

## Effet de la fréquence de collecte de la semence sur les caractéristiques du sperme et des spermatozoïdes récoltés chez le lapin

N Bencheikh \*

INRA, station d'amélioration génétique des animaux, Auzeville,  
BP 27, F31326 Castanet-Tolosan cedex, France

(Reçu le 29 avril 1993 ; accepté le 21 novembre 1994)

**Résumé** — L'effet du rythme de récolte de la semence sur un ensemble de caractères de la production spermatique (motilité massale et individuelle, taux de spermatozoïdes vivants, volume de sperme, concentration, nombre de spermatozoïdes totaux ou vivants par éjaculat récolté) est analysé au travers des résultats de 2 expérimentations ; la première, qui dure 52 sem, compare un rythme extensif de 2 éjaculats successifs un jour par semaine à un rythme intensif de 2 éjaculats consécutifs 3 j par semaine, à 48 h d'intervalle ; la seconde, qui s'étale sur 14 sem, compare le même rythme extensif à une fréquence intermédiaire de 2 prélèvements successifs 2 fois par semaine, à 3-4 jours d'intervalle. Le nombre de mâles par modalité expérimentale varie de 9 à 14. Quand on considère les valeurs par éjaculat, tous les caractères étudiés sont améliorés de façon significative ( $p < 0,01$ ) par la fréquence extensive de prélèvement (+ 136% et + 65% pour le nombre des spermatozoïdes par éjaculat, par rapport aux rythmes intensif et intermédiaire respectivement). En revanche, la quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltée est plus faible avec le rythme extensif, mais la perte enregistrée n'est que de 22% au maximum.

**lapin / insémination artificielle / production de sperme / rythme de prélèvement**

**Summary** — **The effect of frequency of ejaculation on semen characteristics and sperm output in the rabbit.** *The aim of this work was to assess the effect of ejaculation frequency on a set of semen characteristics including massal and individual motility percentage of live spermatozoa, semen volume, concentration, number of live or total spermatozoa per ejaculate. Two experiments were carried out at the station of animal genetics (Toulouse, France). In a first experiment, an extensive frequency (2 ejaculates about 15 mn apart once a week) was compared to an intensive one (2 ejaculates on Monday, Wednesday and Friday). This experiment lasted 52 weeks; 12 and 9 males, respectively, were included in the analysis. In the 2nd experiment, which lasted 14 weeks, the same extensive frequency was compared with an intermediate one (2 successive ejaculates on Tuesday and Friday). The num-*

\* Adresse actuelle : Université de Tizi-Ouzou, Institut de biologie, route Hasnaoua, 15000 Tizi-Ouzou, Algérie

ber of males used in the analysis was, respectively, 14 and 13. Motility and percentage of live spermatozoa were estimated using an optic microscope. Concentration was determined by the Hemocytometer method. Standard procedures of SAS were used for the calculations of the linear correlations between traits, the comparison of means using the T-test, and maximum likelihood estimation of components of variance for the within-buck repeatability of traits. All the traits of the ejaculate were significantly improved ( $P < 0.01$ ) by the extensive frequency when compared to the intensive or intermediate ones (tables I, II); for example, sperm number per ejaculate was, respectively, 136 and 65% greater. Nevertheless, the weekly sperm output was greater ( $P < 0.01$ ) when the ejaculation frequency was intermediate or intensive (tables VI, VII), but the increase did not exceed about 28% compared with the extensive one. The correlation coefficients (table III) showed that the increase of semen concentration improved sperm motility ( $r = 0.57$ ). The values of within-buck repeatability differed with ejaculation frequency (tables IV, V). The repeatability of motility and percentage of live spermatozoa was greater with intermediate or intensive frequency, whereas the repeatability of semen volume, concentration, and sperm number per ejaculate was greater with the extensive frequency.

### **rabbit / ejaculation frequency / semen characteristics / sperm output**

## **INTRODUCTION**

L'insémination artificielle et l'élevage en bande (conduite de groupes d'animaux de stades physiologiques analogues) se développent chez le lapin. L'insémination artificielle est réalisée soit avec de la semence fraîche, prélevée et traitée dans l'élevage, soit avec de la semence réfrigérée fournie par une structure productrice de semence. Dans ces modes de conduite, un aspect important est la détermination des conditions d'utilisation du mâle, afin d'obtenir une quantité optimale de sperme et de spermatozoïdes. Un problème est alors de définir la fréquence de collecte de la semence. Il s'agit ici d'estimer l'influence du rythme de récolte du sperme sur les nombres de spermatozoïdes recueillis par éjaculat ou par unité de temps, et leur qualité *in vitro*. Au-delà de l'effet de la fréquence de collecte, l'objectif est aussi d'estimer la variabilité entre mâles des critères précédents.

Les travaux ayant abordé ces questions sont anciens et ont pour but de répondre à des besoins d'expérimentation, le lapin étant fréquemment utilisé comme modèle expérimental, et non de production. De ce fait, ces études se caractérisent souvent par des effectifs réduits d'animaux et de courtes

périodes expérimentales. Grégoire *et al* (1958) montrent que le passage d'un prélèvement par semaine à un prélèvement par jour diminue la concentration de la semence de 50% (407 et 207 millions de spermatozoïdes par ml respectivement) et le volume de l'éjaculat de 40% (0,83 et 0,49 ml) ; mais la quantité hebdomadaire totale de spermatozoïdes recueillis avec la fréquence élevée est 4 fois plus grande. Desjardins *et al* (1968) comparent 3 rythmes intensifs – entre 4 et 6 prélèvements par semaine – au même rythme extensif de 1 prélèvement hebdomadaire ; ils concluent également que le nombre total de spermatozoïdes recueillis est supérieur si le rythme de récolte est intensif. Sur la base des résultats de la 2<sup>e</sup> étude, et accessoirement de ceux d'Amann et Lambiasi (1966), une fréquence intensive de collecte, 3 j par semaine à raison de 2 éjaculats successifs à chaque fois, est préconisée et souvent utilisée par la suite.

Ces études n'ont pas abordé l'aspect qualitatif de la semence, la motilité par exemple. Seuls Grégoire *et al* ont intégré la notion de pourcentage de spermatozoïdes motiles, cette valeur étant plus faible avec le rythme intensif.

Notre travail, qui rentre dans le cadre d'une thèse de doctorat de l'Institut natio-

nal polytechnique de Toulouse, vise à étudier l'effet de la fréquence de collecte de la semence sur la production de sperme, à travers un ensemble de caractéristiques aussi bien quantitatives que qualitatives.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Les animaux et les conditions d'élevage*

Deux expériences distinctes sont réalisées.

Vingt-six mâles de la souche Hyplus (société Grimaud Frères), 13 par modalité expérimentale, mis en place entre les âges de 12 et 14 sem et contrôlés expérimentalement à partir de l'âge de 22 sem, sont utilisés dans l'expérience I. La maturité sexuelle, définie par le moment où le nombre de spermatozoïdes récoltés par jour n'augmente plus, serait atteinte vers l'âge de 32 sem (Amann et Lambiase, 1967). Cependant, des spermatozoïdes sont présents dans l'éjaculat dès l'âge de 16 sem (Martinet, 1974). La durée expérimentale est ici de 52 sem. Le poids moyen des mâles est de 4 330 g en début d'expérience et 5 150 g à la fin de celle-ci. À ce moment-là, il reste 17 mâles (9 et 8 dans les 2 modalités expérimentales), les autres étant morts ou éliminés pour des raisons pathologiques.

