

# Héritabilité de la fécondance de la semence de lapin utilisée en insémination artificielle

J.M. BRUN<sup>1</sup>, E. AILLOUD<sup>1</sup>, E. BALMISSE<sup>2</sup>, A. SANCHEZ<sup>1</sup>,  
G. BOLET<sup>1</sup>, M. THEAU-CLEMENT<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA, UR631 Station d'Amélioration Génétique des Animaux BP 52627 - F31326 Castanet Tolosan,

<sup>2</sup>INRA, UE PECTOUL, F31326 Castanet-Tolosan

**Résumé.** L'objectif de cette étude est d'estimer l'héritabilité de la fécondance, définie comme la contribution du mâle à la fertilité (F), à la prolificité (nés vivants, NV) et à leur combinaison (productivité), en insémination artificielle (IA). La semence est sélectionnée (absence d'urine, volume >0,4ml, motilité massale >5), diluée au 1/20<sup>ème</sup> dans du Galap et utilisée en monospermie. L'étude utilise 5 cohortes successives de mâles et 3 cohortes successives de lapines pour tester la fécondance. Les résultats concernent 2019 inséminations réalisées sur 674 lapines à partir de 236 éjaculats provenant de 128 mâles de la souche INRA1001. La fertilité moyenne est de 66,4%, la taille de portée moyenne de 8,8 nés vivants et la productivité de 5,9 nés vivants par insémination. Nous utilisons un modèle linéaire mixte (méthode REML) incluant entre autres, l'effet fixé de l'état physiologique de la lapine (parité x réceptivité x état de lactation) et 4 effets aléatoires : effet génétique additif du mâle, effet d'environnement permanent du mâle, effet éjaculat (un seul éjaculat par mâle à une série d'IA, permettant 8 AI en moyenne) et l'effet de la lapine. L'héritabilité de la fécondance est inférieure à 1%, quel que soit le critère considéré. L'effet d'environnement permanent lié au mâle semble plus élevé pour NV (4%) que pour F (<1%). C'est l'inverse pour l'effet éjaculat (5% pour F vs. 2% pour NV). La lapine explique de l'ordre de 10% de la variance des 3 critères. L'effet global du mâle, comparé à celui de la femelle, est négligeable pour la fertilité et dans un rapport de 4 à 10 pour le nombre de lapereaux nés vivants. Dans nos conditions d'étude, la prolificité serait plus influencée par le mâle que la fertilité.

**Abstract. Heritability of the fertilising ability of the male rabbit after artificial insemination.** The aim of this study was to estimate the heritability of the fertilizing ability of the male rabbit after artificial insemination, considered at the level of 3 criteria: fertility (F), prolificacy (number born alive, BA) and their product (productivity). Semen was selected (no urin, volume>0.4ML, mass motility>5), diluted in Galap (1:19) and used in monospermy. Five cohorts of bucks were tested for fertilizing ability over 3 female cohorts. The data come from 2019 inseminations performed on 674 rabbit does with 236 ejaculates from 128 bucks from the INRA1001 strain. On average, F was 66.4%, BA was 8.8 rabbits and hence productivity 5.9 born alive by AI. A mixed linear model was used (using the REML method), including among others the fixed effect of the physiological state of the female (a combination of parity, receptivity and lactation stage) and 4 random effects: the buck additive genetic value, the buck permanent environmental effect, the ejaculate effect (one ejaculate per buck and AI series, resulting in 8 AI on average) and the effect of the rabbit doe. The heritability estimates were lower than 1% for all 3 criteria of fertilizing ability. The permanent environment effect seemed to be higher for BA (4%) than for F (1%). The reverse was true for the ejaculate effect (5% for F vs. 2% for BA). The rabbit does accounted for about 10% of the variance for the 3 criteria. The global male effect, with respect to the female one, was negligible for fertility and in the ratio 4 to 10 for number born alive. In our experimental conditions, prolificacy would thus be more influenced by the buck than fertility.

## Introduction

Le développement de l'insémination artificielle (IA) en Europe s'est accompagné d'une meilleure connaissance des facteurs de succès de l'insémination liés à la femelle et au mâle. En effet, les deux sexes contribuent à la fertilité, que ce soit en IA ou en saillie naturelle. L'influence du mâle ne se limite pas à la fertilité car il peut avoir un effet sur la taille de portée (Chen *et al.*, 1989 ; Theau-Clément *et al.*, 1996). Nous appellerons fécondance du mâle, sa contribution à la fertilité et à la taille de portée. Les travaux concernant l'amélioration génétique de la fécondance ont été revus par Piles *et al.* (2012). Certains d'entre eux considèrent l'effet global du mâle ; d'autres, plus analytiques, considèrent les relations entre les

caractéristiques de la semence et sa fécondance après IA. L'effet global du mâle a été étudié en saillie naturelle (Piles *et al.*, 2005) et en insémination artificielle, dans différentes conditions expérimentales (diluée, dilution, monospermie ou non, sélection des éjaculats, conservation ou non, induction de l'oestrus ...) (Tussel *et al.*, 2010, Piles et Tusell, 2012).

