

# Facteurs de variation génétiques et environnementaux de la production de semence et de la réussite de l'insémination artificielle en ovins

DAVID I. (1), LEYMARIE C. (1), LAGRIFFOUL G. (2), MANFREDI E. (1), ROBERT-GRANIE C. (1), BODIN L. (1)

(1) INRA, UR631 Station d'amélioration génétique des animaux, F-31320 Castanet-Tolosan, France

(2) Institut de l'élevage-ANIO - F-31320 Castanet-Tolosan - France

**RESUME** - Une action innovante soutenue par le ministère de l'Agriculture a été menée entre 2005 et 2007 dans le but d'étudier les facteurs de variation génétiques et environnementaux de la production de semence ovine et de la réussite de l'insémination artificielle (IA). Les données des six principaux centres d'insémination (CIA) ovins français, qui effectuent 96 % des IA françaises, ont servi aux analyses qui concernaient huit races. Près de 200 000 enregistrements de collecte de semence et plus de 700 000 enregistrements d'IA ont été analysés. La production de semence a été évaluée au travers des quatre caractères suivants : le volume, la concentration, le nombre de spermatozoïdes par éjaculat et la motilité du sperme. Les principaux facteurs de variation de la production de semence mis en évidence sont l'année, la quinzaine, l'âge de l'animal, l'intervalle de temps entre collectes et le nombre de sauts effectués au moment de la collecte. Les héritabilités de la production quantitative de semence sont moyennes (0,12 à 0,33) et plus faible pour la motilité du sperme (0,02 à 0,14 en fonction de la race). Les principaux facteurs de variation de la réussite de l'insémination sont globalement identiques pour toutes les races : l'année, la quinzaine, l'âge de la femelle, l'intervalle de temps entre la mise bas précédente et l'IA, la motilité du sperme et l'opérateur d'IA. Comme pour les autres espèces, l'héritabilité de la fertilité femelle est faible (4 à 8 % en fonction de la race) et celle de la fertilité mâle est très faible (< 0,5 % pour toutes les races).

## Genetic and environmental factors affecting artificial insemination success and semen production in sheep

DAVID I. (1), LEYMARIE C. (1), LAGRIFFOUL G. (2), MANFREDI E. (1), ROBERT-GRANIE C. (1), BODIN L. (1)

(1) INRA - UR631 Station d'Amélioration Génétique des Animaux - F-31320 Castanet-Tolosan - France

**SUMMARY** - This study, supported by the ministère de l'Agriculture in the framework of a 'BELIA action', was performed during the 2005 to 2007 period to evaluate the genetic and environmental factors affecting artificial insemination (AI) results and semen production in sheep. Data came from six French AI centres that performed more than 96% of the French ovine AI. Close to 200 000 semen collections and more than 700 000 AI records were used for the analysis. Four semen production traits were analysed : the volume, concentration, number of spermatozoa and mass motility of the sperm. After selection, the main factors affecting semen production were year, fortnight, age of the male, interval between collections and number of ejaculates at collections. Heritabilities for quantitative semen production were medium (0.12 to 0.33) and lower for motility (0.02 to 0.14 depending on the breed). The main factors affecting AI results were similar between breeds: year, fortnight, female age, interval from lambing to AI, sperm motility and AI operator. Heritabilities of female fertility were low (4 to 8% according to the breed) and extremely low for male fertility (<0.5% in all breeds).

### INTRODUCTION

En France, plus de 800 000 inséminations artificielles (IA) ovines sont effectuées annuellement. En raison des particularités de cette espèce, 99 % des IA sont réalisées en semence « fraîche », ce qui implique que le sperme du bélier servant à l'insémination doit être collecté au maximum dans les huit heures précédant l'IA. Cette contrainte, associée au fait que la période d'insémination n'est généralement que de quelques mois par an, oblige les centres d'IA (CIA) à élever un grand nombre de béliers pour être capables, au moment opportun de répondre à la demande de doses d'insémination. Augmenter le nombre de « doses utiles à l'IA » (doses servant effectivement à l'insémination après sélection de la semence sur sa motilité et sa concentration) produites par bélier permettrait aux CIA de diminuer leurs coûts de production en réduisant le nombre de mâles. Le nombre de doses utiles qu'un bélier est capable de produire est notamment fonction du volume, de la concentration et de la motilité du sperme. Le premier enjeu de cette étude était d'identifier et de quantifier les facteurs de variation environnementaux et génétiques de ces composantes de la production de semence.