L'expérience II comprend 28 mâles de la souche INRA 1077 d'origine néozélandaise blanche, 14 dans chaque modalité expérimentale ; ils sont mis en place à l'âge de 11 sem et contrôlés à partir de l'âge de 20 sem, l'expérience durant 14 sem. L'expérience II est de durée plus courte car elle a été conçue comme une expérience complémentaire de l'expérience I. Les poids moyens des mâles en début et en fin d'expérience sont respectivement de 3 470 et 3 850 g. Vingt-sept mâles sont présents en fin d'expérimentation.

Il était prévu de constituer des lots de 15 mâles par modalité expérimentale ; cet effectif a été choisi pour que chacune des fréquences de collecte testées le soit chez un nombre suffisant de mâles. Des pertes d'animaux survenues en période pré-expérimentale ont réduit l'effectif à 13 mâles (expérience I) ou 14 (expérience II).

Les mâles sont logés dans des cages individuelles disposées en flat-deck dans une cellule à l'abri de la lumière. La durée d'éclairage est

de 8 h par 24 h (Walter *et al*, 1968) dès la mise en place des animaux. La cellule est ventilée et chauffée en hiver de telle façon que la température ne descende pas en-dessous de 18°C. Elle ne possède pas de système de refroidissement ; de ce fait, en été, la température à l'intérieur de la cellule peut parfois dépasser 35°C.

Les mâles reçoivent un aliment granulé complet du commerce supplémenté avec un anti-coccidien, à raison de 170 g par animal et par jour. Cette quantité est proche de celle consommée lorsque l'aliment est distribué *ad libitum*. L'aliment titre en moyenne 16% de matières azotées totales et 16% de cellulose brute. À partir de la mise en place des animaux, les conditions d'élevage (bâtiment, alimentation, photopériode) sont identiques dans les 2 expériences.

### *Fréquence et mode de collecte de la semence*

L'expérience I, réalisée de mai 1989 à mai 1990, compare 2 rythmes de récolte : l'un extensif, 2 éjaculats successifs un seul jour par semaine, l'autre intensif, 2 éjaculats successifs 3 jours par semaine à 2-3 j d'intervalle. Les prélèvements ont lieu à jour fixe : jeudi pour le rythme extensif, lundi, mercredi, et vendredi pour le rythme intensif. Un intervalle de 15 min sépare les 2 prélèvements successifs un jour donné. La récolte de 2 éjaculats consécutifs par jour de prélèvement et le choix des fréquences de collecte sont d'abord motivés par les connaissances bibliographiques. La fréquence de collecte n'influence probablement pas la production de spermatozoïdes dans le testicule ; mais un rythme élevé de récolte peut réduire la durée du transit épидидymaire (Amann, 1970a), et de ce fait peut affecter le processus de maturation épидидymaire des spermatozoïdes.

Rapidement, il est apparu un écart important entre les nombres de spermatozoïdes recueillis avec les 2 fréquences précédentes de collecte. D'où le choix de réaliser une expérience supplémentaire, l'expérience II, qui compare au rythme extensif de l'expérience I un rythme intermédiaire : 2 prélèvements successifs 2 j par semaine, à 3-4 j d'intervalle. L'expérience II est conduite de décembre 1989 à mars 1990.

Les mâles sont entraînés au prélèvement de la semence au moyen du vagin artificiel 2 sem avant le début de chaque expérience. Aucune préparation sexuelle n'est appliquée au mâle

avant la collecte. Un refus de prélèvement est enregistré si le mâle n'a pu être récolté dans un délai de 5 min.

### ***Techniques d'examen du sperme***

Immédiatement après la récolte, les mesures suivantes sont effectuées (le protocole est détaillé par Boussit, 1989) : le volume de l'éjaculat, après élimination du gel éventuel au moyen d'une pipette de verre ; le pH de la semence ; la motilité d'ensemble, évaluée par observation microscopique d'une goutte de semence brute sur lame et notée de 0 à 9 : elle caractérise le mouvement de la masse de spermatozoïdes ; la motilité individuelle, notée de 0 à 4 et évaluée par observation microscopique d'une goutte de semence diluée entre lame et lamelle : elle caractérise le mouvement propre des spermatozoïdes ; le pourcentage de spermatozoïdes vivants ou mobiles individuellement, évalué en même temps que la motilité individuelle.

La concentration de la semence en spermatozoïdes est ensuite mesurée par numération à l'hématimètre ou cellule de Thoma.

Ces mesures permettent de calculer, pour chaque éjaculat, le nombre de spermatozoïdes totaux (= concentration x volume) et vivants (= concentration x volume x pourcentage de spermatozoïdes vivants/100).

### ***Analyse statistique des résultats***

Dans l'expérience I, toutes les mesures sont faites au cours des 7 premières semaines. Par la suite, seuls le volume et le pH sont systématiquement notés dans le lot intensif, les autres caractères étant mesurés seulement le mercredi. Dans ce dernier cas, la quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltés est assimilée à 3 fois la production du mercredi ; nous avons vérifié sur les 7 premières semaines que les différences entre les 3 j de prélèvements hebdomadaires du lot intensif ne sont pas significatives.

Pour l'analyse des variables citées, excepté le nombre de spermatozoïdes totaux, il n'est pas tenu compte des éjaculats contenant de l'urine. Quand la majorité des prélèvements d'un mâle est contaminée, l'ensemble des données de cet animal est éliminé. Ainsi sont exclus de l'analyse

2 mâles du lot intensif et un mâle du lot extensif de l'expérience I, ainsi que 2 mâles du lot intermédiaire de l'expérience II.

Un nombre réduit de données est à l'origine de l'exclusion d'autres individus de l'analyse ; la cause est soit un temps de présence trop court – cas d'un mâle du lot intensif de l'expérience I et d'un mâle du groupe intermédiaire de l'expérience II –, soit une absence quasi systématique de récolte – cas d'un autre mâle du lot intensif. Les éjaculats contaminés et les absences de récolte sont considérés comme des données manquantes.

Les analyses portent finalement sur des effectifs de 9 et 12 mâles de l'expérience I, respectivement dans les lots intensif et extensif, et 11 et 14 mâles dans les rythmes intermédiaire et extensif de l'expérience II.

Deux méthodes sont appliquées au calcul de la quantité hebdomadaire de spermatozoïdes recueillis : dans un cas, seules sont retenues les semaines où la totalité des récoltes potentielles d'un mâle donné est réalisée (exemple : 4 récoltes par mâle du lot intermédiaire de la bande II) ; dans le second cas, l'ensemble des collectes est pris en compte, les récoltes absentes équivalant alors à des valeurs nulles du nombre de spermatozoïdes.

Les calculs sont réalisés sur l'ordinateur IBM 3090 du centre INRA de Jouy-en-Josas, à l'aide de logiciels de la programmation SAS.