L'objectif de cette étude est d'estimer l'héritabilité de la fécondance en IA monospermique, dans des conditions originales (semence fortement diluée, utilisation de lapines réceptives ou non) qui nous semblent propices à discriminer les mâles, afin d'étudier les possibilités d'améliorer la fécondance par sélection génétique.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Animaux et conduite d'élevage

Les mâles appartiennent à la souche INRA1001, issue d'une souche lourde d'un sélectionneur privé (Grimaud Frères sélection). Ils se répartissent en 5 lots, échelonnés entre 2004 et 2008. Pour constituer un lot, environ 80 mâles sont mis en place à l'Unité Expérimentale lapin du centre INRA de Toulouse (PECTOUL) à l'âge de 28 jours. A l'âge de 21 semaines, ils entrent dans une phase d'entraînement au prélèvement au vagin artificiel durant 2 semaines, à l'issue de laquelle 36 mâles sont sélectionnés pour la phase expérimentale qui dure 21 semaines. Les mâles sont alors prélevés une fois par semaine à raison de deux éjaculats à 15 minutes d'intervalle. Trois cohortes successives de 220 lapines de la souche INRA1777 sont utilisées pour tester la fécondance des mâles. Elles sont inséminées tous les 42 jours et conduites en bande unique. Des lapines des souches INRA1777 et 2266 assurent le renouvellement intra-cohorte. Aucun traitement d'induction de l'œstrus n'est utilisé. L'ovulation est induite par l'injection intramusculaire de 0,2 ml de Réceptal (Intervet). Les animaux sont placés sous un éclairage continu de 16h de lumière par jour. Ils reçoivent quotidiennement un aliment commercial contenant 175g/kg de protéines et 145g/kg de fibres et sont nourris et abreuvés à volonté.

### 1.2. Inséminations

Seuls les éjaculats non contaminés d'urine, de volume supérieur à 0,4 ml et de motilité massale supérieure à 5 (Petitjean, 1965) sont dilués 20 fois dans du Galap (IMV Technologies France) et conservés pour les IA. La semence (un éjaculat de chaque mâle) est conditionnée en paillettes de 0,5 ml en fin de matinée et stockée à température ambiante. La réceptivité des lapines est testée avant le chantier d'inséminations (présentation à un mâle) afin d'attribuer à chaque mâle des lapines de différents état physiologiques (allaitantes ou non, réceptives ou non). La dose moyenne d'IA contient  $27 \times 10^6$  spermatozoïdes (minimum :  $1 \times 10^6$ , maximum  $85 \times 10^6$ ). Les inséminations sont réalisées au maximum 6 heures après les collectes.

### 1.3. Variables analysées

Trois paramètres de la fécondance sont analysés : la fertilité F (variable 0 ou 1), le nombre de lapereaux nés vivants (NV, analysé sur les portées ayant au moins un lapereau né) et la productivité, définie comme le produit de F par NV : elle prend la valeur de 0 pour F=0 et la valeur 'nés vivants' pour F=1.

### 1.4. Analyses statistiques

Le modèle utilisé pour estimer l'héritabilité de la fécondance est un modèle linéaire mixte comportant 4 effets fixes et 4 effets aléatoires. Les effets fixes sont celui de l'état physiologique des lapines au moment de l'insémination, comportant 11 niveaux qui croisent 3 niveaux de parité (nullipare, primipare et multipare),

2 niveaux de réceptivité et 2 niveaux d'allaitement, celui de la série d'insémination (17 niveaux), du génotype des lapines (2 niveaux), de leur statut (lapine mise en place en début de bande ou de renouvellement). Les effets aléatoires pris en compte sont la valeur génétique additive du mâle (A), l'effet d'environnement permanent de chaque mâle (EP), l'effet de l'éjaculat (EJ) et l'effet de la femelle (F) de

matrice de variance covariance respectives :  $A\sigma_A^2, I\sigma_{EP}^2, I\sigma_{EJ}^2, I\sigma_F^2$  où A est la matrice de parenté et I une matrice identité de taille adéquate. Les généalogies sont prises en compte sur 4 générations. La version 6.0 du logiciel VCE (Neumaier et Groeneveld, 1998, Groeneveld *et al.*, 2010) est utilisée pour estimer ces variances. L'héritabilité est calculée comme  $h^2 = \sigma_A^2 / \sigma_T^2$  où  $\sigma_T^2$  désigne la variance totale. Les répétabilités intra et inter éjaculat ont été calculées respectivement de la manière suivante :

$$\left( \sigma_A^2 + \sigma_{EP}^2 + \sigma_{EJ}^2 \right) / \sigma_T^2, \left( \sigma_A^2 + \sigma_{EP}^2 \right) / \sigma_T^2$$

