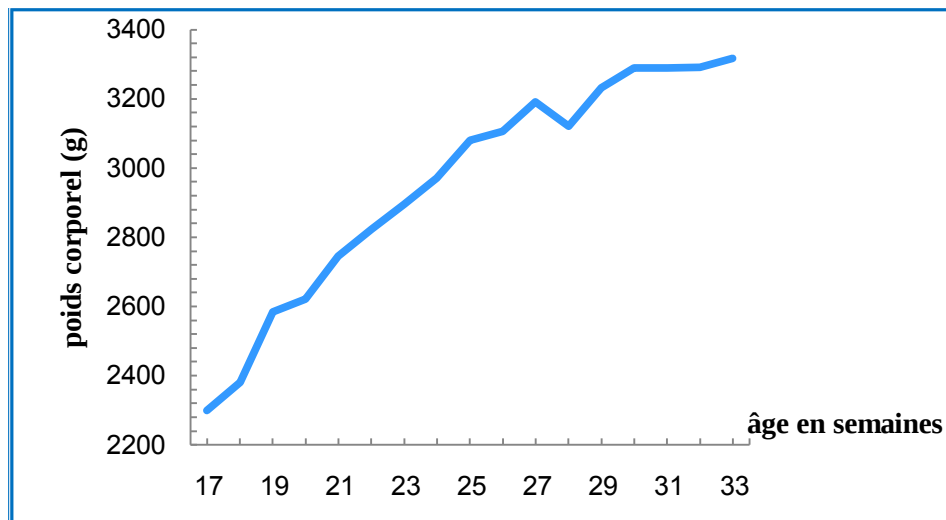


Figure 37: Evolution du poids corporel chez des lapins mâles de population locale de la 17^{ème} à la 33^{ème} semaine d'âge (n=14).

Il est à souligner que le poids moyen à l'âge d'entrée en puberté est de $2624,3 \pm 379,6$ g et il représente en moyenne 79% du poids adulte à la 33^{ème} semaine d'âge (3317,5g). De plus, le poids moyen à la 23^{ème} semaine d'âge ($2895,4 \pm 309$ g) lorsque 100% de l'effectif est pubère et à la 30^{ème} semaine d'âge ($3289,9 \pm 298$ g) lorsque les lapins sont sexuellement matures, représente respectivement 87,3% et 99,2% du poids adulte.

V. Effet de la saison estivale sur la production spermatique

IV.1. Effet de la saison estivale sur la consommation alimentaire et le poids corporel

Durant l'été, la consommation alimentaire moyenne quotidienne (CMQ) est significativement plus faible ($P < 0,001$) par rapport à celle du printemps (96,8 g/j vs 114,8 g/j). De plus, la CMQ est fortement corrélée au THI ($P < 0,001$) avec un coefficient de régression de -1,68 (Tableau 18 et Figure 38).

Tableau 18 : Effet de la saison estivale sur la consommation alimentaire moyenne quotidienne (moyenne $\pm$ écart-type)

	n	Consommation (g/j)	CV	p
Eté	79	96,8 $\pm$ 25,9 ^a	26,8%	<0,001
Printemps	78	114,8 $\pm$ 30 ^b	26,2%	
THI	157	-1,68 $\pm$ 0,47*	-	<0,001**

Les moyennes affectées de lettres différentes sont significatives au seuil de 0,1%.

* : coefficient de régression $\pm$ erreur standard, ** : signification de la régression.

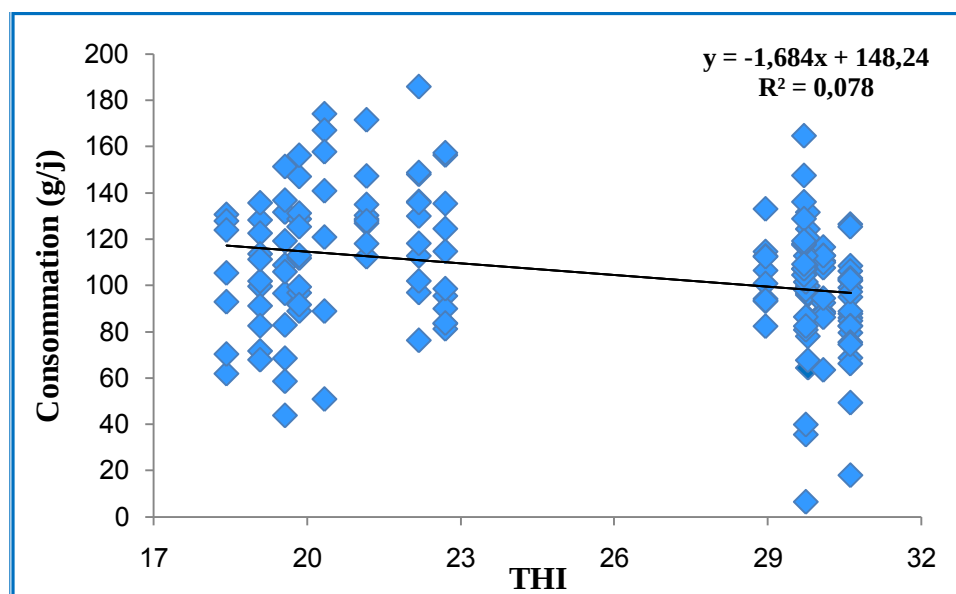


Figure 38 : La corrélation entre la consommation alimentaire moyenne quotidienne et les valeurs de THI.

Par ailleurs, le gain de poids des lapins adultes, mesuré entre la première semaine et la 9^{ème} semaine de collecte est plus élevé au printemps par rapport à l'été (201,8 g vs 179,6 g), mais cette différence reste non significative ($p > 0,05$)

Tableau 19 : Effet de la saison estivale sur le poids corporel des lapins mâles
(moyenne $\pm$ écart-type)

	Eté (n=11)	Printemps (n=11)	p
Poids à la 1^{ère} semaine (g)	3234,4 $\pm$ 242	3151,7 $\pm$ 210	NS
Poids à la 9^{ème} semaine (g)	3414,1 $\pm$ 257	3353,6 $\pm$ 243	NS
Gain de poids (g)	179,6 $\pm$ 86	201,8 $\pm$ 182	NS
Gain de poids (g/j)	2,8 $\pm$ 1,4	3,2 $\pm$ 2,9	NS

IV.2. Effet de la saison estivale sur le taux de récolte utile

Durant l'été, le nombre d'éjaculats collectés sur des mâles adultes est de 203 sur 210 sollicitations. Le taux de réponses positives est de 96,7%. Par contre, les mâles prélevés au printemps répondent positivement à toutes les sollicitations.

La souillure par l'urine représente la seule cause d'élimination des éjaculats chez les lapins prélevés en été, représentant 60% au cours du second éjaculat. Cependant, les causes d'élimination des semences récoltées au printemps sont les souillures par l'urine, qui représente la plus importante part 71%, et les souillures par le sang 29%.

Le taux de récolte utile est plus important au printemps par rapport à l'été (95,9% et 92,6% respectivement). Par contre, les lapins des deux groupes présentent un taux d'éjaculats utiles plus élevés dans le 1^{er} éjaculat que dans le deuxième (94,2% vs 90,9% en été et 96,5% vs 95,4% au printemps), avec toutefois un écart entre les éjaculats plus élevé en été (3,3 %) qu'au printemps (1,1%).

La proportion des éjaculats présentant un gel est plus importante en été qu'au printemps (40,4% et 37,1% respectivement soit un écart de +8,1%) mais cette différence est non significative. Ce type d'éjaculat représente des taux moyens de 63,5% et 12,7% respectivement lors du premier et second éjaculat, soit une diminution de 80% (Tableau 20).

Tableau 20 : Effet des températures estivales sur les réponses aux sollicitations, le taux des éjaculats utiles et présentant un gel.

	Récolte en été (de 18 juillet au 12 septembre)			Récolte au printemps (de 23 mars au 20 mai)		
	<i>1^{er}</i> <i>éjaculat</i>	<i>2^{ème}</i> <i>éjaculat</i>	<i>Total</i>	<i>1^{er}</i> <i>éjaculat</i>	<i>2^{ème}</i> <i>éjaculat</i>	<i>Total</i>
Nombre de sollicitations	105	105	210	87	87	174
Nombre des éjaculats collectés	104	99	203	87	87	174
Réponse aux sollicitations (%)	99,1 ^A	94,3 ^A	96,7 ^a	100 ^A	100 ^A	100 ^a
Nombre des éjaculats éliminés	6	9	15	3	4	7
Causes d'élimination :						
<i>Présence d'urine</i>	6	9	15	3	2	5
<i>Présence du sang</i>	0	0	0	0	2	2
<i>Volume < 0,1ml</i>	0	0	0	0	0	0
Nombre des éjaculats utiles ou analysés	98	90	188	84	83	167
Taux des éjaculats utiles ou analysés (%)	94,2 ^A	91 ^A	92,6 ^a	96,5 ^A	95,4 ^A	96 ^a
Nombre des éjaculats avec gel	65	11	76	51	11	62
Taux des éjaculats avec gel (%)	66,3 ^A	12,2 ^B	40,4 ^a	60,7 ^A	13,2 ^B	37,1 ^a

Les pourcentages affectés de lettres différentes en minuscule sur la même ligne sont significatifs au seuil de 5%.

Les pourcentages affectés de lettres différentes en majuscule sur la même ligne sont significatifs au seuil de 0,1%.

IV.3. Effet de la saison estivale sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence

L'effet de la saison estivale sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence chez les lapins est présenté à travers les résultats regroupés dans les Tableaux 21 et 22.

Des différences notables sont observées entre les données de la majorité des paramètres mesurés chez les lapins récoltés au printemps et en été, à l'exception du pH et de la concentration en spermatozoïdes par millilitre. L'ardeur sexuelle est significativement altérée en été (14,8 vs 7,2 secondes, $p < 0,001$). La couleur, le volume (total et sans gel), la mobilité, la viabilité et la concentration par éjaculat sont significativement améliorés au printemps respectivement de 30% ($p < 0,001$), de 28,6% pour le volume total et 22% pour le volume sans gel ($p < 0,001$), de 25% ($p < 0,001$), 26,7% ($p < 0,001$) et 29% ($p < 0,001$).

L'analyse statistique globale révèle des différences très significatives entre les proportions d'anomalies totales et celles observées au niveau des différentes parties du spermatozoïde, et ce en fonction de la saison de récolte. Des augmentations significatives des cas d'anomalies totales, de la tête, de l'acrosome et du flagelle sont relevées chez les animaux récoltés en été et estimées respectivement à : 18,8%, 42%, 49,2% et 40% ($p < 0,001$). En revanche, des diminutions de l'ordre 59%, 41% et 63,3% ($p < 0,001$) sont mesurées pendant cette même période, respectivement sur les anomalies de la pièce intermédiaire et la présence des gouttelettes cytoplasmiques proximale et distale.

L'étude des corrélations montre un effet significatif entre d'une part le THI et d'autre part la libido, la couleur, le volume (total et sans gel), la mobilité, la viabilité, la concentration en spermatozoïdes par éjaculat et les anomalies des spermatozoïdes ($p < 0,001$). Seules, la libido, les anomalies totales, celles de la tête, de l'acrosome et du flagelle montrent un coefficient de régression positif. Par ailleurs, le pH et la concentration des spermatozoïdes par millilitre ne sont pas corrélés au THI (Tableaux 21 et 22).

Tableau 21 : Effet de la saison estivale sur l'ardeur sexuelle et les caractéristiques de la semence des lapins adultes de population locale (Moyenne $\pm$ erreur standard).