Les calculs concernent d'abord les statistiques de position et de dispersion. Les caractéristiques de l'éjaculat sont ensuite étudiées au moyen d'un modèle d'analyse de variance à effets fixes incluant les effets du rythme de récolte (2 niveaux pour chacune des 2 expériences), du mâle intrarythme (entre 9 et 14 niveaux, selon l'expérience et la fréquence de collecte), de l'ordre de l'éjaculat (2 niveaux), de la période de temps (7 niveaux dans l'expérience I, 2 niveaux dans l'expérience II, la durée expérimentale étant fractionnée en périodes de 7 ou 8 sem), et de leurs interactions.

Nous calculons ensuite les corrélations entre les caractéristiques de la semence, intra-modalité expérimentale, au travers des corrélations résiduelles résultant d'un modèle d'analyse de variance incluant comme effets fixes l'ordre de l'éjaculat, la période de temps, et leur interaction.

Les caractéristiques de la semence étant évaluées de façon répétée dans le temps, nous avons calculé les coefficients de répétabilité due au mâle, intra-modalité expérimentale. Nous

avons utilisé un estimateur de maximum de vraisemblance sur un modèle incluant le mâle en effet aléatoire, à côté des effets fixes précédents (ordre de l'éjaculat, période, et leur interaction).

Les quantités hebdomadaires de spermatozoïdes recueillis avec les 2 fréquences de collecte, dans chacune des 2 expériences, sont comparées au moyen d'un test de Student qui permet d'éprouver à 0 la différence des moyennes.

## RÉSULTATS

### *Taux de récoltes utiles*

Le terme de taux de récoltes utiles désigne le rapport entre le nombre d'éjaculats non contaminés par l'urine, contenant des spermatozoïdes vivants, et le nombre total de sollicitations, donc de récoltes potentielles. Le taux de récoltes utiles est significativement plus élevé avec le rythme extensif de collecte : 78% contre 70% pour le rythme intensif dans l'expérience I, 80% contre 69% pour le rythme intermédiaire dans l'expérience II ( $p < 0,01$ ). Deux situations principales sont à l'origine de l'absence de récolte utile : le refus de prélèvement ou la contamination de la semence par l'urine.

La fréquence des refus de prélèvement est faible dans l'expérience I : 39 refus sur 2 856 sollicitations dans le régime intensif, 4 sur 1 226 dans le régime extensif. Ces chiffres ne tiennent pas compte des refus quasi systématiques de prélèvement d'un mâle du lot intensif. Dès l'entrée en période expérimentale, ce mâle se distingue par un comportement particulier : à la présentation de la femelle boute-en-train, il montre tous les signes physiques de l'éjaculation, mais ne fournit pas de sperme, à de rares exceptions près. L'éjaculat obtenu alors est de volume réduit (environ 0,10 ml), mais est très concentré et contient des spermatozoïdes vivants. Une anomalie des voies déférentes d'expulsion du sperme pourrait

être à l'origine de l'absence de récolte de ce mâle.

La proportion des refus de prélèvement est plus élevée dans l'expérience II : 28 sur 391 sollicitations dans le rythme extensif, 91 sur 701 dans le rythme intermédiaire. Un mâle du lot extensif et 3 mâles du lot intermédiaire totalisent 60% des refus ; ils se distinguent par un démarrage tardif de la production de sperme. Au total, entre 40 et 60% des refus de prélèvement surviennent durant les 3 premières semaines expérimentales.

Le taux d'éjaculats contaminés par l'urine, ou plus rarement le sang, est élevé : 250 pour 1 206 récoltes (20,7%) dans le rythme extensif de l'expérience I, et 649 pour 2 773 récoltes (23,4%) dans le rythme intensif. Dans l'expérience II, les taux sont de 13% dans le régime extensif et de 20% dans le régime intermédiaire.

La production d'éjaculats souillés est souvent le fait des mêmes individus : dans l'expérience I, un seul mâle fournit plus du tiers des semences contaminées du groupe extensif, tandis que 3 mâles totalisent 87% des éjaculats souillés du groupe intensif. Dans l'expérience II, 2 mâles sont à l'origine de plus de la moitié des prélèvements contaminés du groupe intermédiaire. De façon générale, les mâles produisant fréquemment ce type d'éjaculats le font dès les 1<sup>res</sup> collectes. Ainsi, dans le rythme intensif (expérience I) ou intermédiaire (expérience II), les éjaculats contaminés représentent au moins 50% des récoltes réalisées chez ces mâles durant les 3 premières semaines expérimentales. C'est le cas également du seul mâle présentant cette anomalie dans le rythme extensif ; avec ce dernier rythme, un délai plus long – 4 à 5 sem – paraît raisonnable pour vérifier la présence de ce type d'anomalie, qui serait liée, d'après Chang et Thorsteinsson (1958), à des troubles nerveux et à l'utilisation du vagin artificiel. D'autres mâles produisent des éjaculats contaminés, mais de façon épisodique et irrégulière.

## ***Les caractéristiques de l'éjaculat***

### **Distribution des variables**

Les distributions du volume, de la concentration, et du nombre de spermatozoïdes totaux par éjaculat et par modalité expérimentale montrent des coefficients d'asymétrie et d'aplatissement largement supérieurs à 0, surtout dans le cas des 2 dernières variables. Par rapport à une distribution normale, un déséquilibre à droite est enregistré dans la plupart des distributions d'une part et, d'autre part, une trop grande proportion de données est égale ou proche de la moyenne. De ce fait, les résultats obtenus avec les méthodes statistiques basées sur l'hypothèse de normalité (analyse de variance) doivent être interprétés avec prudence.

Par ailleurs, toutes les variables présentent une hétérogénéité des variances par mâle. Ceci ne va pas sans poser des problèmes pour l'application des méthodes usuelles de décomposition de la variance incluant un effet du mâle, en particulier pour le calcul de la répétabilité due au mâle. Dans ce dernier cas, un problème se surajoute : la différence des moyennes par mâle. Nous avons constaté une relation de proportionnalité entre les moyennes et les variances individuelles, ce qui nous a amené à appliquer aux variables une transformation racine carrée ou logarithme. Le changement de variable réduit bien la valeur de la corrélation entre la variance et la moyenne, mais n'élimine pas les différences entre les écarts types individuels. Les calculs sont donc faits sur les données initiales non transformées.

### **Comparaison des 2 éjaculats successifs**

L'effet de l'ordre de l'éjaculat est significatif ( $p < 0,01$ ), quelle que soit la caractéristique considérée dans l'expérience I, mis à part le pH. Le volume est plus faible au second prélèvement : 0,68 vs 0,72 ml, mais toutes

les autres caractéristiques de l'éjaculat sont améliorées à la 2<sup>e</sup> récolte : la motilité d'ensemble (7,46 vs 6,72), la motilité individuelle (3,53 vs 3,23), le pourcentage de spermatozoïdes vivants (78 vs 73%), la concentration (517 vs 351 millions de spermatozoïdes par ml), le nombre de spermatozoïdes vivants (310 vs 229 millions) et totaux (356 vs 270 millions).

Une analyse analogue de l'expérience II confirme ces résultats.

### **Effet du rythme de récolte**

Les moyennes par modalité expérimentale sont corrigées pour l'effet du mâle, de l'ordre de l'éjaculat, et de la période.

Hormis le pH, les moyennes des caractéristiques de l'éjaculat obtenu avec le rythme extensif sont supérieures à celles du rythme intensif (tableau I) d'une part, et à celles du rythme intermédiaire (tableau II) d'autre part ; les différences sont à chaque fois significatives ( $p < 0,01$ ). Le pH de la semence est plus faible avec le rythme extensif : 6,89 vs 6,98 pour le rythme intensif dans l'expérience I, 6,98 vs 7,03 pour le rythme intermédiaire dans l'expérience II.

