

Intérêt zootechnique du gène Booroola en race Mérinos d'Arles

J. TEYSSIER (1), J.M. ELSEN (2), L. BODIN (2), P. BOSC (1), C. LEFEVRE (1), J. THIMONIER (1)

(1) INRA Unité de Zootechnie Méditerranéenne, ENSA.M, 34060 Montpellier cedex 1

(2) INRA Station d'Amélioration Génétique des Animaux, BP27, 31326 Castanet-Tolosan cedex

RÉSUMÉ - Les résultats d'une étude comparative, sur 3 ans, de la productivité de femelles Mérinos d'Arles porteuses hétérozygotes et non porteuses du gène Booroola (respectivement MAF+ et MA++), Mérinos d'Arles pures (MA) et F1 Romanov x MA, sont rapportés. Dans les conditions d'élevage pastoral de la race MA dans le sud-est de la France, avec une lutte à contre-saison, les femelles MAF+ s'adaptent bien. Elles sont aussi fertiles et plus fécondes que les brebis MA. Le poids d'agneaux de 70 jours produit par femelle MAF+ mise en lutte est accru de 41% par rapport aux MA++ et MA, malgré une diminution du poids individuel des agneaux à 70 jours. Ce gain de productivité résulte d'une augmentation de 1,2 ovulations/ femelle ovulante, se traduisant par + 0,9 agneau né et + 0,6 agneau à 70 jours/ femelle mettant bas. Il est obtenu au prix d'une période limitée d'intensification de l'élevage au moment de l'agnelage (surveillance de l'agnelage et allaitement artificiel des agneaux surnuméraires et de petits agneaux), car le principal problème rencontré avec les femelles MAF+ est la variabilité de la taille de portée, avec un pourcentage élevé de portées de 3 ou 4 agneaux (29,5%), comme dans d'autres races prolifiques. Les données sur les carcasses d'agneaux mâles abattus en moyenne à 37 kg, ne mettent pas en évidence de différences entre les génotypes des brebis Mérinos d'Arles.

Value of the Booroola gene for lamb production in the Mérinos d'Arles breed

J. TEYSSIER, J.M. ELSEN, L. BODIN, P. BOSC, C. LEFEVRE, J. THIMONIER

INRA Unité de Zootechnie Méditerranéenne, ENSA.M, 34060 Montpellier cedex 1

SUMMARY - Results from a 3-year comparison of the productivity of Booroola heterozygous carrier and non carrier Mérinos d'Arles ewes (MAF+ and MA++, respectively), pure-bred Mérinos d'Arles (MA) and F1 Romanov x MA, are presented. Under the pastoral management of the MA breed in south-eastern France, with an out of season breeding period, the MAF+ fit very well. Their fertility is as high as that of MA and they are more productive. The weight of 70-day lamb produced per ewe joined increased by 41% compared to non carrier MA++ and MA, despite a lower lamb bodyweight at 70 days. This increase in ewe productivity results from an extra 1,2 ovulations/ ovulating ewe, giving + 0,9 lambs born and + 0,6 lambs at 70 days/ ewe lambing. It was obtained at the expense of a limited period of more intensive management during the lambing (controlled lambing and artificial rearing of surnumerous and small lambs), because, the main problem encountered with MAF+ females is the variability of litter size with a high percentage of litters of 3 or 4 lambs (29,5%), like for other highly prolific breeds. Data on carcasses from male lambs slaughtered at an average liveweight of 37 kg do not show any difference between Mérinos d'Arles ewe genotypes.

INTRODUCTION

La découverte du gène «Booroola» (FecB ou «F») de prolificité des brebis a été suivie de nombreuses études à travers le monde en vue d'évaluer l'intérêt d'une introduction de ce gène dans diverses races locales et pour différents systèmes d'élevage. Ces études s'accordent à trouver une augmentation importante de la taille de portée chez les femelles porteuses hétérozygotes du gène, proche d'un agneau supplémentaire par mise bas pour des races d'accueil peu prolifiques (< 1,5). Davis et al (1991), dans une revue de différentes études, montrent que cette augmentation de la prolificité a une incidence très variable sur la productivité au sevrage (poids d'agneaux sevrés par femelle mise en lutte), en raison de l'importance du poids et de la survie des agneaux sur ce paramètre. Par exemple, certaines études récentes concernant des femelles croisées Booroola Rambouillet (Southey et al, 1994), Booroola Romney et Booroola Perendale (Meyer et al, 1994), ne trouvent pas de différences significatives de productivité au sevrage chez les femelles porteuses quand elles sont respectivement comparées aux femelles Rambouillet et aux croisées Romney et Perendale non porteuses du gène.