Saison de récolte		Libido (s)	Couleur (0 à 3)	pH	Volume total (ml)	Volume sans gel (ml)	Motilité massale (0 à 9)	Motilité individuelle (0 à 4)	% Spz mobiles	% Spz vivants	Concentration 10 ⁶ spz/ml	Concentration 10 ⁶ spz/éjaculat
	n	377	377	348	354	354	354	354	354	354	354	354
<i>Eté</i>	188	14,8 $\pm$ 1,05 ^a	1,6 $\pm$ 0,05 ^b	7,23 $\pm$ 0,03 ^a	0,97 $\pm$ 0,05 ^b	0,67 $\pm$ 0,03 ^b	5,9 $\pm$ 0,15 ^b	3,37 $\pm$ 0,07 ^b	64 $\pm$ 1,61 ^b	58,6 $\pm$ 1,53 ^b	698,4 $\pm$ 28,6 ^a	441,3 $\pm$ 25,3 ^b
<i>Printemps</i>	166	7,24 $\pm$ 0,22 ^b	2,28 $\pm$ 0,05 ^a	7,3 $\pm$ 0,03 ^a	1,36 $\pm$ 0,08 ^a	0,86 $\pm$ 0,03 ^a	7,68 $\pm$ 0,12 ^a	3,57 $\pm$ 0,06 ^a	85,3 $\pm$ 0,95 ^a	80,0 $\pm$ 0,84 ^a	734,9 $\pm$ 29,7 ^a	621,8 $\pm$ 31,7 ^a
<i>p</i>		<0,001	<0,001	NS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	NS	<0,001
<i>THI*</i>	354	0,76 $\pm$ 0,12	-0,07 $\pm$ 0,01	-0,01 $\pm$ 0,004	-0,04 $\pm$ 0,01	-0,02 $\pm$ 0,004	-0,18 $\pm$ 0,02	-0,02 $\pm$ 0,01	-2,18 $\pm$ 0,2	-2,19 $\pm$ 0,18	-4,52 $\pm$ 4,2	-17,08 $\pm$ 4,09
<i>p**</i>		<0,001	<0,001	NS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,05	<0,001	<0,001	NS	<0,001

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

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

Tableau 22 : Effet de la saison estivale sur les différents types d'anomalies du spermatozoïde chez des lapins adultes de population locale
(Moyenne $\pm$ erreur standard)

Saison de récolte	n	% AT	% AA	%API	%AF	% GP	% GD	% A totales
<i>Eté</i>	188	4,96 $\pm$ 0,16 ^a	2,62 $\pm$ 0,15 ^a	1,25 $\pm$ 0,08 ^b	8,38 $\pm$ 0,39 ^a	0,89 $\pm$ 0,07 ^b	0,48 $\pm$ 0,05 ^b	18,59 $\pm$ 0,50 ^a
<i>Printemps</i>	166	2,87 $\pm$ 0,13 ^b	1,33 $\pm$ 0,08 ^b	3,05 $\pm$ 0,18 ^a	5,02 $\pm$ 0,31 ^b	1,51 $\pm$ 0,11 ^a	1,31 $\pm$ 0,17 ^a	15,08 $\pm$ 0,48 ^b
<i>p</i>		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
<i>THI*</i>	354	0,21 $\pm$ 0,02	0,12 $\pm$ 0,02	-0,19 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,05	-0,07 $\pm$ 0,01	-0,09 $\pm$ 0,02	0,31 $\pm$ 0,07
<i>p **</i>		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

* : Coefficient de régression $\pm$ erreur standard ; ** signification de la régression. Les moyennes affectées de lettres différentes sont significatives au seuil de 5%.

AT : anomalies de la tête ; AA : anomalies de l'acrosome ; API : anomalies de la pièce intermédiaire ; AF : anomalies du flagelle ; GP : présence de la gouttelette proximale ; GD : présence de la gouttelette distale ; A totales : anomalies totales.

Discussion

Aspects méthodologiques

Dans nos conditions expérimentales, les lapins mâles utilisés sont de différents phénotypes, résultant des croisements de la population locale avec d'autres races introduites en Algérie au cours des années soixante-dix (Néo-zélandaise, Californienne, Fauve de Bourgogne) et des souches sélectionnées (Hyla et Hyplus) importées entre 1985 et 1989 (Berchiche et Kadi, 2002 ; Othmani-Mecif et Benazzoug, 2005 ; Djellal et *al.*, 2006).

La première expérience que nous avons menée avait pour but de déterminer l'âge d'entrée en puberté des jeunes mâles selon leur saison de naissance. A cet effet, le nombre de jeunes lapins mis en place concernait 14 nés en été et 11 nés en hiver âgés de 11 semaines. Ces effectifs restent acceptables comparativement au nombre des lapins utilisés par certains auteurs (Amann et Lambiase, 1967 ; Macari et Macharo, 1978 ; Roca et *al.*, 1995a).

Au cours de la seconde expérience, dont l'objectif était de déterminer l'effet des températures estivales sur l'activité sexuelle et les paramètres spermatiques, le nombre de lapins adultes utilisés était de 12 en été et 11 au printemps. Cet effectif dépendait de la disponibilité des lapins âgés entre 10 et 11 mois, au niveau du clapier de l'ENSV ainsi qu'au niveau du marché. Il représente, toutefois, la moyenne des effectifs utilisés dans différents travaux cités dans la bibliographie variant entre 5 et 20 lapins (Theau-Clément et *al.*, 1991 ; Battaglini et *al.*, 1992 ; El-Gaafary, 1994 ; Nizza et *al.*, 2001 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Roca et *al.*, 2005 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a et b ; Safaa et *al.*, 2008).

Les lapins mâles (jeunes et adultes) sont nourris *ad libitum* tout le long de l'expérimentation car le rationnement peut influencer sur la libido et les caractéristiques du sperme selon Luzi et *al.* (1996).

Pour déterminer l'âge de l'entrée en puberté, le contrôle du comportement sexuel a été effectué sur les jeunes mâles à partir de la 11^{ème} semaine d'âge, juste après la séparation des deux sexes. La méthode d'introduction d'une femelle boute-en train, chaque semaine, dans la cage des jeunes lapins est la seule méthode utilisée dans la littérature pour tester le comportement de monte (Macari et Machado, 1978 ; Berger et *al.*, 1982 ; Roca et *al.*, 1995a).

Nous avons également opté pour des mâles adultes de 10 à 11 mois d'âge pour étudier l'effet des températures estivales sur les caractéristiques de la semence. A cet âge, les mâles sont déjà matures et en pleine activité sexuelle. La majorité des travaux rapportés par la littérature ont été réalisés sur des mâles âgés entre 7 et 12 mois (Theau-Clément et *al.*, 1991 ; Battaglini et *al.*, 1992 ; Roca et *al.*, 1993 ; Nizza et *al.*, 2001 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Salcedo-Baca et *al.*, 2004 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a et b ; Safaa et *al.*, 2008).

Les saisons d'été et du printemps ont été choisies pour étudier l'effet de la température ambiante sur la qualité spermatique. Ce choix n'est pas fortuit dans la mesure où, dans notre pays, les températures ambiantes les plus élevées sont enregistrées en été (en moyenne 32°C) correspondant à un stress thermique chronique (Marai et *al.*, 1991), et celles du printemps avoisinent en moyenne à 20°C correspondant à la température de confort thermique du lapin (Finzi, 1990). Le THI d'été est en moyenne de 29,6 avec un pic de 32,8 enregistré durant le mois d'août, indiquant selon Marai et *al.* (2002a), que les lapins ont été soumis à un stress thermique très sévère.

Un autre aspect méthodologique concernant le rythme de récolte mérite d'être relevé. En effet, un rythme extensif de deux éjaculats successifs par jour et par semaine a été utilisé durant toute la période expérimentale. Ce dernier est considéré comme optimal, permettant au lapin mâle d'extérioriser ses capacités productives de semence (Bencheikh, 1995 ; Arroita et *al.*, 2000 ; Nizza et *al.*, 2001 ; Nizza et *al.*, 2003). Les deux éjaculats successifs sont séparés par 10 à 20 mn. Ce temps de séparation varie selon les auteurs de 10 à 30 minutes et il est recommandé pour avoir un deuxième éjaculat de bonne qualité (Arroita et *al.*, 2000 ; Mocé et *al.*, 2000 ; Nizza et *al.*, 2001 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Lavara et *al.*, 2005 ; Theau-Clément, 2009).

Caractérisation de l'activité sexuelle et la production spermatique du lapin local, lors de l'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance

Récolte artificielle du sperme ...

... Une bonne réponse du lapin local !

Dans nos conditions expérimentales, lors de la récolte du sperme, le taux de réponses positives aux sollicitations se situe en moyenne à 99,2% chez les lapins de population locale, révélant une bonne réponse à la récolte artificielle du sperme.

Nos résultats corroborent ceux obtenus par Bencheikh (1995), chez des lapins de souche Hyplus soumis au même rythme de collecte (soit 99,6%). Le taux de sollicitation rapporté par Garcia-Tomas et *al.* (2006a) est estimé à 93,9% chez des lignées dénommées C et R sélectionnées sur la croissance. Par ailleurs, Brun et *al.* (2006) et Nizza et *al.* (2001 et 2003) trouvent des taux de réponses positives moins élevés, avoisinant respectivement 88,5% chez des lignées L et H sélectionnées sur une croissance rapide et 85,1% chez des souches commerciales Hyla.

Au cours de notre expérimentation, sur le nombre total des refus des prélèvements, 67% surviennent lors des trois premières semaines d'entrée en puberté, ce qui est en accord avec les observations de Bencheikh (1995), particulièrement lors du 2^{ème} éjaculat (Garcia-Tomas et *al.*, 2006a).

Le taux des éjaculats utiles est estimé en moyenne à 94,6% chez les mâles de population locale. Des résultats similaires ont été soulignés par Nizza et *al.* (2001 et 2003) avec des taux moyens de 91,5% chez des souches commerciales Hyla. Par ailleurs, Brun et *al.* (2002a) et Bencheikh (1995) rapportent des taux plus faibles de 78,7% chez la souche INRA1601 et 82,9% en moyenne chez la souche commerciale Hyplus et la souche INRA1077. De leur côté, Garcia-Tomas et *al.* (2006a) signalent des taux encore plus faibles que les précédents atteignant 72,2% chez des lignées C et leurs croisements RxC.

Au cours de notre expérimentation, la cause d'élimination la plus importante est la présence d'urine dans le sperme, estimée en moyenne à 4,2%, avoisinant celle annoncée par certains auteurs : 4,7% pour la lignée L ayant un poids faible (Brun et *al.*, 2006) et 4,8% chez le croisement de souches espagnoles CxR (Garcia-Tomas et *al.*, 2006a). Par ailleurs, des taux plus élevés, de l'ordre de 15,5% en moyenne sont rapportés dans d'autres travaux utilisant différents génotypes (Brun et *al.*, 2002 ; Brun et *al.*, 2006 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a).

Nous avons constaté que la production d'éjaculats souillés par l'urine est souvent le fait des mêmes individus. Ainsi, sur l'effectif global, cinq mâles fournissent 78% des semences contaminées et parmi eux un seul mâle totalise 40% de ces éjaculats. Ceci serait lié à l'utilisation du vagin artificiel et probablement à des troubles nerveux selon Bencheikh (1995).

La contamination de la semence par le sang, provenant en général de l'appareil reproducteur (une lésion ou une irritation du pénis ou de l'urètre), est estimée à 1,08%, similaire à celle trouvée dans la littérature (1,6%) (Brun et *al.*, 2006).

Nos résultats révèlent une proportion de 1,08% d'éjaculats de faible volume (<0,1 ml). Il nous a été impossible de le comparer aux données bibliographiques, dans la mesure où le seuil d'élimination envisagé, notamment pour la pratique de l'insémination artificielle, est de <0,4 ml (Brun et *al.*, 2002a ; Brun et *al.*, 2006).

En définitif, les mâles de la population locale semblent s'adapter à la récolte spermatique à l'aide d'un vagin artificiel conçu par nos soins, et qui pourrait être utilisé dans le cadre de l'insémination artificielle.

Le taux d'éjaculats présentant un gel, mesuré dans nos conditions expérimentales, se situe en moyenne à 35,6%. Ce taux est plus élevé par rapport aux valeurs rapportées chez la race Néo-Zélandaise Blanche (27% ; Roca et *al.*, 1993), et les lignées sélectionnées sur la croissance C et R (22,8% ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a).