Par rapport aux fréquences intensive – expérience I – et intermédiaire – expérience II – de prélèvement, le rythme extensif permet de recueillir respectivement 34 et 11% de volume de semence en plus par éjaculat, en même temps que le pourcentage de spermatozoïdes vivants est amélioré de 23 et 7%. Mais, parmi les variables mesurées, c'est la concentration qui montre l'augmentation la plus nette, + 96% et + 35% respectivement. Ces différences cumulées se traduisent par un écart important au niveau du nombre de spermatozoïdes recueillis par éjaculat : les gains respectifs enregistrés avec la fréquence extensive de collecte sont de + 172% et + 59% pour le nombre de spermatozoïdes vivants, + 133% et + 60% pour le nombre de spermatozoïdes totaux.

L'augmentation quantitative de volume et de nombre de spermatozoïdes s'accompagne d'une amélioration de la motilité. Le regroupement en classes des notes de motilité d'ensemble rend mieux compte de l'avantage du rythme extensif : les 2/3 des éjaculats de ce groupe, dans l'expérience I, présentent une note supérieure à 7, la proportion n'étant que de 1 éjaculat sur 3 dans le rythme intensif. L'écart entre les 2 groupes expérimentaux est plus réduit dans l'expérience II : 84% pour le rythme extensif vs 67% pour le rythme intermédiaire. L'examen de la distribution de la motilité individuelle dégage des conclusions similaires.

La variabilité entre mâles est importante, comme semble le montrer l'étendue de la distribution des moyennes par mâle (tableaux I et II). Cependant, quelle que soit la variable considérée, certains mâles se distinguent par une variance individuelle très proche, sinon supérieure à la variance globale.

La comparaison des écarts types des moyennes montre des valeurs proches dans les 2 rythmes de récolte, que ce soit dans l'expérience I (tableau I) ou dans l'expérience II (tableau II). Mais l'étendue de la distribution des moyennes par mâle fluctue en fonction de la fréquence de collecte, surtout par l'émergence de mâles à moyennes élevées avec le rythme extensif et, à l'inverse, de mâles à moyennes faibles avec le rythme intensif ou intermédiaire.

### **Effet de l'âge des mâles**

Il est estimé par l'effet de la période expérimentale, dans l'expérience I principalement (7 périodes au lieu de 2 dans l'expérience II). L'effet de la période est significatif, quelle que soit la caractéristique considérée de l'éjaculat ( $p < 0,01$ ). Un problème se pose : la confusion de l'effet de l'âge du mâle avec l'effet des conditions d'environnement. Ainsi, pour la plupart des variables mesurées dans l'expérience I, l'évolution suivante est enre-

gistrée : après un niveau moyen à élevé en 1<sup>re</sup> période (7 sem initiales), les moyennes chutent en périodes 2 et surtout 3, pour augmenter ensuite en périodes 4 et 5. La chute marquée en périodes 2 et 3 correspond à la saison estivale, où de fortes températures ( $> 30^{\circ}\text{C}$ ) sont souvent relevées plusieurs jours de suite. La comparaison des moyennes des différentes périodes montre que cette dépression estivale est nettement plus importante avec le rythme intensif, par rapport à celle enregistrée dans le groupe extensif.

L'évolution comparée des moyennes des caractéristiques de l'éjaculat au cours des 4 dernières périodes de l'expérience I montre néanmoins des différences. Le volume moyen enregistré lors des 2 dernières périodes est supérieur à celui de l'ensemble des périodes précédentes. En revanche, la concentration moyenne diminue au-delà de la période 4 (rythme extensif) ou 5 (rythme intensif), mais de façon peu marquée. Pour toutes les autres variables, les moyennes se stabilisent au-delà de la période 4. C'est le cas du pH, des 2 critères de motilité, et du nombre de spermatozoïdes, vivants ou totaux, récoltés par éjaculat.

### ***Corrélations entre les caractéristiques de l'éjaculat***

Dans l'expérience I, environ 1 800 données (950 éjaculats du rythme extensif, et 850 du rythme intensif) sont intégrées dans le calcul des corrélations par modalité expérimentale.

Les variables mesurées ou calculées sont quasiment toutes corrélées (tableau III). Ainsi, une corrélation positive significative lie les critères qualitatifs de la semence – les 2 notes de motilité et le pourcentage de spermatozoïdes vivants – à la concentration et au nombre de spermatozoïdes totaux ou vivants par éjaculat ; la valeur du coefficient de corrélation varie alors de 0,28 à

**Tableau I.** Caractéristiques de l'éjaculat en fonction de la fréquence de collecte de la semence. Expérience I : comparaison des rythmes extensif (1 j de récolte par semaine) et intensif (3 j de collecte).

Caractéristique	Rythme	n	Moyenne	ETM	Distr	P
Volume (ml)	Extensif	945	0,83	0,01	0,53–1,14	**
	Intensif	1889	0,62	0,01	0,46–0,79	
pH	Extensif	943	6,89	0,01	6,78–6,99	**
	Intensif	1598	6,98	0,01	6,68–7,06	
Motilité d'ensemble	Extensif	943	7,86	0,06	6,65–8,34	**
	Intensif	852	6,32	0,07	4,86–7,56	
Motilité individuelle	Extensif	944	3,67	0,03	3,37–3,90	**
	Intensif	846	3,09	0,03	2,64–3,64	
Pourcentage de spz vivants	Extensif	945	83,2	0,7	74,9–88,8	**
	Intensif	852	67,6	0,8	48,9–84,5	
Concentration (x 10 <sup>6</sup> spz/ml)	Extensif	942	575	9	274–910	**
	Intensif	846	293	10	123–411	
Nb de spz vivants par éjaculat (x 10 <sup>6</sup> )	Extensif	942	395	7	111–624	**
	Intensif	845	145	8	42–227	
Nb de spz totaux par éjaculat (x 10 <sup>6</sup> )	Extensif	1204	438	6	140–680	**
	Intensif	1186	188	7	76–277	

spz : spermatozoïdes ; n : nombre d'éjaculats ; ETM : écart type de la moyenne ; Distr : étendue de la distribution des moyennes par mâle ; P : seuil de signification de la différence entre les moyennes (\*\* : différence significative à  $P < 0,01$ ).

0,49 dans le rythme extensif, et de 0,43 à 0,59 dans le rythme intensif ( $p < 0,01$ ). En revanche, les mêmes critères qualitatifs de la semence ne paraissent pas liés au volume de l'éjaculat, malgré l'existence d'une corrélation significative mais faible ( $+0,12 < r < +0,16$ ) dans le rythme intensif ; la corrélation est nulle dans le rythme extensif.

Par ailleurs, une corrélation négative significative mais faible ( $r = -0,13$ ) semble lier le volume à la concentration dans le rythme extensif, mais elle n'est pas confirmée dans le rythme intensif. Enfin, à une diminution du pH correspond une amélioration de l'ensemble des caractéristiques de l'éjaculat :  $-0,09 < r < -0,26$  dans le

rythme extensif,  $-0,23 < r < -0,42$  dans le rythme intensif ( $p < 0,01$ ).