Notre objectif est, ici, de présenter les résultats d'un protocole de longue durée d'évaluation de l'effet du gène F sur la production d'agneaux, dans la race Mérinos d'Arles (MA) et dans les conditions d'un système pastoral d'élevage méditerranéen.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. ANIMAUX ET SYSTÈME D'ÉLEVAGE

La race MA, peu prolifique (< 1.4), est très répandue dans les zones d'élevage extensif du sud-est de la France (environ 300 000 brebis) où elle est essentiellement élevée pour la production d'agneaux. L'introgression du gène F a été réalisée au «Domaine du Merle» de 1983 à 1992 (Boomarov, 1991). En 1993, des effectifs suffisants de femelles porteuses (MAF+) et non porteuses (MA++) du gène, 7/8 à 15/16 MA (1/8 à 1/16 Booroola Mérinos), ont permis la comparaison des performances de production de ces 2 génotypes, qui s'est poursuivie pendant 3 ans sur des lots de même structure d'âges auxquels étaient adjoints 2 lots de référence, l'un de femelles MA pures et l'autre de F1 Romanov x MA.

Au total, cette comparaison est basée sur 1240 enregistrements à la production, concernant des femelles âgées de 2 à 8-9 ans (609 femelles) et conduites avec l'ensemble du troupeau MA dans les conditions d'élevage pastoral de la Crau (Pluvinage et Molénat, 1991).

Les caractéristiques de ce système d'élevage sont : l'utilisation de parcours caillouteux et secs («coussous») en fin d'hiver et au printemps, la transhumance estivale dans les Alpes, le pâturage de la repousse automnale de prairies irriguées durant le reste de l'année (ou 4e coupe non valorisée en foin de Crau : 2 à 2,5 t MS/ha). Quand la production des «coussous» (1,5 t MS/ha/an en moyenne), très dépendante des variations annuelles de pluviométrie, est insuffisante, elle peut être complétée par un passage du troupeau dans les prairies ou par le pâturage «d'herbes de printemps» cultivées. La lutte a lieu au printemps sans préparation alimentaire particulière. Les estives contribuent à la remise en état des brebis durant la gestation. Les mise-bas ont lieu en automne après le retour de transhumance. Les brebis utilisent alors la «4e coupe» au moins jusqu'à la fin de l'allaitement.

Contrairement aux autres élevages de la région, le Domaine du Merle ne pratique plus une lutte de rattrapage d'automne compte tenu de la forte fertilité obtenue à la lutte de printemps.

1.2. REPRODUCTION ET ÉLEVAGE DES AGNEAUX

Les femelles impliquées dans le protocole d'évaluation sont mises en lutte naturelle, après «effet mâle», avec des béliers Ile-de-France munis de harnais marqueurs, durant 37 jours en moyenne (à partir de fin avril). L'effet mâle est provoqué par l'introduction de béliers vasectomisés 10 ou 14 jours avant la lutte avec les béliers entiers. Le taux d'ovulation des femelles est mesuré par endoscopie entre 5 et 12 jours après la détection du premier oestrus (ou saillie).

L'agnelage est surveillé jour et nuit. A l'agnelage, les agneaux sont identifiés et pesés. Les mères sont enfermées individuellement avec leur(s) agneau(x) dans une case d'agnelage durant 24 à 48 h puis sont regroupées en bergerie entre 2 et 4 jours. Les agneaux allaités suivent ensuite leur mère au pâturage pendant la journée jusqu'à l'âge d'un mois environ. A ce stade, ils restent en bergerie où ils sont allaités au retour des brebis et habitués très tôt au complément granulé. Les agneaux sont sevrés entre 2,5 et 3 mois. L'élevage en bergerie des agneaux allaités, à partir d'un mois, n'est pas une pratique générale des éleveurs qui laissent plutôt sortir les agneaux avec leur mère jusqu'au sevrage.

Un à deux agneaux sont laissés sous la mère. En règle générale, les primipares (2 ans) n'allaitent qu'un seul agneau. Les agneaux restant sont allaités artificiellement et sevrés à 6 semaines.