Les CIA sont également très intéressés par une amélioration de la réussite de l'IA. En effet le taux de réussite conditionne le degré d'utilisation de cette technique par les éleveurs, la

pérennité des CIA et leur capacité à mettre en œuvre la sélection et la diffusion du progrès génétique. Le second enjeu de notre étude consistait à rechercher les facteurs génétiques et environnementaux de la réussite de l'IA. Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une action conjointe INRA-ANIO intitulée 'BELIA'. Cet article reprend des publications antérieures déjà présentées dans le cadre des 3R (David *et al.*, 2005, 2007).

### 1. MATERIEL ET METHODES

#### 1.1. MATERIEL

728 177 enregistrements d'IA et 197 605 enregistrements de collectes issues de six centres d'insémination français (CIA) et concernant huit races (Lacaune, Manech tête rousse, Manech tête noire, Basco-Béarnaise, Texel, Mouton Vendéen, Blanc du Massif Central et Ovin Ile de France) ont été centralisés et analysés. La collecte des béliers est similaire entre CIA. Le mâle, pouvant avoir reçu un traitement photopériodique ou un implant de mélatonine, est stimulé par la présence d'un bout en train et prélevé à l'aide d'un vagin artificiel. Pour un mâle donné, le mélange de un à trois éjaculats successifs (un éjaculat par saut de l'animal) sur une période de deux à cinq minutes est évalué immédiatement après la collecte. Trois mesures sont effectuées sur chaque mélange : le volume est lu à l'aide d'un

tube gradué, la concentration est déterminée par spectrophotométrie et la motilité massale est évaluée subjectivement au microscope à partir d'une goutte non diluée ni colorée de sperme. Elle est notée sur une échelle continue de 0 (immobilité totale) à 5 (courant vif avec remous) et seules les semences notées à plus de 4 ou 3,5 selon les CIA sont conservées. La semence est ensuite diluée à 1,4 ou 1,6.10<sup>9</sup> spz / ml et conditionnée à 15°C en paillette de 0,25 ml. Les femelles sont inséminées après synchronisation (éponge vaginale FGA sur quatorze jours et injection de PMSG au retrait de l'éponge). Par la centralisation des informations issues des CIA et du contrôle de performance, il a été possible d'associer à chaque IA l'ensemble des informations relatives à la femelle (identifiant, carrière, intervalle de temps mise-bas précédente-IA, ...), à la collecte du mâle (volume, concentration, motilité, ...) et au déroulement de l'insémination (inséminateur, intervalle de temps collecte-IA, ...). Au total plus de quarante facteurs environnementaux ont été testés.

## 1.2. METHODES

Quatre caractéristiques de la production de semence ont été étudiées : le volume, la concentration, le nombre de spermatozoïdes par éjaculat et la motilité du sperme. Nous avons considéré que les caractères de production étaient différents entre jeunes (< 1 an) et adultes afin de savoir si la production d'un jeune animal en testage était prédictive de celle qu'il aura à l'âge adulte. Les variables ont été analysées à l'aide de modèles à répétabilité simple multicaractère.

Le résultat de l'insémination étant lié au mâle et à la femelle simultanément, nous avons analysé les données à l'aide d'un modèle d'estimation conjointe de la fertilité mâle et femelle. L'analyse a été réalisée à l'aide d'un modèle linéaire où le résultat de l'insémination est une fonction de la somme des effets génétiques et environnementaux spécifiques à chaque sexe et des effets environnementaux non liés aux sexes.

Pour chaque étude, les analyses ont été réalisées intra-race intra-centre. La sélection des facteurs de variation a été faite par comparaison de modèles emboîtés à l'aide de tests du rapport de vraisemblance.