Les corrélations calculées dans l'expérience II confirment la plupart des résultats précédents. Une différence est néanmoins relevée ; la liaison négative entre le volume et la concentration est ici évidente :  $r = -0,23$  dans le rythme extensif,  $r = -0,26$  dans le rythme intermédiaire ( $p < 0,01$ ).

#### **Répétabilité des caractéristiques de l'éjaculat**

La valeur de la répétabilité due au mâle des caractéristiques de l'éjaculat est en géné-



**Tableau II.** Caractéristiques de l'éjaculat en fonction de la fréquence de collecte de la semence. Expérience II : comparaison des rythmes extensif (1 j de récolte par semaine) et intermédiaire (2 j de collecte).

Caractéristique	Rythme	n	Moyenne	ETM	Distr	P
Volume (ml)	Extensif	314	0,79	0,01	0,35–1,18	**
	Intermédiaire	435	0,71	0,01	0,51–1,01	
pH	Extensif	313	6,98	0,01	6,86–7,16	**
	Intermédiaire	435	7,03	0,01	6,89–7,22	
Motilité d'ensemble	Extensif	314	8,08	0,05	7,57–8,43	**
	Intermédiaire	435	7,57	0,04	5,54–8,26	
Motilité individuelle	Extensif	314	3,89	0,03	3,54–4,00	**
	Intermédiaire	435	3,71	0,02	3,18–3,99	
Pourcentage de spz vivants	Extensif	314	85,3	0,5	79,7–90,4	**
	Intermédiaire	435	80,1	0,5	59,5–86,4	
Concentration (x 10 <sup>6</sup> spz/ml)	Extensif	314	560	13	273–957	**
	Intermédiaire	435	414	11	254–650	
Nb de spz vivants par éjaculat (x 10 <sup>6</sup> )	Extensif	314	362	9	139–544	**
	Intermédiaire	435	228	8	151–328	
Nb de spz totaux par éjaculat (x 10 <sup>6</sup> )	Extensif	361	415	9	163–590	**
	Intermédiaire	608	260	7	128–369	

spz : spermatozoïdes ; n : nombre d'éjaculats ; ETM : écart type de la moyenne ; Distr = étendue de la distribution des moyennes par mâle ; P : seuil de signification de la différence entre les moyennes (\*\* : différence significative à  $P < 0,01$ ).

ral faible (tableau IV pour l'expérience I et tableau V pour l'expérience II). La répétabilité la plus élevée est celle du volume (valeur de 0,40) dans le rythme extensif de l'expérience II.

Deux groupes de caractéristiques peuvent être distingués :

– Les critères relatifs à la quantité de sperme (volume) et de spermatozoïdes récoltés (concentration, nombre de spermatozoïdes vivants ou totaux par éjaculat), pour lesquels la répétabilité est plus élevée avec le rythme extensif.

– Les critères qualitatifs de la semence, les 2 notes de motilité, le pH, et le pourcentage de spermatozoïdes vivants, pour lesquels la répétabilité est en général plus forte avec le rythme intensif ou intermédiaire, comparativement au rythme extensif.

Dans le rythme extensif des 2 expériences, le premier groupe de caractéristiques (les critères de quantité de sperme et de spermatozoïdes récoltés par éjaculat) présente une meilleure répétabilité due au mâle.

**Tableau III.** Corrélations entre les caractéristiques de la semence, calculées sur les valeurs résiduelles par éjaculat. Expérience I : comparaison des rythmes extensif (au-dessous de la diagonale) et intensif (au-dessus de la diagonale).

	VOL	pH	MOT1	MOT2	PCSPZ	CONC	NSPZV	NSPZT
Volume (VOL)		-0,23 (0,001)	0,16 (0,001)	0,13 (0,001)	0,12 (0,001)	-0,02 (0,580)	0,34 (0,001)	0,37 (0,001)
pH	-0,22 (0,001)		-0,41 (0,001)	-0,42 (0,001)	-0,39 (0,001)	-0,26 (0,001)	-0,34 (0,001)	-0,33 (0,001)
Motilité (MOT1) d'ensemble	0,02 (0,642)	-0,13 (0,001)		0,87 (0,001)	0,89 (0,001)	0,55 (0,001)	0,59 (0,001)	0,56 (0,001)
Motilité (MOT2) individuelle	-0,01 (0,804)	-0,09 (0,008)	0,72 (0,001)		0,86 (0,001)	0,43 (0,001)	0,47 (0,001)	0,43 (0,001)
Taux de spz vivants (PCSPZ)	0,00 (0,909)	-0,12 (0,001)	0,76 (0,001)	0,70 (0,001)		0,48 (0,001)	0,54 (0,001)	0,49 (0,001)
Concentration (CONC)	-0,13 (0,001)	-0,16 (0,001)	0,47 (0,001)	0,30 (0,001)	0,35 (0,001)		0,81 (0,001)	0,83 (0,001)
Nb de spz vivants (NSPZV)	0,37 (0,001)	-0,26 (0,001)	0,49 (0,001)	0,34 (0,001)	0,44 (0,001)	0,77 (0,001)		0,98 (0,001)
Nb de spz totaux (NSPZT)	0,42 (0,001)	-0,26 (0,001)	0,44 (0,001)	0,28 (0,001)	0,33 (0,001)	0,77 (0,001)	0,99 (0,001)	

Coefficient de corrélation de Pearson entre parenthèses : seuil de signification du coefficient de corrélation.

### **Quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltés**

Le rythme de récolte du sperme différant entre les 2 lots de mâles de chaque expérience, il nous semble judicieux de comparer les quantités de spermatozoïdes récoltés par semaine.

La quantité hebdomadaire de spermatozoïdes recueillis, que ce soit les vivants ou les totaux, est plus élevée avec le rythme intensif ou intermédiaire, comparés au régime extensif (tableaux VI, VII) ; quelle que soit la méthode de calcul appliquée, la différence est toujours significative

( $p < 0,01$ ). Le rythme intensif permet de récolter entre 16 et 30% de spermatozoïdes en plus, par rapport à la quantité hebdomadaire obtenue avec le rythme extensif. Le gain correspondant réalisé dans l'expérience II avec le rythme intermédiaire, varie de +16 à +23%.

L'écart, toujours en faveur des rythmes intensif et intermédiaire, est moins important quand il s'agit de spermatozoïdes vivants. Ceci s'explique, d'une part, par le meilleur taux de spermatozoïdes vivants enregistré avec le rythme extensif et, d'autre part, par la fréquence plus élevée des récoltes éliminées dans les régimes intensif ou intermédiaire.

**Tableau IV.** Répétabilité, due au mâle, des caractéristiques de l'éjaculat en fonction du rythme de récolte. Expérience I : comparaison des rythmes extensif et intensif.