Après le sevrage, tous les agneaux sont alimentés avec du granulé à volonte (+ 200 à 300 g de foin/ agneau/ jour) jusqu'à leur vente. Ils sont pesés 3 à 4 fois, à 3 semaines d'intervalle, dans le cadre du contrôle national de performances, ainsi qu'à leur vente. Les femelles sont essentiellement vendues autour de 22-24 kg de poids vif (marché de petits agneaux pour l'Italie et l'Espagne) et la grande majorité des mâles autour de 34-37 kg (production destinée au marché français : agneaux de Sisteron).

1.3. ANALYSE DES DONNÉES

Le poids des femelles à la fin de la lutte, le taux d'ovulation des femelles mettant bas après fécondation sur le premier oestrus, le poids de naissance des agneaux, leur âge de vente ont été analysés avec des modèles linéaires (procédure GLM du logiciel SAS) afin d'évaluer l'influence de différents facteurs sur ces caractères et de comparer les génotypes sur des moyennes ajustées pour les autres facteurs.

2. RÉSULTATS

2.1. POIDS DES FEMELLES

Les moyennes du poids des femelles après la lutte (courant juin) sont respectivement 48,0, 45,0, 44,2 et 50,3 kg pour les femelles MA pures, MA++, MAF+ et F1. L'analyse de ces données montre que les facteurs année, âge, génotype et poids de naissance ont des effets hautement significatifs sur le poids des femelles. L'effet du génotype est indépendant de l'année d'expérimentation. Sur la base des moyennes ajustées, les femelles F1 sont significativement plus lourdes (+ 1,6 kg) que les MA qui sont elles mêmes significativement plus lourdes que les MA++ et MAF+ (respectivement + 1,7 et + 2,0 kg).

2.2. PREMIER OESTRUS ET TAUX D'OVULATION DES FEMELLES

Durant les 4 semaines d'enregistrement qui suivent l'introduction des béliers entiers, plus de 90% des femelles sont détectées marquées par les béliers et subissent une endoscopie, quels que soient le génotype et l'année. Sur 3 ans, seules 2 femelles marquées n'ont pas ovulé et 28 ont mis bas sans avoir été détectées saillies.

Les moyennes des taux d'ovulation des femelles qui mettent bas sur le premier oestrus, après correction des ovulations inférieures à la taille de portée correspondante, sont respectivement 1,30, 1,38, 2,57 et 2,08 pour les MA, MA++, MAF+ et F1. Ainsi, la fixation du gène F entraîne une augmentation moyenne de 1,2 ovulations quand on compare les femelles porteuses aux non porteuses MA++. Les MAF+ ont également un taux d'ovulation moyen supérieur à celui des F1 (+ 0,5 ovulation).

L'analyse de ces taux d'ovulation selon un modèle incluant les facteurs année, âge, génotype et génotype maternel intra-génotype, révèle un effet significatif du génotype maternel. La comparaison des moyennes ajustées correspondantes montre que le niveau d'ovulation des femelles MA++ nées de mères MAF+ est significativement plus élevé que celui des MA++ nées de mères MA++. L'effet hautement significatif du génotype des femelles sur leur taux d'ovulation est indépendant de l'année. La différence observée entre les MA et les MA++ n'est pas significative.

2.3. PERFORMANCES DE PRODUCTION DES FEMELLES

Le Tableau 1 résume les performances pour les différents génotypes et toute la période de lutte. La fertilité des femelles au printemps est élevée. Elle est voisine de 90% quel que soit le génotype. Les performances de production des femelles MA++ et MA sont très comparables.

Les prolificités des femelles MAF+ et F1, respectivement 2,10 et 1,83, se traduisent par des distributions assez distinctes de la taille des portées, avec un pourcentage plus élevé de portées triples et quadruples chez les MAF+ (29,5% contre 8% chez les F1). Ces prolificités sont très supérieures à celles des MA++ et MA chez lesquelles 80% des portées sont simples.

L'analyse du poids de naissance des agneaux selon un modèle incluant les facteurs année, âge, sexe, génotype (des mères) et mode de naissance intra-génotype, montre des différences significatives entre les génotypes des mères pour un même mode de naissance. Par exemple, les agneaux simples et doubles nés de mères MAF+ sont en moyenne plus légers que les simples et les doubles nés de mères MA non porteuses du gène.