Par ailleurs, le taux des éjaculats avec gel et le volume de ce dernier sont significativement plus élevés ($p < 0,05$) chez le groupe des lapins nés en hiver par rapport à celui des lapins nés en été. ce résultat pourrait être expliqué par la faible gélatinisation du plasma séminal à cause des températures élevées enregistrées durant les premières semaines de la période de récolte du groupe E (un pic de 33°C) comparé au groupe H (une moyenne de 20°C avec un pic de 23,6°C) (Roca et *al.*, 2005).

D'un autre côté, nos résultats montrent que la proportion des éjaculats avec gel est significativement très élevée ($p < 0,001$) dans le premier éjaculat comparé au second (respectivement en moyenne 62% vs 8,6% soit un écart de 86%) telle que signalée par Holtz et Foote (1978b) et Garcia-Tomas et *al.* (2006a) avec un écart de 72%.

La présence du gel constitue une manipulation supplémentaire lors de l'analyse de la semence avant une insémination artificielle mais dans les conditions naturelles lors d'une saillie naturelle ce gel constitue un bouchon au niveau du vagin de la lapine pour éviter le reflux du sperme après l'accouplement (Alvarino, 1993).

Age d'entrée en puberté du lapin local...

...Différent selon la saison de naissance

Dans notre étude, rappelons que le contrôle de l'âge de l'entrée en puberté a débuté à 11 semaines d'âge juste après la séparation des deux sexes (Berger et *al.*, 1982). Nous avons constaté qu'à partir de la 12^{ème} semaine d'âge, les jeunes lapins montrent un certain nombre de manifestations sexuelles (reniflement de la région ano-génitale de la femelle, agressivité et tentatives de monte) (Skinner, 1967 ; Berger et *al.*, 1982 ; Bell et Mitchell, 1984 ; Roca et *al.*, 1995a). Les tentatives de monte apparaissent à l'âge de 84 jours chez la population locale, cet âge est compris dans l'intervalle, rapporté par différents auteurs, et situé entre 70 et 101 jours (Skinner, 1967 ; Bell et Mitchell, 1984 ; Roca et *al.*, 1995a).

Nos résultats révèlent l'existence d'une différence dans l'âge d'entrée en puberté, correspondant au premier éjaculat, chez les jeunes lapins mâles de population locale 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. La détermination de l'âge d'entrée en puberté en fonction de la saison de naissance a été réalisée par Garcia-Tomas et *al.* (2009b). Ces auteurs ont situé l'entrée en puberté des lapins de deux lignées (Caldes et Prat sélectionnées respectivement sur la croissance et sur la taille de la portée au sevrage), en estimant le pourcentage des tubes séminifères avec présence de lumière, critère utilisé fréquemment comme indicateur de début de la puberté. Il en ressort que les deux lignées entrent en puberté à 14 semaines d'âge pour les lapins nés en hiver et à 16 semaines d'âge pour les lapins nés en été, en accord avec nos résultats. Ces mêmes auteurs expliquent cette différence d'entrée en puberté par la teneur en testostérone plasmatique, qui est faible chez les lapins nés en été par rapport à ceux nés en hiver (respectivement $79,0 \pm 29,5$ ng/dl vs $184,0 \pm 39,7$ ng/dl à 14 semaines d'âge ; $125,6 \pm 35,1$ ng/dl vs $284,9 \pm 55,2$ ng/dl à 16 semaines d'âge) (Garcia-Tomas et *al.*, 2010).

Par ailleurs, une différence de poids vif est retrouvée chez les lapins de population locale en fonction de leur saison de naissance : un écart de 16% est estimé au profit des lapins nés en hiver. En effet, les lapins nés en hiver ont passé une croissance dans des conditions ambiantes favorables (mi-décembre à mars), leur assurant un bon développement corporel. En revanche, ceux nés en été sont soumis à un stress thermique (de juin à septembre), qui a induit une diminution de l'ingéré et par conséquent une altération du poids vif (Marai et *al.*, 2002a).

L'effet de la différence des poids vifs, induite par la saison de naissance, sur l'entrée en puberté du jeune lapin a été également rapporté par Garcia-Tomas et *al.*(2009b). Ces derniers expliquent cette entrée en puberté plus précoce chez les lapins nés en hiver, en plus de l'écart de poids vif estimé à +12,5%, une différence du volume testiculaire (+10%), du volume épидидymaire (+24%) et enfin du nombre de tubes séminifères avec présence de spermatides allongés (+42%).

Par ailleurs, la période d'entrée en puberté des lapins s'étale sur 5 semaines pour les lapins nés en hiver et sur 7 semaines pour ceux qui naissent en été, pour atteindre 100% de l'effectif à la 19^{ème} semaine pour les premiers et à la 23^{ème} pour les seconds. Ceci peut être probablement lié à la variabilité individuelle plus importante chez les lapins nés en été comparativement à celle retrouvée chez les lapins nés en hiver. En effet, Berger et *al.*(1982) signalent une importante variabilité individuelle de la fertilité chez les lapins mâles entre 3 et 6 mois d'âge. Cette même variabilité concerne le poids, le volume du testicule et de l'épididyme, le pourcentage des tubes séminifères avec présence des spermatides allongés et de spermatozoïdes, qui pourraient éventuellement expliquer la variabilité du déclenchement de la spermatogénèse ou de l'entrée en puberté selon les individus (Garcia-Tomas et *al.*, 2009 a).

En dehors de l'effet de la saison de naissance, le début d'entrée en puberté rapporté par différentes études est variable selon l'origine génétique du lapin. Il est situé à 112 ± 11 jours chez la race Dutch-Belted (Bell et Mitchell, 1984), et en moyenne à 130 jours chez la race Néo-zélandaise Blanche (Berger et *al.* 1982 ; Cardoso et *al.*, 2007). Dans nos conditions expérimentales, l'âge d'entrée en puberté du lapin local est estimé en moyenne à 128 jours, ce qui le rapproche de celui de la race Néo-zélandaise Blanche citée précédemment et l'éloigne de l'âge d'entrée en puberté de la souche synthétique IRTA qui est de 112 jours (Roca et *al.*, 1995a).

Par ailleurs, 50% et 100% de l'effectif de lapin local entre en puberté, en moyenne et respectivement à la 17^{ème} et à la 21^{ème} semaine d'âge. L'entrée en puberté du lapin local est toutefois plus précoce que celle des lapins mâles Néo-zélandais Blanc (24^{ème} et 29^{ème} semaine d'âge respectivement pour 50 et 100% de l'effectif) (Macari et Machado, 1978).

Saison de naissance et production spermatique.....

..... variable selon le paramètre étudié !

Chez les jeunes lapins nés en hiver, les éjaculats récoltés lors des deux premières semaines (15^{ème} et 16^{ème} semaine d'âge), se caractérisent par l'absence de spermatozoïdes. En revanche, chez les lapins nés en été, dès la première collecte (correspondant à la 17^{ème} semaine d'âge), les éjaculats présentaient une concentration en spermatozoïdes, un taux de mobilité et de viabilité acceptables. De plus, quelque soit la saison de naissance, les lapins qui commencent leur vie sexuelle tard donnent une semence plus riche en spermatozoïdes dès la première récolte. Ceci peut être lié au fait que les premiers spermatozoïdes ne s'observent dans la lumière des tubes séminifères, en moyenne, qu'à partir de la 15^{ème} semaine d'âge (Berger et *al.*, 1982 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2009 b). Ces derniers n'apparaissent dans l'éjaculat qu'entre 16 et 17 semaines d'âge (Skinner, 1967 ; Bell et Mitchell, 1984 ; Boussit, 1989), après un transit épидидymaire qui dure 8 à 10 jours (Alvarino, 1993). Par contre, les glandes annexes commencent leur sécrétion dès l'âge de 6 semaines, bien avant l'apparition des premiers spermatozoïdes dans l'éjaculat (Skinner, 1967). Nous avons constaté que chez la population locale, l'entrée en puberté retardée donne plus de temps à la fonction testiculaire et épидидymaire de s'installer, et par conséquent une semence de meilleure qualité dès les premiers éjaculats.

Dans nos conditions expérimentales, les lapins nés en hiver présentent une meilleure libido comparativement à celle des lapins nés en été. De même, le volume total et sans gel est plus élevé significativement durant toute la période d'entrée en puberté chez les lapins nés pendant la saison froide. Cette augmentation du volume de l'éjaculat chez les lapins nés en hiver pourrait s'expliquer par une importante sécrétion des glandes annexes stimulées par une teneur en testostérone plus élevée (Skinner, 1967 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2010).

Chez les mâles nés en hiver, le sperme est caractérisé par un pH plus élevé qui pourrait être lié au jeune âge des lapins tel que rapporté par Theau-Clément et *al.* (2009) en étudiant la variation du pH du sperme chez des lapins de différents âges. Par ailleurs, l'analyse statistique ne révèle aucune différence entre la couleur, la production spermatique, la motilité massale et individuelle, le pourcentage de spermatozoïdes vivants et mobiles chez les deux groupes de lapins considérés ($p > 0,05$), suggérant que l'âge et la durée d'entrée en puberté n'affectent pas ces paramètres.

Les spermatozoïdes des lapins nés en hiver semblent présenter un taux d'anomalies totales significativement plus élevé ($p < 0,01$). Ces anomalies concernent, à l'exception des anomalies de la tête, celles de l'acrosome, la pièce intermédiaire et de la gouttelette cytoplasmique distale et proximale. En revanche, le pourcentage des anomalies du flagelle est significativement supérieur chez les lapins nés en été ($p < 0,01$).

Cela pourrait être expliqué par la différence d'âge entre les deux groupes et probablement par l'entrée en puberté plus étalée dans le temps, des mâles nés en été. Par ailleurs, les collectes de sperme des lapins des deux groupes ont été effectués sous des photopériodes différentes (printemps pour les lapins nés en hiver et automne pour ceux nés en été) qui peuvent influencer sur le taux des anomalies des spermatozoïdes tel que rapporté par Roca et *al.* (1995a). Ces derniers montrent que la semence des jeunes lapins élevés sous lumière naturelle présente plus d'anomalies que les jeunes lapins élevés sous une lumière de faible intensité (< 5 lux).

D'une manière générale, les lapins nés en hiver présentent une meilleure libido avec un volume d'éjaculat important mais caractérisé par de nombreuses anomalies qui semblent diminuer avec l'âge, lorsque 100% de l'effectif entre en puberté (à savoir à partir de la 19^{ème} semaine d'âge). En définitif, il serait intéressant de vérifier l'effet de l'entrée précoce et rapide en puberté des jeunes lapins nés en hiver sur la semence au-delà de 19 semaines d'âge.

La 30ème semaine d'âge : Age de la maturité sexuelle du lapin local

Evolution de l'ardeur sexuelle et de la production spermatique chez le lapin local

L'ardeur sexuelle :

Les lapins mâles de la population locale, étudiés entre la 19^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge, montrent une ardeur sexuelle moyenne 10,6 secondes, meilleure que celle des lapins de lignée L et H (sélectionnées sur le poids corporel) et estimée respectivement à 28,3 et 27,5 secondes (Brun et *al.*, 2006).

Par ailleurs, Safaa et *al.* (2008) ont rapporté une libido de 14,5 secondes chez la race Black Baladi et 21,9 secondes chez la race Néo-Zélandaise blanche âgés entre 24 et 36 semaines. Dans notre étude, le temps de réaction enregistré entre la 24^{ème} semaine et la fin de l'expérimentation est réduit de près de 50% comparé à celui de la race égyptienne Black Baladi (7,7 secondes).

A l'âge de huit mois, la libido du lapin local algérien est estimée à 7,9 secondes, meilleure que celles de trois phénotypes de la race égyptienne Baladi (Red : 21 secondes, White : 18 secondes, Black : 22 secondes) indiquées par Khalil (2002b). Par ailleurs, Nizza et *al.* (2003) soulignent que chez des mâles adultes de génotype Hyla (plus de 12 mois d'âge) la libido est de 23,2 secondes.