## 2. RESULTATS

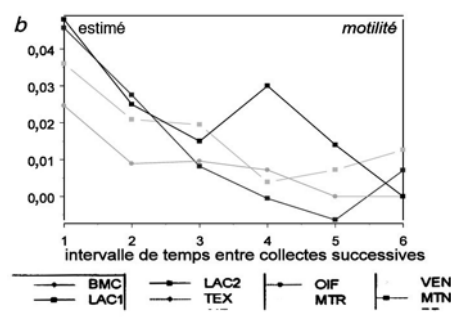
### 2.1. LA PRODUCTION DE SEMENCE

#### 2.1.1. Facteurs de variation environnementaux

Les principaux facteurs de variation de la production de semence sont cohérents entre les différentes races de l'étude. Les deux facteurs de variation principaux sont l'année et la quinzaine d'IA qui est un facteur composite englobant l'effet du traitement photopériodique, des variations saisonnières des températures, de la croissance chez les jeunes animaux. Les variations de la production de semence en fonction de la combinaison année\*quinzaine sont spécifiques à chaque race et il est difficile de décrire une tendance globale. Néanmoins, on peut noter que pour six des neuf races intra-centre il existe une diminution de la concentration du sperme avec les années. On observe également que l'effet de la quinzaine est généralement plus reproductible d'une année sur l'autre en centre laitier qu'en centre allaitant et que la quinzaine pour laquelle la production est maximale correspond le plus souvent au moment où la demande en dose d'insémination est la plus forte ; signe d'efficacité dans la gestion des traitements photopériodiques. L'âge est généralement le troisième facteur de variation par ordre

d'importance de la production quantitative de semence mais il influence peu la motilité. La diminution du nombre de spermatozoïdes avec l'âge dès deux ou quatre ans est cohérente entre les différentes races (-0,25.10<sup>9</sup> spz / ej. / an en moyenne). Néanmoins, l'origine de cette diminution peut être différente en fonction des races. Celle-ci est préférentiellement liée à une diminution du volume du sperme (races Manech tête noire et Texel) ou de la concentration (race Mouton Vendéen). Exception faite de la race Texel, on note une diminution de la motilité du sperme avec l'âge dès trois ans (-0,01 / an en moyenne). L'intervalle de temps entre collectes successives est un facteur de variation non négligeable, significatif pour toutes les variables et toutes les races excepté la race Basco-Béarnaise. Sauf exception, on retrouve une augmentation du volume, de la concentration, du nombre de spermatozoïdes et une diminution de la motilité du sperme lorsque l'intervalle de temps entre collectes augmente (figure 1).

**Figure 1** : effet de l'intervalle de temps en jours entre collectes sur la motilité du sperme pour les jeunes béliers. MTR : Manech Tête Rousse, MTN : Manech Tête noire, BB : Basco-Béarnaise, LAC : Lacaune, TEX : Texel, VEN : Mouton Vendéen, BMC : Blanc du Massif Central



Le nombre de sauts influence significativement et pratiquement systématiquement la production de semence des béliers adultes dans les races pour lesquels il peut être testé (données non disponibles pour un CIA Lacaune et les races Texel, Mouton Vendéen et Ovin Ile de France). Le nombre de spermatozoïdes par éjaculat a tendance à légèrement diminuer avec le nombre de sauts (-0,7.10<sup>9</sup> spz / éj. en moyenne entre le premier et le second saut) tandis que la motilité augmente légèrement (+0,02 en moyenne entre le premier et le second saut).

#### 2.1.2. Paramètres génétiques

Les paramètres génétiques de production de semence ont été estimés sur les races possédant les plus importants effectifs de l'étude (Lacaune, Manech tête Rousse).

**Tableau 1** : paramètres génétiques de la production de semence en race Lacaune

	Héritabilité		Corrélation	
	jeune	adulte	génétique	indice*
Volume	0,19 (0,03)	0,26 (0,04)	0,76	0,81
Concentration	0,27 (0,05)	0,27 (0,05)	0,51	0,53
Nb. de spz	0,17 (0,03)	0,20 (0,04)	0,52	0,42
Motilité	0,07 (0,03)	0,13 (0,03)	0,81	0,58

\*Corrélation entre indices de production (valeur génétique + environnement permanent)

Généralement les héritabilités des caractères de production quantitative de semence sont moyennes et plus faibles pour la motilité du sperme (tableau 1). Pour l'ensemble des caractères, les corrélations génétiques entre production du

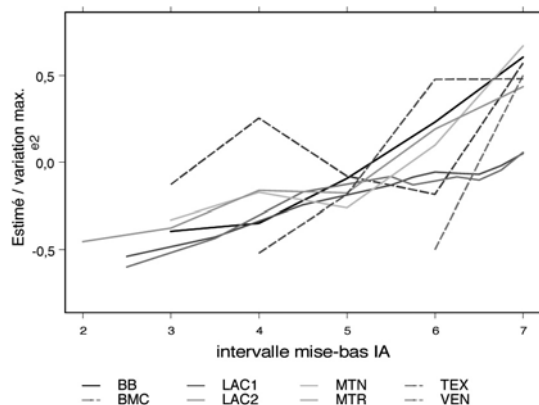
jeune et de l'adulte sont significativement différentes de 1. Ceci signifie que les caractères de production de semence sont différents entre jeune et adulte. Les corrélations entre indices de production sont également différentes de 1, signe que la production de semence d'un jeune n'est qu'en partie prédictive de celle qu'il aura à l'âge adulte.