La mortalité totale à 70 jours des agneaux des brebis MAF+ est la plus élevée (18% contre 7% en moyenne pour les MA non porteuses et 10% pour les F1). Cependant, pour un mode de naissance identique les différences dans la mortalité des agneaux sont réduites (respectivement 9%, 6% et 7% pour les agneaux simples nés de mères MAF+, MA non porteuses et F1 ; 11%, 9% et 8% pour les doubles). La mortalité augmente avec le mode de naissance, elle est respectivement de 27% et 18% pour les agneaux triples des femelles MAF+ et F1.

Finalement, par rapport aux MA++ et MA, les femelles MAF+ produisent en moyenne + 0,9 agneau à la naissance et + 0,6 agneau à 70 jours par femelle mettant bas. Cette augmentation de productivité numérique se traduit par un gain important de + 40-41% (8,5 à 8,6 kg) sur le poids d'agneaux de 70 jours produit par femelle mise en lutte, malgré une diminution du poids moyen des agneaux à 70 jours (- 9% et - 12% par rapport aux agneaux des MA++ et MA). Les productivités des femelles MAF+ et F1 sont identiques avec une production d'environ 29,5 kg d'agneaux de 70 jours par femelle mise en lutte.

Caractères étudiés	Génotype des femelles			
	MA	MA++	MAF+	F1 (ROxMA)
Femelles mises en lutte (1)	299	269	417	237
Fertilité (en %)	90,0	88,1	91,1	89,0
Taille de portée à la naissance (prolificité)	1,19	1,21	2,10	1,83
% de portées	simples	80,7	79,8	22,4
	doubles	19,3	19,8	48,1
	triples ou quadruples		0,4	29,5
Poids naissance des agneaux (kg)	simples	4,4	4,4	4,1
	doubles	3,8	3,7	3,3
	triples			2,8
% d'allaitement artificiel à la naissance	6,9	8,2	34,1	17,2
Mortalité totale des agneaux	% à 2 jours	6,2	3,1	11,8
	% à 70 jours	8,4	5,6	18,4
Taille de portée à 70 jours	1,09	1,14	1,72	1,65
Poids à 70 jours (2) des agneaux (kg)	21,4	20,6	18,8	20,0
Poids d'agneaux de 70 jours (kg)/ femelle mise en lutte	21,0	20,9	29,5	29,4

(1) Après exclusion des femelles mortes ou disparues avant la mise bas
(2) Les poids à 70 jours sont des moyennes de poids à âge type

Les ventes des agneaux étant fonction du poids, les moyennes des poids de vente sur les 3 années ne diffèrent pas significativement entre les lots (ou génotypes). Globalement, elles sont égales à 24,6 ± 3,6 kg (moyenne ± écart type) pour les femelles et à 36,4 ± 4,6 kg pour les mâles. Les moyennes des âges de vente, ajustées pour les effets de l'année et du poids de vente, montrent que les agneaux femelles des brebis MAF+ sont en moyenne vendus plus tard que les agneaux femelles des MA++ et MA (+ 11 jours) et des F1 (+ 7 jours). Pour les agneaux mâles, vendus plus âgés, les différences d'âges entre lots sont moins importantes mais dépendent de l'année.

Les données recueillies à l'abattoir sur 429 agneaux mâles, nés les 2e et 3e années et vendus en moyenne à 37,4 kg, ne mettent pas en évidence de différence entre les génotypes des mères Mérinos d'Arles (MA, MA++ et MAF+) dans le rendement en carcasse (44%) ainsi que dans la conformation (E, U, R, O, P) et l'état d'engraissement (2, 3, 4, 5) : plus de 82% sont classées R3, moins de 10% sont relativement dévalorisées par leur conformation (O3) ou leur état d'engraissement (R4). Ce dernier pourcentage est de 12% pour les agneaux mâles des brebis F1.

3. DISCUSSION

Les atouts de l'élevage pastoral de Crau résident dans l'utilisation d'espaces qui n'ont pas d'autre finalité possible et dans sa complémentarité avec la production de foin de Crau. Le maintien de cet élevage ovin, dans l'environnement économique actuel, s'est aussi réalisé par une bonne adaptation au régime de subventions et la recherche d'une augmentation de productivité du système d'élevage qui ne s'oppose pas à l'utilisation majoritaire de ressources fourragères non coûteuses (Pluvinage et Molénat, 1991). La diminution durable des prix de vente à la production, une meilleure valorisation des agneaux légers et une éventuelle révision du régime de subventions ont relancé l'intérêt d'une amélioration de la productivité dans les élevages extensifs, par l'utilisation de brebis plus prolifiques. Sur la base de différentes études relatives à l'élevage extensif de femelles F1 croisées Romanov, incluant l'élevage de Romanov x MA au Domaine du Merle, Thériez et al (1996) rapportent un gain moyen de productivité de 0,5 agneau sevré/ brebis/ an chez les F1 quand on les

compare aux races locales impliquées. Malgré les performances intéressantes des F1, que confirme notre étude, l'introduction de ce type génétique est refusé par les éleveurs de Crau en raison du comportement de ces animaux en montagne et, peut être, de leur format plus important que celui des MA.