La répétabilité intra éjaculat tient compte d'une plus grande ressemblance des résultats pour des IA réalisées avec le même éjaculat par rapport à des IA réalisées avec des éjaculats différents. La répétabilité inter éjaculat correspond à la répétabilité entre séries d'IA, car un seul éjaculat par mâle est utilisé à une série d'IA. C'est ainsi que nous l'appellerons. Elle représente également la part de la variance liée au mâle dans la variance totale.

## 2. Résultats et discussion

Les résultats concernent 2019 inséminations réalisées sur 674 lapines à partir de 236 éjaculats provenant de 128 mâles (tableau 1). Un éjaculat a permis de réaliser 8 inséminations en moyenne et un mâle, 16 inséminations en moyenne. Cela correspond à une représentation moyenne de 2 séries d'IA par mâle.

**Tableau 1. Statistiques descriptives des données de fertilité**

Nombre de mâles	128
Nombre d'éjaculats	236
Nombre de séries d'IA	17
Nombre d'IA	2019
Nombre de femelles	674
Nombre moyen d'éjaculats par mâle (mini-maxi)	1,84 (1-4)
Nombre moyen d'IA par mâle (mini-maxi)	15,77 (3-58)
Nombre moyen d'IA par femelle (mini-maxi)	3,00 (1-8)
Nombre de pères des mâles	27
Nombre de mères des mâles	78

### 2.1. Résultats zootechniques

La fertilité moyenne est de  $66,4 \pm 47,3$  % et la taille de portée moyenne de  $8,8 \pm 3,7$  nés vivants. En conséquence la productivité n'est que de  $5,9 \pm 5,2$  nés vivants par IA, reflet de l'absence d'induction de

l'œstrus et d'un épisode de problèmes sanitaires. Ces performances varient en fonction de l'état physiologique des lapines, de la série d'IA (qui prend

en compte les facteurs environnementaux), du génotype des lapines et de leur statut de renouvellement.

**Tableau 2. Héritabilité et contribution des autres composantes de la variance (% de la variance totale), répétabilités et rapport de la composante mâle à la composante femelle pour 3 paramètres de fécondance**

	Fertilité (F) 2019	Nés vivants (NV) 1340	Productivité (P=F x NV) 2019
<b>Part des composantes de la variance</b>			
Génétique additive (héritabilité) (a)	<0,01	<0,01	<0,01
Environnement permanent du mâle (b)	<0,01	0,04±0,04	0,01±0,01
Ejaculat (c)	0,05±0,01	0,02±0,02	0,04±0,02
Femelle (d)	0,10±0,03	0,10±0,04	0,12±0,03
<b>Répétabilités</b>			
Répétabilité entre séries <sup>(1)</sup> (= part de la variance due au mâle = a + b)	<0,01	0,04±0,04	0,01±0,01
Répétabilité intra éjaculat (= a + b + c)	0,05±0,01	0,06±0,04	0,05±0,02
<b>Ratio</b> composante mâle / composante femelle de la variance	$\varepsilon$	0,4	0,08

<sup>(1)</sup> identique à la répétabilité entre éjaculats.

## 2.2. Héritabilités, autres contributions à la variance de la fécondance et répétabilités (tableau 2)

**Héritabilités.** Quel que soit le paramètre considéré, la fécondance apparaît très peu héritable ( $h^2 < 0,01$ ). En ce qui concerne la fertilité mâle, la faible héritabilité obtenue dans notre étude confirme les estimées antérieures sur la souche Caldes (IRTA, Barcelone), comprises entre 0,02 et 0,04 selon le modèle statistique utilisé (Tusell *et al.*, 2010 ; David *et al.*, 2011 ; Piles et Tusell, 2012). En ce qui concerne la contribution du mâle à la taille de portée, l'héritabilité a également été trouvée très faible dans cette même souche :  $h^2 = 0,017$  (nés totaux ; Tusell *et al.*, 2010). Précisons cependant que les conditions de ces expériences étaient différentes de la nôtre : élimination des semences sur un seul critère (présence d'urine), mélange de 2 éjaculats d'un même mâle, faible dilution (1/5 vs 1/20), réceptivité des lapines induite par injection d'eCG.