## 2.2. LA REUSSITE DE L'INSEMINATION

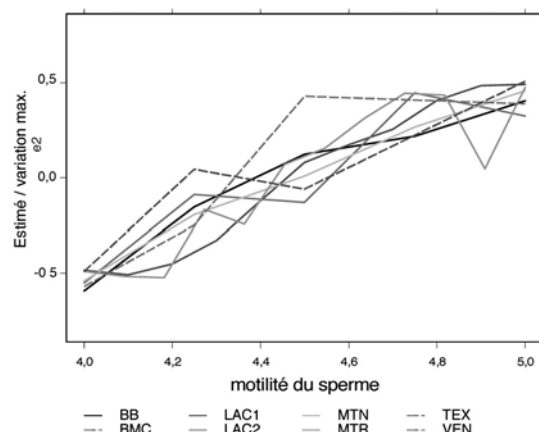
### 2.2.1. Facteurs de variation environnementaux

Les facteurs de variation ayant une influence significative sur la réussite de l'IA sont cohérents entre races. Les quatre principaux facteurs sont l'effet combiné quinzaine-année, l'intervalle de temps entre la mise-bas précédente et l'insémination, l'âge de la femelle et la motilité du sperme. Les autres facteurs significatifs sont l'insémineur, l'effet combiné élevage-année, le quartile de production de lait de la lactation précédente intra élevage-année, la concentration du sperme, le nombre de synchronisations de la brebis au cours de sa carrière, si elle a été synchronisée l'année précédente et si la brebis était en lactation ou pas au moment de l'IA.

**Figure 2 :** effet de l'intervalle mise-bas IA en mois sur la réussite à l'insémination. MTR : Manech Tête Rousse, MTN : Manech Tête noire, BB : Basco-Béarnaise, LAC : Lacaune, TEX : Texel, VEN : Mouton Vendéen, BMC : Blanc du Massif Central



**Figure 3 :** Effet de la motilité du sperme sur la réussite de l'insémination. MTR : Manech Tête Rousse, MTN : Manech Tête noire, BB : Basco-Béarnaise, LAC : Lacaune, TEX : Texel, VEN : Mouton Vendéen, BMC : Blanc du Massif Central



L'effet de la combinaison année-quinzaine est spécifique à chaque race et on ne note pas de tendance. En revanche, on note une diminution de la probabilité de la réussite de l'IA avec l'âge des femelles (-4 % / an en moyenne dès deux ans). L'intervalle de temps entre la mise bas et l'IA est primordial dans la réussite de l'insémination. On note une amélioration de la probabilité de réussite de l'IA lorsque l'intervalle de temps avec la mise bas précédente augmente (figure 2, +10 % en moyenne entre les intervalles mise bas-

IA de trois ou sept mois). Enfin lorsque la note de motilité augmente, la probabilité de réussite de l'insémination augmente également (figure 3, +7 % en moyenne entre notes extrêmes)

### 2.2.2. Paramètres génétiques

Les héritabilités et répétabilités estimées sont cohérentes entre races (tableau 2). La fertilité mâle est extrêmement peu héritable (< 0,5 % pour toutes les races) et répétable alors que la fertilité femelle est faiblement héritable (variant de 3,8 à 7,5 %) et répétable.

**Tableau 2 :** héritabilité et répétabilité de la fertilité mâle et femelle

	Héritabilité		Répétabilité	
	mâle	femelle	mâle	femelle
LAC1 <sup>1</sup>	0,001	0,052*	0,009*	0,113*
LAC2 <sup>1</sup>	0,002	0,051*	0,010*	0,124*
MTR <sup>1</sup>	0,003*	0,050*	0,007*	0,106*
MTN <sup>1</sup>	0,002	0,038*	0,013*	0,100*
BB <sup>1</sup>	0,005	0,075*	0,010*	0,130*
TEX <sup>1</sup>	0,002	0,073*	0,007	0,164*
VEN <sup>1</sup>	<0,001	0,052*	0,009	0,140*
BMC <sup>1</sup>	<0,001	0,060*	0,011	0,133*

<sup>1</sup>MTR : Manech Tête Rousse, MTN : Manech Tête noire, BB : Basco-Béarnaise, LAC : Lacaune, TEX : Texel, VEN : Mouton Vendéen, BMC : Blanc du Massif Central

\*significativement différent de 0

## 3. DISCUSSION

Les estimations des paramètres génétiques et environnementaux obtenues au cours de cette étude montrent une grande cohérence des résultats entre les différentes races ovines considérées.