D'une manière générale, nous pouvons dire que les mâles de la population locale se caractérisent par un temps de réaction plus court par rapport aux différents types de lapin étudiés dans la littérature, entrant ainsi dans l'intervalle de variation (entre 5 et 300 secondes) énoncé par Alvarino (1993). Ce résultat pourrait être du à une caractéristique de la race ou bien à la méthodologie de collecte que nous avons adoptée. En effet, en plus du même préleveur, une même lapine boute-en-train a été utilisée au cours de toute l'expérimentation. Aussi, à chaque collecte, le mâle est déplacé vers une cage destinée pour les prélèvements, constituant probablement une forme de biostimulation à l'image des celle décrite par Lopez et *al.* (1996).

Les caractéristiques quantitatives :

Chez le lapin local, le volume total collecté entre la 24^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge est estimé à 1,2ml, comparable à celui prélevé chez différentes races (Californienne, Néo-Zélandaise Blanche et Chinchilla du Mexique) âgées entre 8 et 12 mois d'âge (1,15 ml) (Salcedo-Baca et *al.*, 2004). Par ailleurs, chez les lapins hybrides, âgés entre 3 et 18 mois, le volume moyen du sperme est de 0,92 ml (Roca et *al.*, 2005).

Le volume sans gel moyen de la semence récolté chez le lapin de population locale, mesuré entre la 19^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge, est similaire à celui des lapins de la lignée L : 0,59 ml vs 0,60ml et supérieur à celui estimé chez la lignée H : 0,59 ml vs 0,46 ml (Brun et *al.*, 2006). La race Néo-Zélandaise Blanche enregistre un volume de 0,49 ml nettement inférieur à celui récolté sur les lapins de population locale au même âge : 0,73 ml (soit un écart de 33%).

En revanche, la race égyptienne Baladi noir et la souche INRA1077 présentent un volume similaire : 0,73 ml vs respectivement 0,7 ml et 0,79 ml (Safaa et *al.*, 2008 ; Bencheikh, 1995).

Dans nos conditions expérimentales, la concentration spermatique par millilitre de semence, récoltée entre 19 et 33 semaines d'âge est de $506,3 \times 10^6$ spermatozoïdes/ml, inférieure à celle trouvée par Brun et *al.* (2006) chez la lignée L (634×10^6 spermatozoïdes/ml) et la lignée H (738×10^6 spermatozoïdes/ml).

Chez la population locale, à partir de la 24^{ème} semaine d'âge et jusqu'à la 33^{ème} semaine d'âge, cette concentration augmente pour atteindre $641,9 \times 10^6$ spermatozoïdes/ml. Pour un âge similaire, Safaa et *al.* (2008) indiquent des concentrations de $703,1 \times 10^6$ spermatozoïdes/ml pour la race Baladi Noire et de 596×10^6 spermatozoïdes/ml pour la race Néo-Zélandaise Blanche. Les souches de l'INRA (1077, 2066 et 2666) et INRA1001 présentent des concentrations moyennes respectives de 413×10^6 et 663×10^6 spermatozoïdes/ml (Theau-Clément et *al.*, 2003 ; Brun et *al.*, 2009 ; Theau-Clément et *al.*, 2009). Garcia-Tomas et *al.* (2006a) ont rapporté des valeurs plus faibles pour les deux lignées C et R ($245,3 \times 10^6$ spermatozoïdes/ml).

Rapporté à l'éjaculat, la concentration en spermatozoïdes dans le sperme du lapin local est de $361,28 \times 10^6$ spermatozoïdes/éjaculat entre la 19^{ème} et la 33^{ème} semaine d'âge, et de $497,67 \times 10^6$ si l'on considère la période entre 24 et 33 semaines d'âge. Ces valeurs semblent se rapprocher de celles rapportées par différentes études et concernant différents génotypes (Brun et *al.*, 2006 ; Bencheikh, 1995 ; Safaa et *al.*, 2008). Toutefois, des concentrations nettement plus faibles, de l'ordre de 243×10^6 spermatozoïdes/éjaculat, sont révélées chez des différentes souches sélectionnées par l'INRA (1077, 2066, 2666 et 1001) (Theau-Clément et *al.*, 2003 ; Brun et *al.*, 2009).

Ces différences de volume et de concentration spermatique semblent être liées à l'origine génétique du lapin et au programme de sélection auquel il serait soumis.

Les caractéristiques qualitatives :

Le pH de la semence récoltée à partir des mâles de population locale, âgés entre 19 et 33 semaines, est en moyenne de 7,13, similaire de celui mesuré chez la lignée L et H de lapin à (Brun et *al.*, 2006).

Une grande variabilité du pH du sperme est révélée par les données de la littérature, entre les différentes souches et races étudiées (de 6,94 à 7,63) (Garcia-Tomas et *al.*, 2006a ; Brun et *al.*, 2002a ; Brun et *al.*, 2009).

Des travaux sur la semence des lapins de race Californienne, Néo-Zélandaise et Chinchilla âgés de 10 mois, affectent une note moyenne de 2,03 à la couleur du sperme (Salcedo-Baca et *al.*, 2004). Cette dernière est un peu moins opaque que celle du lapin local algérien (une moyenne de 2,3 au dernier mois de l'essai), en relation avec la concentration en spermatozoïdes plus élevée (Roca et *al.*, 1993).

Les spermatozoïdes dans la semence du lapin de population locale se caractérisent par une motilité massale inférieure à celle mesurée chez les lapins de différentes origines (soit un écart de 21%) (Bencheikh, 1995 ; Theau-Clément et *al.*, 2003 ; Brun et *al.*, 2006 et 2009). En revanche, la motilité individuelle des spermatozoïdes du sperme de la population locale est tantôt supérieure tantôt plus faible que celles rapportées par les données bibliographiques et ce en fonction de l'origine génétique du lapin (Bencheikh, 1995 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a).

Le taux de la mobilité des spermatozoïdes, chez le lapin local est plus faible (64,2%) que celui rapporté par Brun et *al.* (2006), utilisant des mâles de lignées sélectionnées sur la croissance (76%). Toutefois, la mobilité des spermatozoïdes, mesuré chez le lapin local à un âge plus avancé (entre 24 et 33 semaines), augmente à 74,8%, dépassant celles observées à ce même âge, par plusieurs auteurs (Safaa et *al.*, 2008 ; Theau-Clément et *al.*, 2009). La mobilité des spermatozoïdes semble s'améliorer avec l'âge (Salcedo-Baca et *al.*, 2004).

Il est important de souligner que les méthodes utilisées par ces différentes études sont basées sur l'observation et le comptage, qui probablement sont la source de la variabilité des résultats Cabannes (2008), et qui pourraient être estompées par l'utilisation des méthodes d'analyse assistées par ordinateur. Chez le lapin, des travaux indiquent qu'une bonne motilité massale des spermatozoïdes améliore le taux de gestation (Brun et *al.*, 2002b ; Farrell et *al.*, 1993 cités par García-Tomás et *al.*, 2006b).

Par ailleurs, la viabilité des spermatozoïdes du sperme du lapin de population locale est faible comparativement à celle rapportée par différentes études (Bencheikh, 1995 ; Khalil, 2002 ; Salcedo-Baca et *al.*, 2004 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a ; Safaa et *al.*, 2008), liée probablement à l'utilisation des différentes méthodes d'estimation.

Les anomalies des spermatozoïdes :

A âge équivalent, les anomalies totales observées chez les spermatozoïdes sont en proportion équivalentes à celles rencontrées chez la race Néo-Zélandaise Blanche en moyenne 24,3% (Cardoso et Bao, 2007). Toutefois, ce taux d'anomalies totales diminue avec l'âge de l'animal, atteignant 16,8% chez le lapin local âgé entre 24 et 33 semaines d'âge, et se rapproche beaucoup plus de la valeur minimale rapportée par la littérature (entre 11,6 et 30,5%) (Khalil, 2002b ; Safaa et *al.*, 2008 ; Garcia-Tomas et *al.*, 2006a).

Les proportions des anomalies spécifiques à chaque partie du spermatozoïde sont variables. Celles présentant le taux le plus élevé concernent les anomalies du flagelle (37% des anomalies totales), suivi du taux des anomalies de la tête (22% des anomalies totales) et enfin les anomalies liées à la pièce intermédiaire, l'acrosome et la présence de la gouttelette proximale et distale (en moyenne 10% des anomalies totales pour chaque type d'anomalie). Nos résultats corroborent avec ceux rapportés par Garcia-Tomas et *al.* (2006a) mesurées sur des lignées sélectionnées sur la croissance, à l'exception des proportions des anomalies de la tête et de l'acrosome, respectivement plus faibles de l'ordre de 0,55% et plus élevée de l'ordre de 13,8%, que celles mesurées dans nos conditions expérimentales. L'importante proportion des anomalies de l'acrosome a été également soulignée par Roca et *al.* (2005). Cette variabilité des données entre nos résultats et ceux de la bibliographie peuvent s'expliquer par l'origine des animaux, et également par la différence dans les méthodes de classification et des outils utilisés dans l'identification des anomalies. Ainsi, l'utilisation d'un microscope à contraste de phase dans les travaux consultés, peut déceler clairement les anomalies, induisant une classification différente de ces dernières.

L'intégrité de l'acrosome, important critère d'évaluation de la fertilité des mâles, est corrélé négativement ($r = - 0,55$) avec la fertilité (Courtens et *al.*, 1994 cités par Castellini, 1996). De même, un taux important d'anomalies des spermatozoïdes diminue le taux de gestation (Lavara et *al.*, 2005 cités par García-Tomás et *al.*, 2006b).

L'analyse des courbes de l'évolution des différents paramètres quantitatifs et qualitatifs de la semence du lapin local, montre un point d'inflexion situé en moyenne à la 25^{ème} semaine d'âge. Ceci laisse suggérer que les lapins mâles de la population locale commencent leur vie reproductive à partir de cet d'âge, garantissant une meilleure fertilité.

En accord avec nos résultats, Boussit (1989) et Quiles et Hevia (2000) recommandent l'utilisation des lapins entre 21 et 25 semaines d'âge, avec toutefois un rythme d'utilisation non intensif jusqu'à l'âge de la maturité sexuelle (Garcia-Tomas et *al.*, 2009b).

Age de la maturité sexuelle du lapin local ...

... 30ème semaine d'âge !

Dans nos conditions expérimentales, l'âge de la maturité sexuelle, définie par le moment où le nombre de spermatozoïdes récoltés par jour n'augmente plus (Amann et Lambiase, 1967) est de 30 semaines chez les mâles de la population locale. Cet âge a été révélé par l'analyse statistique de la concentration par ml et par éjaculat, des semences récoltées entre la 29^{ème} semaine et la 33^{ème} semaine d'âge. Il ressort que la concentration en spermatozoïdes par éjaculat est significativement différente entre la 29^{ème} et la 30^{ème} semaine d'âge (respectivement : 374×10^6 vs 697×10^6 ; $p < 0,05$). Entre 30 et 33 semaines d'âge, l'analyse statistique ne révèle aucune différence significative de ce même paramètre entre les semaines.

Cet âge se rapproche de celui de la race Néo-Zélandaise Blanche, situé entre 30 et 32 semaines selon Amann et Lambiase (1967) et Lebas (2009). Aussi, les travaux de Garcia-Tomas et *al.* (2009 b) montrent que la maturité sexuelle des lignées de lapins Caldes et Part, déterminée à partir des coupes histologiques des testicules, est atteinte entre 28 et 30 semaines d'âge. En effet, à cet d'âge, le poids des testicules et le pourcentage des tubes séminifères avec présence de spermatozoïdes présentent des valeurs optimales (3,1g et 48% vs 2,8g et 44% à la 25^{ème} semaine d'âge).

Poids corporel du lapin local...

... facteur déterminant de l'entrée en puberté et de la maturité sexuelle !