L'introgression du gène Booroola permet d'augmenter la prolificité tout en conservant les autres caractéristiques de la race d'accueil. Sur ce point, notre étude démontre que le stade d'introgression (au moins 7/8 MA) est suffisant pour retrouver les caractéristiques de production des femelles MA. Seul, le poids des femelles MA++ (et MAF+) apparaît inférieur à celui des MA pures. Cette différence résulte, probablement, d'une moindre pression de sélection chez les croisées Booroola compte tenu des effectifs nécessaires lors du protocole d'introgression, car la souche Booroola de Mérinos australien est proche de la MA par son format et son phénotype. L'augmentation de prolificité observée chez les MAF+ (+ 0,9 agneau par rapport aux MA++) est aussi tout à fait conforme à celles rapportées pour des brebis Mérinos, en Australie et en Nouvelle-Zélande (Piper et al, 1985 ; Dodds et al, 1991). Elle entraîne une variabilité importante de la taille de la portée (TP = 2,10 ; %TP1 = 22,4 ; %TP2 = 48,1 ; %TP≥3 = 29,5) comme chez d'autres races prolifiques telle que la Lacaune viande (TP = 1,94 ; %TP1 = 32,0 ; %TP2 = 43,9 ; %TP≥3 = 24,1 ; Elsen et al, 1994) mais, supérieure à la variabilité observée chez les F1 Romanov x MA.

La mortalité des agneaux des femelles MAF+ reste en dessous des 20% considérés par Bradford (1985) comme une limite de mortalité avant sevrage, dont le dépassement marquerait une inadaptation du mode d'élevage par rapport au niveau de prolificité. Cependant, ce résultat a été obtenu grâce à l'allaitement artificiel de 34% des agneaux nés vivants, ce qui nécessite une installation adaptée. En effet, dans les systèmes extensifs, avec agnelage à l'extérieur et allaitement de tous les agneaux, les mortalités observées avant sevrage sont beaucoup plus élevées. Par exemple, dans les données rapportées par Piper et Bindon (1991), pour des Mérinos F+ et 25% de portées triples ou plus, la mortalité est de 36%. Finalement, malgré une diminution du poids moyen des agneaux à 70 jours, largement expliquée par la fréquence des agneaux nés triples ou quadruples, le gain de productivité observé chez les femelles MAF+ reste important (> 40% quel que soit le génotype MA de référence). Un tel gain de productivité est supérieur à tous ceux rapportés dans la bibliographie pour diverses races locales, différents types de production (viande, lait, laine) dans des systèmes extensifs, semi-intensifs ou intensifs. A titre d'exemples, le gain de productivité au sevrage de femelles Mérinos F+, dans le cadre d'un élevage totalement extensif de Nouvelle Zélande, est de 19% par rapport aux femelles Mérinos pures (Piper et al, 1988) ; le gain maximum de productivité au sevrage

recensé par Davis et al (1991), et provenant d'une étude israélienne sur des femelles croisées Booroola Assaf F+ en élevage intensif, avec allaitement artificiel des agneaux dès la naissance, est de 36,5%. A l'opposé, l'absence de gain significatif de productivité rapportée par Southey et al (1994), pour la comparaison de femelles croisées Booroola Rambouillet F+ avec des Rambouillet pures, en élevage semi-extensif dans le Wisconsin (USA), résulte en partie d'une confusion entre les effets du gène et d'une différence importante de format entre les 2 races.