La différence entre nos estimées (nulles) et les estimées non nulles dans la souche Caldes pourrait provenir de la souche, mais aussi de la sélection plus forte des éjaculats pour l'IA. Cette sélection porte en particulier sur la motilité massale, qui est liée à la fécondance (Brun *et al.*, 2002 ; Theau-Clément *et al.*, 2009). Elle empêcherait de discriminer les mâles sur leur valeur phénotypique pour la fécondance, et a fortiori, sur leur valeur génétique additive. La qualité de la semence dépasserait alors le seuil requis pour assurer la fertilisation (Theau et Roustan, 1980), même si le nombre de spermatozoïdes inséminés dans notre étude est certainement plus faible du fait d'une dilution plus élevée. De plus, les estimées de la souche Caldes concernent un mélange de 2 éjaculats par mâle, contre un seul dans notre étude. Cela pourrait contribuer à augmenter l'héritabilité, comme cela a été montré pour les caractéristiques de la semence (Tusell, 2011).

L'environnement permanent lié au mâle représente des effets d'environnement propres à chaque mâle, comme l'emplacement de sa cage dans la cellule d'élevage, par exemple. La contribution de cet effet à la variance totale est quasiment nulle pour la fertilité et la productivité ( $\leq 0,01$ ). Elle est de 4% pour le nombre de nés vivants. En comparaison, ces valeurs sont de 4% pour la fertilité et de 2% pour le nombre de nés totaux dans l'étude de Tusell *et al.* (2012) dans des conditions comparables, excepté la sélection et le mélange des éjaculats.

La somme de cette contribution et de l'héritabilité représente la répétabilité entre séries de la performance du mâle, ou encore la part du mâle à la variance totale. Celle-ci est quasiment nulle pour la fertilité et la productivité ; elle est de 4% pour le nombre de nés vivants. A nouveau, l'absence d'effet du mâle sur la fertilité trouvée dans notre étude pourrait s'expliquer par la sélection des éjaculats utilisés pour les inséminations.

La variance de l'effet « éjaculat » (variance entre les éjaculats d'un même mâle) contribue à la ressemblance (corrélation) entre les performances obtenues à partir d'un même éjaculat. Sa contribution à la variance totale est de l'ordre de 4 à 5% pour la fertilité et la productivité, et de l'ordre de 2% pour le nombre de nés vivants. Les valeurs homologues dans l'étude de Tusell *et al.* (2012) sont de 12% pour la fertilité et 2% pour le nombre de nés totaux, cependant pour un mélange de 2 éjaculats.

La répétabilité de la performance du mâle intra-éjaculat est du même ordre de grandeur pour les 3 paramètres analysés (5 à 6%), mais sa composition en termes des variances élémentaires varie selon le caractère : la fertilité est plus sensible à l'effet éjaculat ; la taille de portée à l'effet d'environnement permanent.

L'effet femelle représente de l'ordre de 10% de la variance pour la fertilité et le nombre de nés vivants et de 12% pour la productivité. Les valeurs homologues dans la souche Caldes sont de 13% pour la fertilité et 18% pour le nombre de nés totaux (Tusell *et al.*, 2012). En comparaison, l'effet mâle prend en compte tout au plus 1% de la variance de la fertilité et de la productivité et 4% du nombre de nés vivants. Le rapport de la composante mâle à la composante femelle est négligeable pour la fertilité, de 40% pour le nombre de nés vivants et de seulement 8% pour la productivité.

Le même jeu de données a fait l'objet d'une analyse des relations entre les caractéristiques de la semence et la fécondance après IA (Theau-Clément *et al.*, 2009) et met en évidence une relation positive entre les paramètres de motilité et la fécondance (+ 1,1 NV par IA quand le pourcentage de spermatozoïdes motiles (pmot) dépasse 83%, pour une gamme de pmot des semences inséminées variant de 32 à 99%). Par ailleurs, sur la totalité des éjaculats analysés dans la même expérience (2313 éjaculats vs. 236 éjaculats inséminés dans la présente étude), la répétabilité de pmot est estimée à 0,28 et son héritabilité à 0,18 (Brun *et al.*, 2009). Sur ces bases, on pouvait s'attendre à une répétabilité et à une héritabilité non nulles de la fécondance. Ce n'est pas le cas car la fécondance fait intervenir de multiples facteurs de milieu, s'ajoutant aux caractéristiques de la semence, dont on ne tient pas compte ce qui a pour effet d'augmenter la variabilité résiduelle et donc de diminuer l'héritabilité.