Nos résultats montrent que le poids moyen à l'âge d'entrée en puberté chez des lapins mâles de population locale représente 79% du poids adulte à 33 semaines d'âge (3317,5g) et que le poids moyen à la 23^{ème} semaine d'âge lorsque 100% de l'effectif est pubère représente 87,3% du poids adulte. De plus, le point de début du plateau de la courbe de croissance situé à 30 semaines d'âge, coïncide avec l'âge de la maturité sexuelle avec un poids corporel qui représente 99,2% du poids adulte.

Rodriguez et *al.* (2003 cités par Zamora, 2009) signalent que la puberté chez le lapin est atteinte en général quand il parvient à 70% du poids adulte. Cependant, il est souvent préférable d'attendre que les mâles atteignent 80% de ce poids pour les mettre en reproduction (Egea de Prado, 1993 ; Quiles et Hevia, 2001). Ces mêmes observations ont été signalées par Hulot et *al.* (1982) chez les lapines où le poids à la puberté représente 70 à 75% du poids adulte. Par ailleurs, ces poids relatifs ne doivent cependant pas être considérés comme des seuils impératifs pour chaque individu, mais des limites valables pour la moyenne de la population (Lebas, 2009).

Effet de la saison estivale sur l'activité sexuelle et la production spermatique du lapin local

La consommation alimentaire et le poids corporel

Dans nos conditions expérimentales, la consommation alimentaire diminue de 15,7% en été par rapport au printemps et est corrélée négativement avec l'augmentation de THI. Nos résultats corroborent ceux obtenus par Marai et *al.* (2002b et 2005) en Egypte, qui estiment cette même diminution chez des lapins Californiens et Néo-Zélandais Blancs à -25,4% en moyenne (85,9 g vs 115,2 g en moyenne). 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.*, 2002a). Habeeb et *al.* (1993) ont rapporté qu'à 35°C, la prise alimentaire chez des lapins de race Californienne diminue de 28,3% pendant la première semaine de stress thermique et de 16,7% de la 4^{ème} à la 7^{ème} semaine.

La diminution de la consommation alimentaire est une conséquence de l'exposition du lapin aux températures ambiantes élevées. Ce phénomène est lié à la stimulation des thermorécepteurs périphériques par la température ambiante. Ces récepteurs transmettent l'influx nerveux suppressif au centre de l'appétit dans l'hypothalamus entraînant la diminution de la consommation alimentaire, et par conséquent moins de substrats disponibles pour les activités enzymatiques, la synthèse des hormones et la production de la chaleur (Marai et *al.*, 2002a).

La réduction de l'ingéré alimentaire induite par l'exposition du lapin à un stress thermique chronique entraîne une diminution du gain de poids chez les jeunes lapins en croissance, âgés entre 5 et 13 semaines d'âge, selon Marai et *al.* (2005). En revanche, nos résultats montrent que cet effet ne semble pas influencer le poids des lapins adultes de population locale.

L'activité sexuelle et la production spermatique...

Taux de récolte utile...

... détériorée en saison estivale !

Le taux de réponses positives aux sollicitations mesurés sur les lapins de population locale au printemps est plus élevé qu'en été. Toutefois, l'écart enregistré entre les deux saisons (3,3%) n'est pas significatif. L'effet négatif de la saison estivale sur le taux de réponses positives aux sollicitations a été également souligné par Nizza et *al.* (2003), sur des souches commerciales Hyla, avec un écart plus important (10,6%) comparé à celui enregistré dans nos conditions expérimentales. Néanmoins, le taux de réponses positives aux sollicitations pendant la période estivale, enregistré dans nos conditions ambiantes est meilleur comparativement à celui obtenu par ces mêmes auteurs (96,7% vs 73,26%), bien que la température ambiante était inférieure à celle relevée dans les travaux de Nizza et *al.* (2003) (34,2°C vs 28,8°C, températures diurnes maximales).

Ceci suggère une meilleure réponse aux sollicitations du lapin local soumis au stress thermique chronique comparativement aux souches commerciales. L'effet de la saison sur le taux des éjaculats utiles est quasi similaire à celui du paramètre précédent, rejoignant ainsi les conclusions de Nizza et *al.* (2003).

Il est intéressant de souligner, que dans nos conditions expérimentales, la souillure par l'urine était la cause majeure d'élimination des éjaculats. Toutefois, le taux d'élimination des éjaculats souillés avec l'urine augmente en été (+63%), en relation avec l'élévation du THI tel que rapporté par Garcia-Tomas et *al.* (2008). Par ailleurs, le taux des éjaculats présentant un gel ne diffère pas significativement entre les deux saisons mais ce gel présente un volume significativement plus faible en été ceci est en adéquation avec les résultats de Roca et *al.* (2005).

L'ardeur sexuelle :

Nos résultats montrent un effet négatif significatif de la saison d'été sur la libido ($p < 0,001$). Ce résultat est largement confirmé par d'autres travaux utilisant différents types de lapin sous des conditions ambiantes estivales variables (Marai et *al.*, 1991 ; Marai et *al.*, 2002a ; Alvarino, 2000 ; Nizza et *al.*, 2003 ; Safaa et *al.*, 2008). Cet effet dépresseur de la température estivale pourrait être due à une diminution de la concentration de la testostérone observée lors des températures ambiantes élevées (Boiti et *al.*, 1992 ; El Masry et *al.*, 1994). Toutefois, sous les conditions estivales sévères, la libido enregistrée chez le lapin local reste meilleure que celle obtenue chez d'autres types de lapin (Nizza et *al.*, 2003 ; Safaa et *al.*, 2008), mettant encore une fois en exergue un meilleur comportement sexuel de cette population.

Les caractères quantitatifs :

Dans nos conditions expérimentales, le volume total et sans gel sont détériorés chez les lapins élevés en été, en accord avec les résultats rapportés par (Marai et *al.* 2002a ; Safaa et *al.*, 2008 ; Théau-Clément et *al.*, 2009). En revanche, d'autres données ne rapportent pas d'effet de la période estivale sur ces paramètres (Virag et *al.*, 1992 ; Garcí-Tomas et *al.*, 2006a). Par ailleurs, Nizza et *al.* (2003) indiquent que le volume de la semence est plus important en été (0,6 ml) qu'en hiver (0,55 ml), et Roca et *al.* (2005) signalent que seul le volume sans gel est influencé significativement par la saison estivale. La diminution du volume, sous l'effet des températures ambiantes estivales caractérisées par des THI élevés, est liée probablement à celle du plasma séminal induite par une hypoactivité des glandes annexes, elle-même reliée à une faible concentration de la testostérone (El Masry et *al.*, 1994).

Dans nos conditions expérimentales, et en accord avec les résultats de Roca et *al.* (2005), la saison estivale n'affecte pas la concentration en spermatozoïdes de la semence exprimée en millilitre, par contre rapportée à l'éjaculat celle-ci diminue significativement ($p < 0,001$). Ceci est en relation avec la diminution du volume observé lors de la même période. L'absence d'effet des conditions estivales sur la concentration en spermatozoïdes exprimée en millilitre, pourrait s'expliquer par un effet dépressif retardé des THI élevés sur ce paramètre, et qui apparaîtrait plus tard selon Roca et *al.* (2005), au-delà de la limite de la durée de notre expérimentation.

Par ailleurs, l'effet négatif de la saison chaude sur le nombre de spermatozoïdes produits par ml et par éjaculat rapporté par plusieurs auteurs (Marai et *al.*, 2002 ; Battaglini et *al.*, 1992 ; Safaa et *al.*, 2008 ; Theau-Clément et *al.*, 2009), serait lié à la dégénérescence de l'épithélium germinale et à l'atrophie partielle des tubes séminifères (Marai et *al.*, 1991). Par ailleurs, El Sherry et *al.* (1980) et El Masry et *al.* (1994) montrent une diminution des hormones gonadotropes et des androgènes chez les lapins soumis aux températures estivales, pouvant altérer le nombre des cellules germinales produites au cours de la spermatogénèse, sachant que cette dernière est sous contrôle de ces hormones (Alvarino, 2000).

Les caractères qualitatifs :

La couleur est un indicateur de la qualité du sperme (Boussit, 1989 ; Alvarino, 1993). Les travaux de Roca et *al.* (1993) montrent une corrélation positive entre la couleur et la concentration spermatique. En été, la diminution de la note attribuée à la couleur du sperme indique une dépréciation de la concentration spermatique et une augmentation du nombre des éjaculats souillés par l'urine, observée chez le lapin local.

En revanche, le pH spermatique n'est pas influencé par les conditions ambiantes (Nizza et *al.*, 2003 ; Theau-Clément et *al.*, 2009).

Dans nos conditions expérimentales, la mobilité des spermatozoïdes diminue significativement en été ($p < 0,05$), en accord avec les résultats cités par différents auteurs (Battaglini et *al.*, 1992 ; Roca et *al.*, 2005 ; Safaa et *al.*, 2008 ; Théau-Clément et *al.*, 2009), contrairement à Virag et *al.* (1992) et Nizza et *al.* (2003) qui ne trouvent pas d'effet de la saison sur la motilité spermatique. Ces variations saisonnières de la mobilité spermatique pourraient être dues aux changements dans la concentration des éjaculats car celle-ci est positivement corrélée à la mobilité des spermatozoïdes (Roca et *al.*, 1993) et probablement à une augmentation des anomalies surtout celles du flagelle associés à la température élevée en l'été (Finzi et *al.*, 1995).

De même, durant la saison chaude, la viabilité des spermatozoïdes contenus dans le sperme récolté chez le lapin local est altérée (-26,7%), en accord avec les résultats rapportés par la littérature (Marai et *al.*, 2002a ; Safaa et *al.*, 2008).

L'augmentation du taux de spermatozoïdes morts pourrait s'expliquer par la dépréciation de la fonction épидидymaire contrôlée par la testostérone, elle-même affectée par la chaleur estivale (Marai et *al.*, 2002a). Aussi, l'altération de la viabilité induite par la température ambiante estivale serait probablement liée, selon Kasa et Thwaites (1992), à l'accroissement de la température rectale, et particulièrement scrotale qui augmente de 37,5°C à 38,1°C au bout d'une heure de temps, chez le lapin soumis à une température ambiante de 34°C. Il est à souligner, qu'en période estivale, la température rectale du lapin local augmente de 0,5°C par rapport à celle relevée chez le même lapin durant la période d'automne (Mahmoudi et Haradj, 2010).

L'effet néfaste des températures ambiantes estivales sur la mobilité et la viabilité des spermatozoïdes pourraient être expliqué par les variations des teneurs du plasma séminal en protéines totales, en albumine, en lipides, en fructose, en calcium et en phosphore (El Foully et *al.*, 1987 ; El Masry et *al.*, 1994 ; Marai et *al.*, 2002b).

Les anomalies des spermatozoïdes:

Notre étude révèle un effet très significatif des températures ambiantes estivales sur le taux des anomalies totales observées sur les spermatozoïdes soit de 18,9% ($p < 0,001$). Cet effet est cependant variable selon le type d'anomalie considérée. Ainsi, les proportions des anomalies de la tête, de l'acrosome et du flagelle sont plus élevées en été (écarts respectifs de +42%, + 49,2% et +40%). Nos résultats corroborent avec ceux rapportés par plusieurs auteurs qui soulignent l'effet des températures estivales sur la qualité morphologique des spermatozoïdes, et ce quelque soit le type de stress auquel les lapins sont soumis (Safaa et *al.*, 2008 ; Kasa et Thwaites, 1992 ; Finzi et *al.*, 1995).