Les résultats des facteurs de variation environnementaux de la production de semence et de la réussite de l'IA sont cohérents avec la littérature (Anel *et al.*, 2006 ; Duval *et al.*, 2005 ; Mathevon *et al.*, 1998). Ces résultats nous permettent de faire quelques recommandations aux CIA afin d'améliorer production de semence et réussite de l'IA.

Dans le cadre de notre étude, l'effet de la quinzaine est un facteur de variation composite pour lequel on ne peut établir une relation de cause à effet avec la production de semence ou la réussite de l'insémination. Il en est de même pour l'effet de l'année. En revanche, il est possible d'établir une relation de causalité entre l'âge du bélier, l'intervalle de temps entre collecte, le nombre de sauts à chaque collecte et la production de semence. Puisque la production de semence diminue avec l'âge des animaux dès deux ans, il faudrait en toute logique réformer les animaux trop âgés. Mais cette recommandation ne peut s'appliquer qu'en accord avec la nécessité de garder en CIA des animaux répondant aux besoins génétiques de la population. Il est difficile d'établir une recommandation stricte par rapport à la gestion de l'intervalle de temps entre collectes. Augmenter cet intervalle permettrait de produire plus de semence pour une collecte donnée mais suppose moins de collectes réalisées par bélier sur l'ensemble de la saison de reproduction. De plus, augmenter l'intervalle de temps entre collectes peut potentiellement conduire à une diminution de la fécondance du sperme (diminution de la motilité). De ce fait, nous conseillons d'éviter des intervalles de temps supérieurs à trois jours entre collectes, quitte à faire éjaculer les béliers sans pour autant en utiliser la semence si cela est possible dans l'organisation du chantier de collectes. Le nombre de spermatozoïdes par éjaculat diminue entre un et deux sauts mais faire sauter l'animal une seconde fois permet de récolter plus de spermatozoïdes sur l'ensemble de la collecte.

De plus, nous n'avons pas mis en évidence d'effet négatif significatif d'une augmentation du nombre de sauts lors d'une collecte sur la production de semence des collectes suivantes ( $p > 0,05$ ). En conséquence, nous pouvons confirmer aux CIA que faire effectuer deux sauts au bélier à chaque collecte est une bonne pratique.

Afin que l'estimation des paramètres génétiques ne soit pas biaisée, nous n'avons pas inclus dans le modèle conjoint d'analyse de la réussite de l'IA l'effet du mode de reproduction de l'année précédente (réussite ou non sur insémination ou monte naturelle). En effet, ce facteur correspond à l'expression du caractère l'année précédente et inclut donc en partie les facteurs génétiques que l'on cherche à estimer. Néanmoins, si l'on cherche uniquement à connaître les facteurs à prendre en compte dans le choix des femelles à inséminer en utilisant un modèle n'incluant que des effets environnementaux ; le mode de reproduction l'année précédente correspond au facteur de variation principal de la réussite de l'IA dans toutes les races. Les femelles ayant réussi à l'IA une année sont celles qui réussiront le mieux à l'IA l'année suivante. En revanche, celles qui n'ont pas été fécondées suite à l'IA sont celles qui auront le moins de chance de réussir à l'IA l'année suivante. Cette information est utilisée actuellement par les centres laitiers pour le choix des femelles à mettre à l'IA, mais peu par les centres allaitants. Outre ce facteur, nos résultats permettent également de préconiser, pour augmenter la réussite de l'insémination, de choisir de mettre à l'IA des femelles qui ne sont pas trop âgées, pour lesquelles l'intervalle de temps entre la mise-bas précédente et l'IA est suffisamment long ( $> 3$  mois). Il est également possible d'améliorer les résultats de l'IA en utilisant du sperme de plus haute motilité possible.