### Conclusion

L'objectif de cette étude était d'estimer l'héritabilité de la fécondance en insémination artificielle, définie comme la contribution du mâle à la fertilité et à la prolificité. Dans nos conditions expérimentales, l'héritabilité estimée est quasi nulle. Il en est de même pour la répétabilité entre séries d'IA, indiquant qu'il n'y a pas de différences de fécondance entre mâles. Ce résultat démontre la prépondérance des facteurs de milieu non contrôlés et non pris en compte dans le modèle, dans la réussite de l'IA.

### Remerciements

Les auteurs remercient les techniciens du Pôle Expérimental Cunicole de Toulouse (PECTOUL) ainsi que Jacky Falières et B. Pena-Arnaud pour leur précieuse collaboration.

### Références

- BRUN JM, THEAU-CLEMENT M, BOLET G. 2002. The relationship between rabbit semen characteristics and reproductive performance after artificial insemination. *Animal Reproduction Science*, 70,139-149.
- BRUN JM, SANCHEZ A, DUZERT R, SALEIL G, THEAU-CLEMENT M. 2009. Genetic Parameters of Rabbit Semen Traits. 9<sup>th</sup> World Congress on Genetic Applied to Livestock Production, August 2-6, 2010, Leipzig, Germany.
- CHEN YQ, LI J, SIMKI ME, YANG X, FOOTE RH 1989. Fertility of fresh and frozen rabbit inseminated at different times as indicative of male differences in capacitation time. *Biology of reproduction* 41 (5): 848-853.
- DAVID I, CARABAÑO MJ, TUSELL L, DIAZ C, GONZALEZ-RECIO O, LOPEZ DE MARURANA E, PILES M, UGARTE E, BODIN L. 2011. Product versus additive model for studying artificial insemination results in several livestock populations. *J. Anim. Sci.*, 89, 321-328.
- GROENEVELD E, KOVAC M, MIELENZ N. 2010. VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0.
- NEUMAIER A, GROENEVELD E, 1998. Restricted maximum likelihood estimation of covariances in sparse linear models. *Genetics Selection Evolution*, 30, 3-26.
- PETITJEAN M. 1965. Recherche sur l'estimation du pouvoir fécondant des coqs. Mémoire de fin d'études d'Ingénieur, CNAM, Paris, France, 1965.
- PILES M., RAFEL O., RAMON J., VARONA L. 2005. Genetic parameters of fertility in two lines of rabbits with different reproductive potential. *J. Anim. Sci.*, 83:340-343.
- PILES PM, TUSELL L. 2012. Genetic correlation between growth and female and male contributions to fertility in rabbit. *Journ. Anim. Breed. Genet*, 129, 298-305.
- PILES M, TUSELL L, LAVARA R, BASELGA M. 2012. Breeding programs for improving male reproductive performance and efficiency of insemination doses production in paternal lines: feasibility and limitations. In: Proc. 10th World Rabbit Congress, Sharm El-Sheikh (Egypt), September 3-6<sup>th</sup>, 2012.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1999. SAS User's guide, version 8, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- THEAU M, ROUSTAN A. 1980. L'insémination artificielle chez la lapine. Techniques utilisées, quelques résultats. In: Proc. 2nd World Rabbit Congress, Barcelona (Spain), April 1980.
- THEAU-CLÉMENT M, BENCHEIKH N, MERCIER P, BELLEREAUD J, 1996. Reproductive performance of does under artificial insemination use of deep frozen rabbit semen. 6th World Rabbit Congress, Toulouse, France, 9-12 juillet 1996, Vol.2, 127-132.
- THEAU-CLEMENT M, AILLOUD E, SANCHEZ A, DUZERT R, SALEIL G, BRUN JM, 2009. Relation entre les caractéristiques de la semence de lapin et sa fécondance. 13èmes journées de la Recherche Cunicole, 22-23 novembre 2011, Le Mans, France.
- TUSELL L. GARCIA-TOMAS M, BASELGA M, REKAYA R, RAFEL O, RAMON J, LOPEZ-BEJAR M, PILES M. 2010. Genotype x AI conditions interaction for male effect on fertility and prolificacy. *J. Anim. Science*, 88, 3475-3485.
- TUSELL L. 2011. Exploring the genetics of the efficiency of fertile AI dose production in rabbits. Ph. D Thesis. Polytechnic University of Valencia (Spain).