En revanche, au cours des 9 semaines d'expérimentation, nos résultats montrent que les anomalies de la pièce intermédiaire, des spermatozoïdes avec présence de gouttelette cytoplasmique proximale et distale ne sont pas affectées par la chaleur ambiante. L'absence de l'effet des températures estivales sur le taux de spermatozoïdes présentant des gouttelettes cytoplasmiques (proximale et distale) rejoint en partie les résultats de Finzi et *al.* (1995). En effet, chez le lapin exposé au stress thermique pendant 9 semaines, ces auteurs soulignent une diminution significative du taux de spermatozoïdes présentant des gouttelettes cytoplasmiques (proximale et distale) de la 1^{ère} à la 5^{ème} semaine de stress, relayée par une

augmentation de ce même paramètre qui devient significatif à la 9^{ème} semaine d'exposition. Cet effet retardé du stress thermique sur le taux de spermatozoïdes présentant des gouttelettes cytoplasmiques est également rapporté par Roca et *al.* (2005).

Marai et *al.* (1991) attribue l'augmentation du pourcentage des anomalies des spermatozoïdes chez le lapin soumis aux températures estivales, à des défauts de la fonction de la spermatogenèse, particulièrement aux derniers stades, durant lesquels s'effectue la différenciation des spermatides en spermatozoïdes.

Cependant, certains auteurs n'indiquent aucun effet de la saison ni sur le pourcentage des anomalies totales ni sur le taux d'intégrité de l'acrosome (Virag et *al.*, 1992 ; El Masry et *al.*, 1994 ; Nizza *al.*, 2003 ; Roca et *al.*, 2005).

Pour mieux apprécier l'effet dépressif de l'exposition du lapin aux températures estivales sur la qualité spermatique, nous avons regroupé les résultats (en termes d'écart) publiés dans la littérature, en comparaison aux résultats obtenus dans notre étude (Tableau 23). Il en ressort une amplitude variable de l'effet de la chaleur ambiante sur la libido et les caractéristiques qualitatives et quantitatives de la qualité spermatique du lapin, en relation avec l'origine de l'animal, et la variabilité des conditions ambiantes auquel il est soumis.

Tableau 23 : Ecart entre les paramètres biologiques de la semence mesurés en été et ceux mesurés au printemps ou en hiver (synthèse bibliographique et nos données).

	Ecart (nos résultats)	Ecart (références)	Références
Libido (s)	+51,2%	+6,7%	Nizza et al. (2003)
		+26,3%	Safaa et al. (2008)
pH	-0,9%	-1,4%	Marai et al. (2002b)
		-0,6%	Theau-Clément et al. (2009)
Couleur (0 à 3)	-29,8%	-19,1%	Roca et al. (1993)
Volume (ml)	-22,1%	+12,5%	El-Masry et al. (1994)
		-19,7%	Marai et al. (2002b)
		+6,2%	Roca et al. (2005)
		-25%	Safaa et al. (2008)
		-23,2%	Theau-Clément et al. (2009)
Concentration (10⁶ spz /ml)	-5%	-25,8%	El-Masry et al. (1994)
		-40%	Marai et al. (2002b)
		-5,7%	Roca et al. (2005)
		-15,5%	Safaa et al. (2008)
		-25%	Theau-Clément et al. (2009)
Concentration (10⁶ spz /éjaculat)	-29%	-50%	Marai et al. (2002b)
		+1,6%	Roca et al. (2005)
		-36%	Safaa et al. (2008)
		-27,7%	Theau-Clément et al. (2009)
Motilité	-23,2% (0 à 9)	-10,6% (0 à 9)	Roca et al. (1993)
	-5,6% (0 à 4)	-4,3% (0 à 4)	Theau-Clément et al. (2009)
Mobilité (%)	-24,9%	-27,5%	El-Masry et al. (1994)
		-4,3%	Marai et al. (2002b)
		-5,6%	Roca et al. (2005)
		-16%	Safaa et al. (2008)
		-13,7%	Theau-Clément et al. (2009)
Viabilité (%)	-26,8%	-2,8%	El-Masry et al. (1994)
		-20%	Daader et al. (1997) cités par Marai et al. (2002a)
		-3,8%	Safaa et al. (2008)
Anomalies (%)	+18,9%	+5,9%	El-Masry et al. (1994)
		+9,1%	Marai et al. (2002b)
		+16,1%	Roca et al. (2005)
		+22,8%	Safaa et al. (2008)

Conclusion

Le lapin mâle joue un rôle très important dans la réussite et dans la rentabilité d'un élevage cunicole car il influence la fertilité et la prolificité d'environ 8 à 11 lapines lorsqu'on pratique une saillie naturelle (Roca, 1994 ; Osechas et Becerra, 2006) et 100 lapines lorsqu'on pratique une insémination artificielle (Eid, 2008). Dans cette étude, qui reste la **première à être menée en Algérie** sur l'étude de la semence du lapin local, nous avons principalement pu **maitriser la technique de récolte de la semence chez le lapin** par un vagin artificiel conçu par nos soins et **acquérir une expérience dans l'évaluation de la qualité de cette semence**.

Dans la première expérience, nous avons déterminé l'âge d'entrée en puberté et les caractéristiques de la semence durant cette période en fonction de la saison de naissance. Dans la deuxième expérience, nous avons également pu déterminer l'âge de la maturité sexuelle par l'étude de l'évolution des caractéristiques de la semence dès l'entrée en puberté et jusqu'à la 33^{ème} semaine d'âge. Dans la dernière expérience, nous avons étudié l'effet des températures estivales élevées sur l'activité sexuelle et la production de la semence chez des mâles adultes de population locale.

A l'issue des résultats de ces essais, nous pouvons conclure que :

- Les mâles de population locale montrent une très bonne réponse aux sollicitations et un très bon taux de récoltes utiles par rapport aux données rencontrées dans littérature.
- L'âge d'entrée en puberté chez le lapin local varie en fonction de la saison de naissance, il est situé entre la 15^{ème} et la 19^{ème} semaine chez le groupe de lapins nés en hiver et entre la 17^{ème} et la 23^{ème} semaine chez le groupe né en été.
- Le poids des lapins nés en hiver et des lapins nés en été ne diffère pas significativement à la première semaine d'entrée en puberté (respectivement 2436g et 2300g) et la dernière semaine où 100% de l'effectif est pubère (respectivement 3043g et 2895g) malgré la différence d'âge entre les deux groupes. Cela laisse suggérer que la puberté chez le lapin est liée plus au poids vif corporel qu'à l'âge.
- L'entrée précoce et rapide en puberté des jeunes lapins nés en hiver par rapport à ceux nés en été n'a pas d'effet négatif sur la majorité des caractéristiques de la semence excepté le taux d'anomalies qui est plus élevé chez les lapins nés en hiver. Toutefois, ces anomalies diminuent rapidement avec l'âge de l'animal.

- Dans nos conditions expérimentales, les mâles de population locale atteignent leur maturité sexuelle à l'âge de 30 semaines et à partir de cet âge les lapins peuvent être utilisés selon un rythme intensif pour les saillies naturelles et pour la récolte spermatique lors d'une insémination artificielle.
- D'une manière générale, les lapins mâles de population locale rentrent en puberté lorsqu'ils atteignent 79% de leur poids adulte et ils arrivent à l'âge de la maturité sexuelle lorsqu'ils présentent un poids très proche du poids adulte (99,2%).
- Le stress thermique chronique auxquels les lapins ont été soumis en été a altéré la consommation alimentaire et la majorité des paramètres spermatiques mesurés, excepté le pH et la concentration en spermatozoïdes par millilitre. Toutefois, l'effet du stress thermique sur le volume, la mobilité des spermatozoïdes et le taux de spermatozoïdes normaux et vivants est tantôt plus élevé, tantôt plus faible par rapport aux données rencontrées dans la littérature toute race et souche confondues. Cependant, les mâles de notre population locale montrent un faible taux de spermatozoïdes vivants sous un stress thermique chronique.

Les conclusions auxquelles nous avons abouti, nous amènent à l'identification de plusieurs axes de recherche. Il serait ainsi intéressant d'ouvrir des voies de recherches notamment dans :

- L'âge de la maturité sexuelle et les caractéristiques de la semence en fonction de la saison de naissance.
- L'étude de déterminisme du poids vif corporel en relation avec l'âge de la puberté et la maturité sexuelle sur un grand effectif des mâles.
- La relation entre le poids corporel, les modifications endocrinienne et la fonction de reproduction chez le lapin mâle de population locale.
- La détermination de la durée de l'activité sexuelle d'un lapin mâle local.
- L'étude de l'effet de la photopériode sur les caractéristiques spermatiques.

- L'étude de l'effet du rythme de collecte de la semence sur le nombre des spermatozoïdes recueillis par éjaculat et par unité de temps ainsi que leur qualité *in vitro*.
- L'étude de la relation entre les caractéristiques spermatiques et la fertilité des mâles en saillies naturelle et en insémination artificielle.
- La recherche de nouvelles méthodes plus objectives et moins coûteuses pour une meilleure évaluation de la qualité spermatique.
- L'application des méthodes de cryoconservation sur la semence et les embryons de lapins de population locale dans le but de conserver la diversité biologique.

Références

Bibliographiques

A

Abdel-Ghaffar A.E., El-Azab A.I., El-Dawy K.H., 1994. Rabbit semen metabolism. *Options Méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, N° 8, p. 305-312.

Afifi E.A., 2002. The Gabali Rabbits (Egypt). *Options Méditerranéennes, Série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 55-64.

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

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

Amann R.P., Lambiase J.T., 1967. The male rabbit. I. Changes in semen characteristics and sperm output between puberty and one year of age. *J. Reprod. Fert.*, 14 : 329-332.

Amann R.P., Lambiase J.T., 1969. The male rabbit. III. Determination of daily sperm production by means of testicular homogenates. *J. Anim. Sci.*, 28 : 369-374.

Amorim E.A.M., Torres C.A.A., Graham J.K., Amorim L.S., Santos L.V.L., 2009. The hypoosmotic swelling test in fresh rabbit spermatozoa (Short communication). *Animal Reproduction Science*, 111 : 338-343.

Arencibia Arrebola D.F., Rosario Fernandez L.A., 2009. Consideraciones practicas acerca de la calidad del semen de Conejos aplicado en estiduos de toxicologia de la fertilidad. *REDVET Revista Electronica Veterinaria* , 8 (10) : 1-18.
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080809/080910.pdf>

Arroita Z., Falceto M.V., Martin Rillo S., De Alba C., Moreno C., Ciudad M.J., Rafel O., 2000. Effect of collection frequency on production, quality and storage of young bucks semen. 7th World Rabbit Congress, 4-7 Juillet, Valencia (Spain), 6 p.

B

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

Barkok A., Jaouzi T., 2002. [The Zemmouri Rabbits \(Morocco\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 179-185.

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

Baselga M., 2002a. [Line A \(Spain\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 225-230.

Baselga M., 2002b. [Line V \(Spain\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 235-241.

Baselga M., 2002c. [Line H \(Spain\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 247-251.

Baselga M., 2002d. [Line R \(Spain\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 257-262.

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

Bedford J.M., 1963. Morphological changes in rabbit spermatozoa during passage through the epididymis. *J. Reprod. Fertil.*, 5 : 169-177.

Belabbas R., 2009. Etude des principales composantes biologiques de la prolificité et facteurs de variation du poids fœtal chez la lapine de population locale (*Oryctolagus cuniculus*). Mémoire de Magistère en Science Vétérinaire, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire (El Harrach - Alger), 93 p.

Belhadi S., 2004. Characterization of local rabbit performance. *8th World Rabbit Congress*, Puebla (Mexico), Septembre 2004, p. 218-223.

Bell D.j., Mitchell S., 1984. Effects of female urine on growth and sexual maturation in male rabbits. *J. Reprod. Fert.*, 17 : 155-160.

Berchiche, 1985. Valorisation des protéines de la féverole par le lapin en croissance. Thèse de Doctorat. INP de Toulouse, 163 p.

Berchiche M. Kadi S.A., Lounaouci G., 2000. Elevage rationnel de lapin de population locale : alimentation, croissance et rendement à l'abattage. 3^{ème} journées de recherche sur les productions animales «conduite et performances d'élevage», 13, 14 et 15 Novembre 2000, p. 293-298.

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 C.I., 1982. La maturation sexuelle du lapin mâle. 3^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 8 et 9 décembre 1982, Paris, p. 1-11.