<i>Caractéristique</i>	<i>Rythme extensif</i>			<i>Rythme intensif</i>		
	<i>V (B)</i>	<i>V (W)</i>	<i>R</i>	<i>V (B)</i>	<i>V (W)</i>	<i>R</i>
Volume	0,041	0,076	0,35	0,010	0,050	0,16
pH	0,003	0,043	0,07	0,012	0,061	0,17
Motilité d'ensemble	0,235	1,426	0,14	0,598	3,816	0,14
Motilité individuelle	0,019	0,307	0,06	0,088	0,935	0,09
Taux de spz vivants	15,5	173,6	0,08	104,4	549,7	0,16
Concentration	35516	70044	0,34	10715	51741	0,17
Nb de spz vivants	17230	53771	0,24	3567	18069	0,16
Nb de spz totaux	20190	63361	0,24	3453	22265	0,13

V (B) : variance entre mâles ; V (W) : variance intra-mâle; R : répétabilité

**Tableau V.** Répétabilité, due au mâle, des caractéristiques de l'éjaculat en fonction du rythme de récolte. Expérience II : comparaison des rythmes extensif et intermédiaire.

<i>Caractéristique</i>	<i>Rythme extensif</i>			<i>Rythme intermédiaire</i>		
	<i>V (B)</i>	<i>V (W)</i>	<i>R</i>	<i>V (B)</i>	<i>V (W)</i>	<i>R</i>
Volume	0,044	0,065	0,40	0,019	0,055	0,25
pH	0,007	0,033	0,17	0,010	0,039	0,24
Motilité d'ensemble	0,062	0,501	0,11	0,542	0,981	0,35
Motilité individuelle	0,013	0,105	0,11	0,044	0,282	0,13
Taux de spz vivants	9,5	54,1	0,15	53,9	110,7	0,33
Concentration	28526	50982	0,36	13958	44001	0,24
Nb de spz vivants	12131	33546	0,27	2537	18551	0,12
Nb de spz totaux	14581	45270	0,24	3371	22667	0,13

V (B) : variance entre mâles ; V (W) : variance intra-mâle; R : répétabilité

Il est à noter, là aussi, l'importance de la variabilité entre mâles, appréciée par l'étendue de la distribution des moyennes individuelles.

## DISCUSSION

La fréquence extensive de collecte est plus efficace : elle permet de réaliser plus de récoltes utiles en terme de rapport au nombre de récoltes potentielles. De plus, le nombre de mâles sortis de l'analyse en raison de la contamination trop fréquente de leur semence par l'urine ou à cause de refus quasi systématiques de prélèvement, est à chaque fois plus faible avec le rythme extensif. Il serait néanmoins prématuré de conclure à un effet certain de la fréquence de collecte sur la production par le mâle de ce type de réponses au prélèvement ; il aurait fallu pour cela réaliser, au niveau du protocole expérimental, un dispositif croisé qui permet de soumettre chaque individu à l'ensemble des modalités expérimentales.

Mais ce type de dispositif pose le problème des effets rémanents éventuels des traitements.

Des auteurs ont déjà relevé la fréquence faible des refus de prélèvement chez le lapin (Grégoire *et al*, 1958 ; Amann et Lambiase, 1967) et, à l'inverse, la fréquence plus importante des éjaculats contaminés par l'urine, en particulier chez certains individus (Adams, 1972), mais ils ne font pas de relation avec le rythme de récolte du sperme.

L'âge plus précoce à l'entrée en contrôle des mâles de l'expérience II – 20 sem au lieu de 22 sem dans l'expérience I – peut expliquer en partie la différence observée dans la fréquence des refus de prélèvement entre les 2 expériences. En outre, les proportions relativement élevées de refus dans l'expérience II peuvent être dues à la durée expérimentale plus courte et donc une répercussion plus grande des nombreux refus au démarrage. Par ailleurs, l'aptitude des mâles à fournir plus ou moins régulièrement de la semence peut constituer une

**Tableau VI.** Quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltés, vivants ou totaux, selon le rythme de récolte. Expérience I : comparaison des rythmes extensif et intensif.

Méthode de calcul		Nb de spz vivants			Nb de spz totaux		
		Extensif	Intensif	P	Extensif	Intensif	P
Sélection des données <sup>a</sup>	M	716	835	**	848	1099	**
	ET	422	661		458	724	
	N	424	283		593	429	
	DM	223–1185	240–1396		283–1312	401–1700	
Ensemble des données <sup>b</sup>	M	671	778	**	831	1064	**
	ET	418	638		464	729	
	N	518	338		611	465	
	DM	199–1020	229–1338		260–1312	392–1670	

M : moyenne ( $\times 10^6$ ) ; ET : écart type ( $\times 10^6$ ) ; N : nombre de données ; DM : étendue de la distribution des moyennes par mâle ; P : seuil de signification de la différence entre les moyennes (\*\* : différence significative à  $P < 0,01$ ) ; <sup>a</sup> sélection des données correspondant aux semaines et mâles dont la totalité des récoltes potentielles est réalisée ; <sup>b</sup> l'ensemble des récoltes est comptabilisée.

**Tableau VII.** Quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltés, vivants ou totaux, selon le rythme de récolte. Expérience II : Comparaison des rythmes extensif et intermédiaire.

Méthode de calcul		Nb de spz vivants			Nb de spz totaux		
		Extensif	Intermédiaire	P	Extensif	Intermédiaire	P
Sélection des données <sup>a</sup>	M	708	872	**	840	1 009	**
	ET	332	314		383	341	
	N	138	73		175	123	
	DM	273-1 128	552-1 192		305-1179	540-1 377	
Ensemble des données <sup>b</sup>	M	645	749	**	816	953	**
	ET	341	335		387	385	
	N	176	137		186	166	
	DM	223-911	483-1 133		309-1179	481-1 313	

M : moyenne ( $\times 10^6$ ) ; ET : écart type ( $\times 10^6$ ) ; N : nombre de données ; DM : étendue de la distribution des moyennes par mâle ; P : seuil de signification de la différence entre les moyennes (\*\* : différence significative à  $P < 0,01$ ) ; <sup>a</sup> sélection des données correspondant aux semaines et mâles dont la totalité des récoltes potentielles est réalisée ; <sup>b</sup> l'ensemble des récoltes est comptabilisée.

caractéristique de souche, et l'écart relevé entre les 2 expériences s'expliquerait alors par la différence des souches utilisées.

Les résultats obtenus soulignent l'importance de la fréquence de collecte pour la production de sperme et la quantité de spermatozoïdes récoltés, par éjaculat ou par semaine, mais aussi pour la variabilité entre mâles des caractéristiques de l'éjaculat.

À la fréquence intensive ou intermédiaire correspond une détérioration de l'ensemble des caractéristiques de l'éjaculat moyen : quantité de sperme et de spermatozoïdes, motilité et pourcentage de spermatozoïdes vivants. La valeur du pH est plus faible avec le rythme extensif, mais le pH est corrélé négativement avec toutes les autres caractéristiques de l'éjaculat. De ce fait, le pH pourrait constituer un critère objectif – et rapide – d'évaluation de la semence, en accord avec More O'Ferral et Meacham (1968) qui rapportent chez le lapin une corrélation significative de  $-0,51$  entre le pH et la fertilité.

Une diminution du nombre de spermatozoïdes dans l'éjaculat s'accompagne donc d'une baisse de la motilité. La corrélation positive observée de façon systématique entre la concentration et le nombre de spermatozoïdes, d'une part, et les critères de motilité, d'autre part, est conforme aux résultats obtenus chez le lapin par Panella et Castellini (1990) et Battaglini *et al* (1992), qui rapportent le même type de liaison entre la concentration et la motilité.