Les femelles MAF+ ont été conduites au sein du troupeau de la même manière que l'ensemble des brebis MA, sans aucune complémentation ni modification du système pastoral d'élevage. Dans ce système, le pâturage d'automne des regains de prairies de Crau permet l'alimentation de brebis allaitant 2 agneaux (Bosc et al, 1996). En conséquence, le prix du gain de productivité des MAF+ correspond essentiellement au coût de production du surplus des agneaux allaités artificiellement. L'allaitement artificiel des agneaux surnuméraires, et aussi de petits agneaux a été dans cette étude un choix délibéré qui explique le pourcentage élevé de mises en allaitement artificiel à la naissance. Un tel choix a largement contribué à majorer la productivité à 70 jours des femelles MAF+. Sa rentabilité dépend non seulement du coût moyen de l'allaitement artificiel par agneau sevré, mais aussi, d'une filière de vente qui valorise bien la production de petits agneaux. D'après les premiers résultats d'une étude ultérieure au Domaine du Merle, l'alternative qui consisterait à laisser systématiquement 2 agneaux sous les mères MAF+, âgées de plus de 2 ans et aptes à l'allaitement, se traduit par une réduction du pourcentage d'allaitement artificiel (23% des agneaux nés vivants) mais entraîne une augmentation de la mortalité dans les 2 premiers jours (16,6% du nombre total d'agneaux, mort nés inclus).

CONCLUSION

Les femelles MAF+ sont comparables aux MA par leur aspect phénotypique, leur comportement, leur adaptation au système d'élevage local et les caractéristiques des carcasses des agneaux. Elles sont plus fécondes et peuvent ainsi contribuer au maintien d'un élevage ovin économiquement viable dans les zones méditerranéennes d'élevage pastoral, au prix d'une période limitée mais nécessaire d'intensification de l'élevage (surveillance accrue de l'agnelage, allaitement artificiel des agneaux surnuméraires et de petits agneaux).

REMERCIEMENTS

Cette étude a été soutenue financièrement par un contrat Européen CT920232. Les auteurs remercient toute l'équipe des techniciens et bergers du Domaine du Merle, en particulier, M. Vincent et M. Maillon pour leur assistance technique.

RÉFÉRENCES

- BOOMAROV, 1991. In ELSEN J.M., BODIN L., THIMONIER J. (Editors), Major Genes for Reproduction in Sheep. INRA, Paris. 47-51.
- BOSC P., HUBERT D., FABRE P., MOLENAT G., 1996. 3ème Rencontres Recherches Ruminants (Abstract).
- BRADFORD G.E., 1985. In LAND R.B., ROBINSON D.W. (Editors), Genetics of Reproduction in Sheep. Butterworths, London. 3-18.
- DAVIS G.H., ELSEN J.M., BODIN L., FAHMY M.H., CASTONGUAY F., GOOTWINE E., BOR A., BRAW-TAL R., GREEF J.C., LENGUEL A., PASZTY G., CUMMINS L., 1991. In ELSEN J.M., BODIN L., THIMONIER J. (Editors), Major Genes for Reproduction in Sheep. INRA, Paris. 315-323.
- DODDS K.G., DAVIS G.H., ELSEN J.M., ISAACS K.L. and OWENS J.L., 1991. In ELSEN J.M., BODIN L., THIMONIER J. (Editors), Major Genes for Reproduction in Sheep. INRA, Paris. 359-366.
- ELSEN J.M., BODIN L., FRANCOIS D., POIVEY J.P. and TEYSSIER J., 1994. Proc. 5th World Congr. Genet. Appl. Livestock Prod., 19, 237-244.
- MEYER H.H., BAKER R.L., HARVEY T.G., HICKEY S.M., 1994. Livest. Prod. Sci., 39, 191-200.
- PIPER L.R., BINDON B.M. and DAVIS G.H., 1985. In LAND R.B., ROBINSON D.W. (Editors), Genetics of Reproduction in Sheep. Butterworths, London. 115-125.
- PIPER L.R., BINDON B.M., DAVIS G.H., ELSEN J.M., 1988. Proc. 3rd World Congr. Sheep and Beef Cattle Breeding, 2, 589-609.
- PIPER L.R. and BINDON B.M., 1991. In ELSEN J.M., BODIN L., THIMONIER J. (Editors), Major Genes for Reproduction in Sheep. INRA, Paris. 399-408.
- PLUVINAGE J. et MOLENAT G., 1991. Proc. 4th Int. Rangeland Congr., 2, 826-828.
- SOUTHEY B.R., THOMAS D.L., GOTTFREDSON R.G. and ELPHICK J.E., 1994. Proc. 5th World Congr. Genet. Appl. Livestock Prod., 18, 151-154.
- THERIEZ M., MOLENAT G. and LANDAIS E., 1996. In FAHMY M.H. (Editor), Prolific Sheep. CAB INTERNATIONAL, Wallingford (UK). 429-451.