Besenfelder U., Theau-Clément M., Sabbioni E., Castellini C., Renieri T., Havlicek V., Huber T., Wetscher F., Mösslacher G., Brem G., 2004. Effects of different light intensities on quality of spermatozoa in rabbits. *World Rabbit Science*, 12 : 227-234.

Bodnar K., Torok I., Hejel P., Bodnar E., 1996. Preliminary study on the effect of ejaculation frequency on some characteristics of rabbit semen. 6th *World Rabbit Congress*, Toulouse (France), 2 : 41-44.

Boiti C., Chiericato G.M., Filotto U., Canali C., 1992. Effects of high environmental temperature on plasma testosterone, cortisol, T₃ and T₄ levels in the growing rabbit. *J. Appl. Rabbit. Res.*, 15 : 447-455.

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

Bolet G., 2002a. [Fauve de Bourgogne \(France\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 89-92.

Bolet G., 2002b. Argenté de Champagne (France). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 97-100.

Bolet G., 2002c. [Flemish Giant \(France\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 105-107.

Bolet G.; Saleil G., 2002. [Strain INRA1077 \(France\)](#). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 113-116.

Bonne G., Desclaude J., 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, 407 p.

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

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

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

Bouzekraoui A., 2002. The Tadla Rabbits (Morocco). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 196-147.

Bredderman P.J., Foote R.H., Yassen A.M., 1964. An improved artificial vagina for collecting rabbit semen. *J. Reprod. Fertil.*, 7 : 401-403.

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

Brun J.M., Theau-Clément M., Bolet G., 2002a. Evidence for heterosis and maternal effects on rabbit semen characteristics. *Anim. Res.*, 51 : 433-442.

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

Brun J.M., Theau-Clément M., Esparbié J., Falières J., Saleil G., Larzul C., 2006. Semen production in two rabbit lines divergently selected for 63-d body weight. *Theriogenology*, 66 : 2165- 2172.

Brun J. M., Sanchez A, Duzert R., Saleil G., Theau-Clément M., 2009. Paramètres génétiques des caractéristiques de la semence de lapin. 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 Novembre 2009, Le Mans (France), 4 p.

Bunaciu P., Cimpeanu I., Bunaciu M., 1996. Mating frequency effect on spermatogenesis and performance of breeding rabbits. 6th World Rabbit Congress, Toulouse (France), 2 : 51-54.

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, 107 p.

Cardoso J.R., Báó S.N., 2007. Effects of chronic exposure to soy meal containing diet or soy derived isoflavones supplement on semen production and reproductive system of male rabbits. *Animal Reproduction Science*, 97: 237-245.

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

Castellini C., Lattaioli P., Bernardini M., 1999. Effect of dietary supplementation with α -tocopheryl acetate and ascorbic acid on qualitative characteristics and fertilizing ability of rabbit semen. *World Rabbit Science*, 7 (4) : 217-220.

Castellini C., Boiti C., Dal Bosco A., Lattaioli P., Zampini D., 2003. Effet de la supplémentation en acides gras n-3 et vitamine E sur les caractéristiques de la semence de lapins d'âges différents. 10^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, INRA-ITAVI, Paris, p. 77-80.

Castellini C., Dal Bosco A., Cardinali R., 2004. Effect of dietary α -linolenic acid on the semen characteristics of rabbit bucks. 8th World Rabbit Congress, 7-10 Septembre 2004, Puebla (Mexico), p. 245-250.

Castellini C., Besenfelder U., Pizzi F., Theau-Clément M., Vicente J., Renieri T., 2006. Developments in the investigation of rabbit semen and buck management. In : Recent advances in rabbit sciences. Édité par Maertens L. et Coudert P., p. 53-67.

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.

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

Chaou T., 2006. Etude des paramètres zootechniques et génétiques d'une lignée paternelle sélectionnée mise en place en G0 et sa descendance, du lapin local «*Oryctolagus Cunicuuuulus*». Mémoire de Magister, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger, 102 p.

D

Dal Bosco A., Scuota S., Castellini C., Cenci T., 1996. Study of an artificial vagina to reduce the microbial contamination of rabbit semen. *World Rabbit Science*, 4 (4) : 201-204.

Daoudi et AinBaziz H, 2001. Rapport de synthèse des résultats de production de la population locale. Rapport du département monogastrique ITLV.

Derivaux J., 1971. Reproduction chez les animaux domestiques : I. physiologie. Ed. Derouaux 10, PI.St Jacques, liège, 157 p.

Djellal F., Mouhous A., Kadi S.A., 2006. Performances de l'élevage fermier du lapin dans la région de Tizi-Ouzou, Algérie. *Livestock Research for Rural Development* 18 (7) 2006, 5 p.

<http://www.lrrd.org/lrrd18/7/djel18100.htm>. (Accès le 01/01/2011)

E

Egea de Prado D., 1993. Fisiologia de la reproduccion en el conejo doméstico. Boletín de cunicultura, N° 69, septembre-octobre 1993, p. 44-49.

El-Fouly M.A., Amin S.O., EL-Sobhy H.E., El-Sherbiny A.M., 1987. Effect of breed and season on some chemical characteristics of rabbit semen. In : *Proc. 1st Conf. Agric. Develop. Res.*, 1 : 68-77.

El-Gaafary M.N., 1994. The effects of gonadotropin releasing hormone on reproductive performance of low fertile male rabbits. *Options Méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, Vol. 8, p. 313-320.

El-Gaafary M.N., El-Kelawy H.M.E., Marai I.F.M., Yamani K.A.O., Abd-Allah F.R., Amin R.S., 1994. Growth performance and reproductive efficiency of weaned NZW rabbits as affected by HCG injection. *Options méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, Vol. 8, p. 321-331.

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

El-Sherry M.I., El Naggar M.A., Nassar S.M., 1980. Experimental study of summer stress in rabbits. 6- Quantitative and qualitative effect of hormonal injection of spermatogenic cell on cycle of stressed rabbits. *Assiut Vet. Med. J.*, 7 : 80-101.

Eid Y.Z., 2008. Dietary grape pomace affects lipid peroxidation and antioxidative status in rabbit semen. *World Rabbit Science*, 16 : 157-164.

Espinosa E., Josa A., Vilorio A.J., 2009. Fisiologia de la reproduccion en el conejo. 135-139.

http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/44799671.html

(Accès le 11/09/2010)

F

Finzi A., 1990. Recherches pour la sélection de souches de lapins thermotolérants. *Options méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, N° 8, p. 41-45.

Finzi A., Morera P., Macchioni P., 1994. Modifications of some rabbit spermatoc parameters in relationship to high ambient temperatures. *Options méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, N° 8, p. 333-336.

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., 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 2000, Valencia (Spain), 8 p.

G

Gacem M., Bolet G., 2005. Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne. *11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole*, 29-30 novembre 2005, Paris, p.15-18.

Garcia M.L., Andrés I., Caselles P., Lavara R., 2004. Estudio de la edad de los machos de conejo en la inseminación artificial.

Boletín de cunicultura, N° 132. Mars-Avril, p. 17-25.

Garcia-Tomas M., Sanchez J., Rafel O., Ramon J., Piles M., 2006a. Heterosis, direct and maternal genetic effects on semen quality traits of rabbits. *Livestock Science*, 100 : 111-120.

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

Garcia-Tomas M., Sanchez J., Piles M., Rafel O., Ramon J., 2006c. Variability, repeatability and phenotypic relationships of several characteristics of production and semen quality in rabbit. *Animal Reproduction Science*, 93 : 88-100.

Garcia-Tomás M., Tussell LI, López-Béjar 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 juin 2008, Verona- Italy, p. 359-363.

Garcia-Tomas M., Sanchez J., Piles M., 2009a. Post-natal sexual development of testis and epididymis in the rabbit: variability and relationships among macroscopic and microscopic markers. *Animal Reproduction*, 110 : 347-355.

Garcia-Tomas M., Sanchez J., Piles M., 2009b. Post-natal sexual development of testis and epididymis in the rabbit: growth and maturity patterns of macroscopic and microscopic markers. *Theriogenology*, 71 : 292-301.

Garcia-Tomas M., Sanchez 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.

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

Gómez E.A., Rafel O., Ramon J., 2002a. The Caldes Strain (Spain). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 193-198.

Gómez E.A., Rafel O., Ramon J., 2002b. The Prat Strain (Spain). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 203-208

H

Habeeb A.A.M., Aboul-Naga A.I., Youcef H.M. (1993), Influence of exposure to high temperature on daily gain, feed efficiency and blood components of growing male Californian rabbits. *Egyptian J. Rabbit Sci.*, 3 : 73-80.

Hajj E., Boutros C., Abi Samra J., 2002. The Baladi rabbits (Lebanon). Rabbit genetic resources in Mediterranean countries. *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 157-161.

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

(Accès le 15/06/2010).

Holtz W., Foote R.H., 1972. Sperm production, output and urinary loss in the rabbit. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 141 (3) : 958-962.

Holtz W., Foote R.H., 1978a. The Anatomy of the Reproductive System in Male Dutch Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) with special emphasis on the accessory sex glands. *J. Morph.*, 158 : 1-20.

Holtz W., Foote R.H., 1978b. Composition of rabbit semen and the origin of several constituents. *Biology of Reproduction*, 18 : 286-292.

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.

K Kasa I.W., Thwaites C.J., 1992. Semen quality in bucks exposed to 34°C for 8 hours or either 1 or 5 days. *J. Appl. Rabbit. Res.*, 15 : 560-586.

Khalil M.H., 2002a. The Giza White Rabbits (Egypt). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 27-36.

Khalil M.H., 2002b. The Baladi Rabbits (Egypt). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 41-50.

Kuzminsky G., Fausto A.M., Morera P., 1996. Morphological abnormalities of rabbit spermatozoa studied by scanning electron microscope and quantified by light microscope. *Reprod. Nutr. Dev.*, 36 : 565-575.

L

Lavara R., Mocé E., Andreu E., Pascual J.J., Cervera C., Viudes-De-Castro M.P., Vicente J.S., 2000. Effects of environmental temperature and vitamin supplements on seminal parameters from a rabbit line selected by high growth rate. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 Juillet , Valencia (Spain), 5 p.

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.

Lazzaroni C., 2002. The Carmagnola Grey Rabbit (Italy). *Options Méditerranéennes, série B "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 145-150.

Lebas F., 2009. Biologie du lapin.

<http://www.cuniculture.info/Docs/indexbiol.htm>. (Accès le 10/10/2009).

Le roux A., 2002. La réforme de verrats de centres d'insémination artificielle pour baisse de qualité de semence : approche anatomopathologique et histologique. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale de Toulouse, 141 p.

López J., Alvarino J.M.R., Del Arco J.A., Bueno A., Sanz C., 1996. Effect of male rabbit management on semen production. *6th World rabbit congress*, Toulouse (France), 2 : 83-86.

López M., Sierra I., 2002. The Gigante de España Breed (Spain). *Options Méditerranéennes, série B. "Etudes et Recherches"*, N° 38, p. 213-220.

Lounaouci G., 2001. Alimentation du lapin de chair dans les conditions de production Algérienne. Mémoire de Magistère en Sciences Agronomiques, Université de Blida, 129 p.

Luzi F., Maertens L., Mijten P., Pizzi F., 1996. Effect of feeding level and dietary protein content on libido and semen characteristics of bucks. *6th World Rabbit Congress*, Toulouse (France), 2 : 87-92.

M

Macari M., Machado C. R., 1978. Sexual maturity in rabbits defined by the physical and chemical characteristics of the semen. *Laboratory animals*, 12 : 37-39.

Mahmoudi L., Haradj F., 2010. Etude des facteurs de variation de la température rectale chez les lapins de population locale dans un élevage expérimental (*Oryctolagus cuniculus*). Projet de fin d'études. Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire (El-Harrach – Alger), 32 p.

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 : 127-134.

Marai I.F.M., Habeeb A.A.M., El-Sayiad G.A., Nessem M.Z., 1994. Growth performance and physiological response of New Zealand White and Californian rabbits under hot summer conditions of Egypt. *Options méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, 17 : 127-134.