Les paramètres génétiques de la production de semence sont cohérents avec la littérature (Mathevon *et al.*, 1998 ; Smital *et al.*, 2005). Nos résultats montrent que la production d'un jeune animal en testage est en partie prédictive de celle qu'il aura à l'âge adulte. Sélectionner les jeunes animaux en fonction de leurs valeurs génétiques ou de leurs indices de production de semence est donc théoriquement possible. Mais, concrètement, la sélection des animaux en testage selon ce critère (valeur génétique ou indice) n'est utile que si le CIA possède un pool suffisant de béliers en fin de testage apte à devenir améliorateur (index de sélection intéressant, famille adéquate...) Ceci n'est pas toujours le cas.

Les paramètres génétiques des caractères de fertilité sont cohérents avec la littérature (Boichard et Manfredi, 1994 ; Matos *et al.*, 1997). Deux hypothèses peuvent expliquer la très faible héritabilité de la fertilité mâle. La première est que la motilité, facteur intermédiaire inclus dans le modèle, absorbe une partie de la variabilité génétique existante et aurait dû être prise en compte à travers un modèle récursif. Néanmoins, l'estimation de l'héritabilité est toujours aussi faible lorsque l'on n'inclut dans le modèle que les facteurs initiaux de la production de semence. La seconde hypothèse est que la variabilité entre pouvoir fécondant des éjaculats

(et donc des mâles) est masquée par la standardisation des éjaculats réalisée au moment de la préparation des paillettes. En effet, même si les éjaculats sont très différents au niveau de leurs caractéristiques, toutes les doses servant à l'IA correspondent au même volume dans lequel il y a le même nombre de spermatozoïdes qui sont dans le même dilueur. On peut penser que dans des conditions naturelles, la variabilité entre mâles serait plus forte. Vu les faibles valeurs d'héritabilité de la fertilité femelle, l'efficacité d'une sélection polygénique classique sur ce caractère serait faible. Elle n'est, à notre sens, pas à envisager pour le moment dans cette espèce. Bien qu'un nombre très important de facteurs ait été testé dans le modèle d'étude de la réussite de l'IA, la variance résiduelle reste très élevée pour toutes les races. Une explication à cela pourrait être l'inadéquation du modèle à la complexité biologique de la reproduction.

## CONCLUSION

Cette étude avait pour but de fournir des éléments aux CIA pour leur permettre d'améliorer leur production de semence sur une période donnée et leur réussite de l'insémination. Dans le contexte actuel, une sélection génétique sur ces caractères ne semble pas constituer la réponse la plus judicieuse. En revanche, le meilleur contrôle d'un certain nombre de facteurs de variation environnementaux semble plus adéquat. Il est possible d'augmenter la probabilité de réussite de l'insémination en contrôlant au mieux le choix des femelles à inséminer en fonction de leur mode de reproduction des années antérieures, de l'intervalle de temps entre la mise-bas précédente et l'IA et de leur âge, ainsi qu'en augmentant la motilité du sperme utilisé et la technicité des inséminateurs. L'augmentation de la motilité du sperme utilisé ne doit pas se faire au détriment du nombre de doses utiles produites par bélier. Il faut donc rechercher à améliorer celle-ci en limitant notamment l'intervalle de temps entre collectes.

*L'action BELIA a bénéficié du soutien du ministère de l'Agriculture dans le cadre du programme des actions innovantes de la DPEI. Cette étude n'a été possible que grâce à la participation des directeurs et chefs des centres d'insémination animale ovine, de l'ANIO et des ingénieurs pivots gestionnaires des bases de données nationales.*

- Anel M., Alvarez M., Martinez-Pastor F., Garcia-Macias V., Anel E., de Paz P., 2006. *Reprod. Dom. Anim.* 41, 30-42  
Boichard D., Manfredi E. 1994. *Acta Agr. Scand.* 44, 138-145  
David I., Bodin L., Lagriffoul G., Leymarie C., Manfredi E., Robert-Granié C. 2005. 12<sup>èmes</sup> J3R  
David I., Leymarie C., Lagriffoul G., Manfredi E., Robert-Granié C., Bodin L., 2007. 14<sup>èmes</sup> J3R  
Duval P., Belloc J.P., Albaret M., Girou P., Barillet F., 1995. 2<sup>èmes</sup> J3R  
Mathevon M., Buhr M.M., Dekkers, J.C. 1998. *J. Dairy Sci.* 81, 3321-3330  
Matos C.A., Thomas D.L., Gianola D. Perez-Enciso M., Young L.D., 1997. *J. Anim. Sci.*, 75, 76-87  
Smital J., Wolf J., De sousa L.L., 2005. *Anim reprod Sci.* 86, 119-130