Des études menées chez différentes espèces, entre autres le lapin, le bélier, et le taureau, basées sur l'estimation des réserves testiculaires de spermatozoïdes, montrent que le rythme de récolte n'affecte pas le niveau de la production spermatique dans le testicule. Amann (1970a), faisant la synthèse de ces travaux, souligne en revanche la diminution de la durée nécessaire pour le transit du spermatozoïde dans l'épididyme, ainsi que la réduction des réserves épидидymaires, suite à l'application d'un rythme intensif de récolte. Dans

les 2 études menées chez le lapin (Kirton *et al*, 1967 ; Lambiase et Amann, 1969), le même rythme intensif que celui utilisé ici est appliqué. Par ailleurs, d'après Amann (1981), quand le mâle (lapin, cheval ou taureau) est au repos sexuel pendant 7 j ou plus, le nombre de spermatozoïdes stockés dans la queue de l'épididyme et disponibles pour l'éjaculation équivaut à 3 à 5 fois la quantité produite quotidiennement dans les testicules et à 2 à 3 fois la quantité d'un éjaculat typique. Un rythme élevé de récolte, tel que le rythme intensif pratiqué ici, diminue donc les réserves de la queue de l'épididyme, ainsi que le nombre de spermatozoïdes dans l'éjaculat.

Il est probable que, du fait de l'élévation de la fréquence de récolte, il est fait appel, lors de l'éjaculation, à des spermatozoïdes de plus en plus "jeunes", la durée de leur séjour dans l'épididyme étant raccourcie. L'accélération du transit épididymaire peut ainsi altérer le déroulement normal du processus d'acquisition de la motilité dans l'épididyme, ce qui expliquerait la détérioration de ce caractère, qui accompagne la réduction consécutive du nombre de spermatozoïdes dans l'éjaculat.

Cependant, des explications autres que l'effet du rythme de récolte sur la durée du transit épididymaire doivent être recherchées. La corrélation entre le nombre de spermatozoïdes et leur motilité est aussi observée intra-modalité expérimentale, quel que soit le rythme de récolte ; de plus, elle est significative chez la quasi-totalité des mâles de l'expérience I, dont la durée a permis la récolte d'un nombre élevé d'éjaculats par mâle.

Une autre origine de la corrélation pourrait finalement résider dans les mécanismes physiologiques intimes responsables de la maturation épididymaire. Ces mécanismes sont peu connus, et c'est peut-être du côté des interactions éventuelles entre les cellules épithéliales de l'épididyme (et les protéines qu'elles sécrètent) et le spermato-

zoïde qu'il faut rechercher une explication à l'amélioration de la motilité des spermatozoïdes quand ceux-ci sont en grand nombre.

Compte tenu du fait qu'aucune étude n'a inclus des rythmes extensif et intermédiaire tels que ceux pratiqués ici, il est difficile de comparer les valeurs moyennes des caractéristiques de la semence à celles obtenues dans des travaux antérieurs. Il est en effet prouvé, et nos résultats le confirment, que la fréquence de collecte influence grandement les caractéristiques de l'éjaculat. De plus, les souches de mâles utilisées sont toujours différentes et les effectifs réduits.

Si nous comparons les résultats avec ceux obtenus dans les mêmes conditions de prélèvement (rythme intensif), les valeurs moyennes de concentration sont en accord avec celles données par Amann et Lambiase (1967) et Desjardins *et al* (1968). En revanche, les valeurs de volume sont supérieures à celles rapportées par ces auteurs. Mais la comparaison des résultats du rythme extensif à des données plus actuelles obtenues avec la même fréquence de collecte (Battaglini *et al*, 1992) fait ressortir des valeurs de volume, concentration, et nombre de spermatozoïdes par éjaculat très proches, sinon égales. L'origine des écarts de volume constatés pourrait résider dans la nature différente des souches de mâles étudiées. Les mêmes écarts pourraient aussi provenir simplement de l'échantillonnage des mâles, du fait des effectifs réduits dans les travaux incriminés.

La variabilité importante des caractéristiques de l'éjaculat, aussi bien celle globale de la mesure que celle relevée entre mâles, est soulignée par la plupart des auteurs (Desjardins *et al*, 1968 ; Williams *et al*, 1990 ; Battaglini *et al*, 1992). En accord avec les résultats des deux 1<sup>res</sup> études, le rythme de récolte influence la répétabilité due au mâle. Dans un rythme extensif analogue, les derniers auteurs cités rapportent des valeurs similaires de répétabilité due au mâle pour la concentration, le nombre

de spermatozoïdes par éjaculat et la motilité, mais des valeurs plus faibles pour le volume (0,24 vs 0,35 et 0,40 dans les expériences I et II respectivement) et plus élevées pour le pH (0,24 vs 0,07 et 0,17). Par ailleurs, notre estimation de la répétabilité du nombre de spermatozoïdes totaux est plus faible que celle donnée par Macmillan et Hafs (1967), qui ont appliqué le même rythme intensif (0,13 vs 0,34). Les souches et effectifs de mâles, ainsi que les durées expérimentales différentes, peuvent être à l'origine des écarts constatés. En accord avec les résultats de Battaglini *et al* (1992), les critères relatifs au nombre de spermatozoïdes paraissent plus répétables que les critères de motilité, au moins dans le rythme extensif. La connaissance d'une telle hiérarchie est importante lorsque l'objectif est de choisir des mâles, dans une phase de testage, en fonction de leur aptitude à la production de sperme ; une discrimination maximale des mâles est alors recherchée. Mais les résultats de répétabilité obtenus ici ne sauraient donner lieu à des conclusions définitives, étant donné les limites de validité, déjà soulignées, de la méthode d'analyse.

La quantité moyenne de spermatozoïdes récoltés par éjaculat est relativement stable au cours de la 2<sup>e</sup> partie de l'expérience I (24 dernières semaines). Mais une évolution inverse du volume (en augmentation) et de la concentration (en diminution) sous-tend cette stabilité. En accord avec les observations d'Amann et Lambiase (1967), il semble que les glandes annexes atteignent leur développement maximal plus tardivement que les testicules.

Il n'existe pas à notre connaissance d'étude comparative similaire incluant le même rythme extensif ou intermédiaire que ceux appliqués ici. Le plus souvent, il est comparé différents régimes intensifs à une fréquence minimale d'une récolte hebdomadaire unique. Desjardins *et al* (1968) préconisent l'utilisation d'un rythme intensif

identique à celui utilisé ici, préférentiellement au rythme extensif minimal précédent, sur la base d'une quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltés plus élevée (679 vs 273 millions). Les moyennes corrigées du nombre de spermatozoïdes recueillis par semaine montrent la nette supériorité du rythme extensif pratiqué ici par rapport à un rythme minimal qui serait constitué du seul 1<sup>er</sup> éjaculat de ce groupe (874 vs 381 millions de spermatozoïdes).