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.

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

Marai I.F.M., Habeeb A.A.M., Gad A.E., 2005. Tolerance of imported rabbits grown as meat animals to hot climate and saline drinking water in the subtropical environment of Egypt. *Animal Science* 2005, 81 : 115-123.

Mocé E., Lavara R., Lavara F., Vicente J.S., 2000a. Effect of reproductive rhythm on seminal parameters from a rabbit line with high growth rate. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 Juillet, Valencia (Spain), 6 p.

Mocé E., Aroca M., Lavara R., Pascual J.J., 2000b. Effect of dietary Zinc and vitamin supplementation on semen characteristics of high growth rate males during summer season. *7th World Rabbit Congress*, 4-7 juillet, Valencia (Spain), 7 p.

Mocé E., Vicente J.S., 2009. Rabbit sperm cryopreservation: a review. *Animal Reproduction Science*, 110 : 1-24.

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

Moulla F., Yakhlef H., 2007. Evaluation des performances de reproduction d'une population locale de lapins en Algérie. 12^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 27-28 novembre 2007, Le Mans, France, p. 45- 48.

Moumen S., 2006. Effet du rythme de reproduction sur les performances zootechniques et les paramètres sanguins de la lapine de population locale (*Oryctolagus Cuniculus*). Mémoire de Magistère en Science Vétérinaire, Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire (El Harrach - Alger), 121 p.

N

Nezzar N., 2007. Caractéristiques morphologiques du lapin local. Mémoire de Magistère, Université EL HADJ LAKHDAR (Batna), 86 p.

Nizza A., Di Meo C., Taranto S., 2000a. 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., 2000b. Effect of lysine and methionine on libido and semen characteristics of bucks. *World Rabbit Science*, 8 (4) : 181-184.

Nizza A., Di Meo C., Taranto S., Stanco G., 2001. Effect of collection frequency on rabbit semen production. *World Rabbit Science*, 10 (2) : 49-52.

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

O

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

Orgebin-Crist M.C., 1968. Gonadal and epididymal sperm reserves in the rabbit : estimation of the daily sperm production. *J. Reprod. Fert.*, 15 : 15-25.

Osechas D., Becerra M.S., 2006. Producción y mercadeo de carne de conejo en el estado trujillo, Venezuela. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 16 (2) : 129-135.

Othmani-Mecif K., Benazzoug Y., 2005. Caractérisation de certains paramètres biochimiques plasmatiques et histologiques (tractus génital femelle) chez la population locale de lapin (*Oryctolagus Cuniculus*) non gestante et au cours de la gestation. *Science et Technologie C*, 23 : 91-96.

P

Panella F., Castellini C., 1990. Fattori ambientali e genetici che influiscono sulle caratteristiche del seme di coniglio. *Riv. Coniglic.*, 8 : 39-41.

Phetudomsinsuk K., Sirinarumitr K., Laikul A., Pinyopummin A., 2008. Morphology and head morphometric characters of sperm in Thai native crossbred stallions. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 50 : 41, p. 1-9.

<http://www.actavetscand.com/content/50/1/41> (Accès le 12/12/2010).

Posière S.C.G.J., 2002. Récolte de la semence de chat (Felis catus) par électro-éjaculation et par dissection de l'épididyme (comparaison des méthodes, essai de cryoconservation avec un dilueur canin). Thèse de Doctorat Vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, 95 p.

Q

Quiles A., Hevia M.L., 2000. Bases fisiológicas de la reproducción en cunicultura. *Agricultura : Revista agropecuaria*. N° 814, p. 270-273.

R

Remas K., 2001. Caractéristiques zootechniques et hormones sexuelles chez les populations locales du lapin domestique *Oryctolagus Cuniculus*. Thèse de Magistère, 89 p.

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 septembre 2004, Puebla (Mexico), p. 336-342.

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

Roca T., 1994. Rentabilidad de la explotación del conejo de monte. *Boletin de cunicultura*, N° 71, p. 37-42.

Roca T., Melero I., Garcia I., 1995a. Influencia del régimen de iluminación sobre la edad a la pubertad en machos de un genotipo de conejo para carne. *XX symposium de cunicultura*, Santander, 26-27 mai 1995, p. 103-106.

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2882472> (Accès le 22/9/2010).

Roca T., Melero I., Garcia I., 1995b. Efecto de la iluminación, la temperatura ambiental y la higrometria sobre la producción de semen en un genotipo de conejo para carne. *Boletin de cunicultura*, N° 78, p. 56-61.

Roca J., Martinez S., Orengo 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 Mediterranean area. *Livestock Production Science*, 94 (2005) : 169-177.

Rodríguez-De Lara R., Fallas-López M., Rangel-Santos R., Mariscal-Aguayo V., Martínez-Hernández P.A., García Muñiz J.G., 2008. Influence of doe exposure and season on reaction time and semen quality of male rabbits. 9th World Rabbit Congress, 10-13 juin, 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 et Vétérinaires, 113 p.

Safaa H.M., Emarah M.E., Saleh N.F.A., 2008. Seasonal effects on semen quality in Black Baladi and White New Zealand rabbit bucks .*World Rabbit Science*, 16 : 13- 20.

Saidj D., 2006. Performances de reproduction et paramètres génétiques d'une lignée maternelle d'une population de lapin local sélectionné en G0.

Mémoire de Magister en Médecine Vétérinaire, Option Zootechnie, Ecole Nationale Vétérinaire d'Alger, 106 p.

Salcedo-Baca R., Pichardo-Reyes M., Echagaray-Torres J.L., 2004. Buck semen characteristics from a Mexican population of the Californian, White New Zealand, and Chinchilla breeds. 8th *World Rabbit Congress*, 7-10 septembre 2004, Puebla (Mexico), p. 334-348.

Saoudi N., 2008. Etude de la coccidiose dans les élevages de lapin de la région de Béjaia. Projet de fin d'étude, Faculté de Biologie et Agro-Vétérinaire, Université de Blida, 62 p.

Skinner J.D., 1967. Puberty in the male rabbit (Brief communication). *J. Reprod. Fert.*, 14 : 151-154.

T

Tawfeek M.I., El-Gaafary M.N., Abdel-Hamid M.Y., 1994. Effect of testosterone injection on pre- and post-sexual maturity in male rabbits. *Options Méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, Vol. 8, p. 367-373.

Theau-Clément M., Thébault RG., Bolet 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.

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, 93 p.

Theau-Clément M., Lattaioli P., Roustan A., Castellini C., 1996a. A comparison between computerised semen image analyses and visual methods to evaluate various biological parameters in rabbit semen. 6th World rabbit congress, Toulouse (France), 2 : 133-137

Theau-Clément M., Lattaioli P., Roustan A., Castellini C., 1996b. Reliability and accuracy of a computerized semen image analyses to evaluate various biological parameters in rabbit semen. 6th World rabbit congress, Toulouse (France), 2 : 139-143.

Theau-Clément M., Brun J.M., Sabbioni E., Castellini C., Renieri T., Besenfelder U., Falières J., Esparbié J., Saleil G., 2003. Comparaison de la production spermatique de trois souches de lapins : moyennes et variabilités. 10^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, INRA-ITAVI 19-20 novembre 2003, Paris (France), p. 81-88.

Theau-Clément M., Falières J., 2005. Evaluation de la concentration de semence de lapins selon 2 méthodes : Hématimètre et NucleoCounter SP100. 11^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre, Paris (France), p. 95-98.

Theau-Clément M., 2007. Preparation of the rabbit doe to insemination: a review. *World Rabbit Science*, 15 : 61-80.

Theau-Clément M., Sanchez A., Duzert R., Saleil G., Brun J.M., 2009. Etude de facteur de variation de la production spermatique chez le lapin. 13^{èmes} Journées de la Recherche Cunicole, 17-18 novembre, Le Mans (France), 4p.

Thibault C., Levasseur M.C., 2001. La reproduction chez les mammifères et l'homme. Nouvelle édition, éd. Ellipses (Paris), 928 p.

- V** | **Virag GY., Mézes M., Bersényi A., 1992.** Effect of independent factors on semen characteristics in rabbits. *J. Appl. Rabbit Res.*, 15: 499-504.
- 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.
- Wrobel K.H., 1990.** Male reproductive system. In: Textbook of Veterinary Histology, 2^{ème} Ed, p. 226-243.
- Y** | **Yamani K.A.O., Marai I.F.M., El-Gaafary M.N., El-Kelawy H.M.E., 1994.** Effect of HCG injection on poor fertile rabbits. *Options méditerranéennes, série A "Séminaires méditerranéens"*, Vol. 8, p. 383-389.
- Z** | **Zamora P., 2009.** Manejo de la producción de conejos en la granja piedra gorda. Mémoire de Technicien supérieur, Universidad de Los Andes (Venezuela), 75 p.
http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1842
(Accès le 07/1/2011).
- Zerrouki N., Bolet G., Berchiche M., Lebas F., 2005.** Evaluation of breeding performance of local Algerian rabbit population raised in the Tizi-Ouzou area (Kabylia). *World Rabbit Science*, 13 : 29-37.

Annexe

Annexe I

Tableau: Températures, hygrométries ambiantes diurnes moyennes enregistrées et THI calculés, au cours de l'expérimentation en fonction des mois (moyenne±écart-type).

Mois	Température (°C)			Hygrométrie (%)			THI		
	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Moy</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Moy</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Moy</i>
Juillet 2009	30,2±1,5	35,4±1,9	32,8±1,6	48,0±6,3	58,5±10,8	53,3±8,2	27,6±1,1	32,7±1,2	30,1±1,0
Août 2009	29,9±1,1	34,7±1,1	32,3±0,9	52,4±8,0	69,1±8,9	60,7±6,7	27,6±0,9	32,8±1,0	30,1±0,7
Septembre 2009	27,6±2,3	30,6±2,6	29,1±2,4	55,1±6,1	66,5±2,9	60,8±3,6	25,7±2,0	28,9±2,3	27,3±2,1
Moyenne été	29,6±1,7	34,2±2,3	31,9±1,9	51,7±7,5	65,9±9,6	58,8±7,3	27,3±1,4	32,1±2,0	29,6±1,5
Octobre 2009	22,1±2,9	27,7±3,4	24,9±2,9	61,7±8,7	79,6±8,7	70,7±8,4	21,1±2,4	26,8±2,8	23,9±2,4
Novembre 2009	15,4±2,8	23,0±1,9	19,2±2,0	60,1±5,9	82,7±9,1	71,4±6,9	15,3±2,5	22,5±1,7	18,7±1,8
Décembre 2009	13,2±2,4	19,7±3,6	16,5±2,6	70,1±11,0	87,2±4,7	78,7±6,7	13,3±2,2	19,5±3,5	16,3±2,5
Janvier 2010	11,7±2,7	17,0±4,1	14,3±3,3	69,0±10,2	85,2±5,5	77,1±7,3	11,9±2,6	16,8±3,9	14,3±3,1
Moyenne automne/hiver	14,5±4,3	20,7±4,9	17,6±4,4	66,3±10,1	84,4±6,9	75,3±7,6	14,4±3,8	20,4±4,6	17,3±4,0
Mars 2010	18,6±1,3	21,5±1,8	20,0±1,5	53,4±5,1	73,5±8,5	63,5±6,3	18,0±1,0	20,9±1,5	19,4±1,3
Avril 2010	18,7±1,5	22,5±2,2	20,6±1,7	60,4±7,2	80,9±8,2	70,7±6,2	18,2±1,4	22,0±2,1	20,1±1,5
Mai 2010	18,9±2,9	23,9±4,1	21,4±3,4	52,8±8,9	74,1±12,3	63,5±9,9	18,2±2,4	23,0±3,7	20,5±3,0
Moyenne printemps	18,8±2,2	22,9±3,2	20,9±2,6	55,4±8,3	76,3±10,5	65,9±8,6	18,2±1,8	22,3±2,9	20,2±2,2