Si la quantité hebdomadaire de spermatozoïdes totaux récoltés est ramenée à une quantité journalière, celle-ci s'élèverait à 117 millions en moyenne pour le rythme extensif, 135 millions avec le rythme intermédiaire, et 152 millions pour le rythme intensif. Cette dernière estimation est égale à celles données par Amann (1970a, b) sur la base de 2 études faites sur des mâles de souche Néozélandaise blanche, avec un rythme intensif de collecte (149 et 152 millions). Avec le même rythme, mais en utilisant une technique de mesure différente, Lambiase et Amann (1969) trouvent une valeur plus faible : 101 millions de spermatozoïdes. Avec un rythme extensif tel que celui pratiqué ici, Battaglini *et al* (1992) obtiennent une estimation très proche de la nôtre : 121 millions. Cependant, Amann (1970b) ainsi que Lambiase et Amann (1969) rapportent une valeur de nombre de spermatozoïdes produits quotidiennement dans les testicules largement supérieure à la quantité récoltée par jour (251 et 201 millions, respectivement dans les 2 études). La différence est, semble-t-il, liée à des phénomènes de résorption dans l'épididyme et les canaux déférents car, au contraire de plusieurs espèces, le lapin n'élimine pas de spermatozoïdes dans l'urine (Orgebin-Crist, 1968).

En conclusion, sur la base de la quantité hebdomadaire de spermatozoïdes récoltés, une fréquence plus soutenue – 2 à 3 j de collecte par semaine – paraît préférable au rythme extensif : mais l'amélioration ainsi enregistrée est loin d'être proportionnelle à

la somme de travail investie : elle est au maximum de 30%. Il est intéressant de noter que Paquignon *et al* (1978), passant en revue un certain nombre d'études sur le porc, rapportent qu'une fréquence de récolte supérieure à 1 par semaine induit une baisse importante du nombre de spermatozoïdes par éjaculat tout en n'améliorant que modérément la quantité hebdomadaire totale de spermatozoïdes récoltés (Il faut toutefois rappeler que le verrat, par rapport au lapin, n'a que peu de réserves épидидymaires de spermatozoïdes). Le rythme extensif permet ici de multiplier le nombre de spermatozoïdes par éjaculat du rythme intermédiaire par 1,6 et celui du rythme intensif par 2,3, en même temps que la qualité de la semence, appréciée par la motilité, est améliorée. Si l'on se place dans le cadre d'un atelier de production de semence, et en accord avec l'idée émise par Bussière et Bariteau (1992) pour la production de sperme par le verrat, le choix de la fréquence de collecte doit répondre à un impératif d'optimisation de l'efficacité du travail : il s'agit de trouver un compromis entre la recherche d'une quantité maximale de spermatozoïdes par unité de temps (la semaine par exemple), et l'objectif de collecte d'un nombre maximal de spermatozoïdes par éjaculat. Nous avons montré que l'amélioration de ce dernier critère, induite par le rythme extensif, est en proportion nettement plus importante que le gain de quantité hebdomadaire totale résultant des fréquences intensive et intermédiaire. Le rythme extensif de récolte nous paraît donc réaliser la meilleure adéquation entre le nombre de spermatozoïdes par éjaculat et leur qualité, le nombre total par semaine, et la gestion rationnelle des chantiers de collecte.

## REMERCIEMENTS

L'auteur remercie tout particulièrement B Poudjardieu, M Theau-Clément, H de Rochambeau et G Bolet pour leur contribution et leur disponi-

bilité. Il tient aussi à remercier J Esparbié pour sa participation active à la mise au point et à la réalisation des protocoles, F Tudela et toute l'équipe de la station expérimentale Lapins et Palmipèdes. Ses remerciements vont enfin à J Falières et F Pépin.

## RÉFÉRENCES

- Adams CE (1972) Induction of ovulation and AI techniques in the rabbit. *Vet Rec* 91, 194-197
- Amann RP (1970a) Sperm production rates. In : *The testis* (AD Johnson, WR Gomez, NL Vandemark, eds), Academic Press, New York and London, vol 1, 433-482
- Amann RP (1970b) The male rabbit. IV. Quantitative testicular histology and comparisons between daily sperm production as determined histologically and daily sperm output. *Fertil Steril* 21, 662-672
- Amann RP (1981) A critical review of methods for evaluation of spermatogenesis from seminal characteristics. *J Androl* 2, 37-58
- Amann RP, Lambiasi JT Jr (1966) Effect of ejaculation frequency and breed on semen characteristics and sperm output of rabbits. *J Reprod Fertil* 11, 291-293
- Amann RP, Lambiasi JT Jr (1967) The male rabbit. I. Changes in semen characteristics and sperm output between puberty and 1 year of age. *J Reprod Fertil* 14, 329-332
- Battagliani M, Castellini C, Lattaioni P (1992) Variability of the main characteristics of rabbit semen. *J Appl Rabbit Res* 15, 439-446
- Boussit D (1989) Reproduction et insémination artificielle en cyniculture. Assoc Fr Cyniculture, Lempdes France, 234 p
- Bussière J, Bariteau F (1992) Production spermatique des jeunes verrats Large White dans un centre d'insémination artificielle. In : *24<sup>es</sup> Journées de la recherche porcine en France*, 4-6 février 1992, Paris, ITP, 357-362
- Chang MC, Thorsteinsson T (1958) Effects of urine on motility and fertilizing capacity of rabbit spermatozoa. *Fertil Steril* 9, 231-237
- Desjardins C, Kirton KT, Hafs HD (1968) Sperm output of rabbits at various ejaculation frequencies and their use in the design of experiments. *J Reprod Fertil* 15, 27-32
- Grégoire AT, Bratton RW, Foote RH (1958) Sperm output and fertility of rabbits ejaculated either once a week or once a day for 43 weeks. *J Anim Sci* 17, 243-248
- Kirton KT, Desjardins C, Hafs HD (1967) Distribution of sperm in male rabbits after various ejaculation frequencies. *Anat Rec* 158, 287-292
- Lambiasi JT, Amann RP (1969) The male rabbit. 5. Changes in sperm reserves and resorption rate indu-



- ced by ejaculation and sexual rest. *J Anim Sci* 28, 542-549
- Macmillan KL, Hafs HD (1967) Semen output of rabbits ejaculated after varying sexual preparation. *Proc Soc Exp Biol Med* 125, 1278-1281
- Martinet L (1974) Aspects de la physiologie de la reproduction chez le lapin. *Nouvelles de l'Aviculture* 212, 13-15
- More O'Ferral GJ, Meacham TN (1968) Relationships between pH, other semen traits and fertility in rabbits. In : *6<sup>e</sup> Congrès International de Reproduction Animale et Insémination artificielle*, 22-26 juillet 1968, Paris, INRA, Vol 2, 1279-1281
- Orgebin-Crist MC (1968) Gonadal and epididymal sperm reserves in the rabbit: estimation of the daily sperm production. *J Reprod Fertil* 15, 15-25
- Panella F, Castellini C (1990) Environmental and genetic factors affecting semen characters in the rabbit. *Rivista di Coniglicoltura* 27, 39-41
- Paquignon M, Martinat-Botte F, Bariteau F *et al* (1978) Préoccupations et connaissances techniques en matière de reproduction porcine. In : *10<sup>es</sup> Journées de la recherche porcine en France* (Institut technique du porc, ed), Paris, 63-92
- Walter MR, Martinet L, Moret B, Thibault C (1968) Régulation photopériodique de l'activité sexuelle chez le lapin mâle et femelle. *Arch Anat Histol Embryol* 51, 773-780
- Williams J, Gladen BC, Schrader SM, Turner TW, Phelps JL, Chapin RE (1990) Semen analysis and fertility assessment in rabbits: statistical power and design considerations for toxicology studies. *Fund Appl Toxicol* 15, 651-665