

*Ann. Génét. Sél. anim.*, 1980, 12 (2), 157-167.

## Nouvelle estimation de la fréquence du gène pour le noir dans la race ovine *Bleu du Maine*

C. HAVARD (\*), J. J. LAUVERGNE (\*\*), M. DANZART (\*\*\*) et G. RICORDEAU (\*)

(\*) *Station d'amélioration génétique des animaux,  
Centre de Recherches de Toulouse, I.N.R.A., B.P. 12, 31320 Castanet-Tolosan*

(\*\*) *Département de Génétique animale,  
Centre national de Recherches Zootechniques, I.N.R.A., 78350 Jouy-en-Josas*

(\*\*\*) *Chaire de Mathématique,  
Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 16, rue Cl. Bernard, 75005 Paris*

---

### Résumé

Une enquête faite en 1978 et 1979 parmi resp. 29 et 49 troupeaux ovins *Bleu du Maine* de Sarthe et de Mayenne a montré la persistance de l'apparition d'agneaux noirs. Ces agneaux sont de formule *aa*, *a* étant récessif par rapport à  $A^{wh}$  l'allèle en *Agouti* responsable de la toison blanche des *Bleu du Maine*.

Une estimation de la fréquence de *a* parmi les mâles et les femelles à la naissance (*q*) et au stade de reproducteurs ( $\hat{a}$ ) a été effectuée par deux méthodes différentes à partir de la fréquence des naissances noires et de celles des mâles hétérozygotes détectés.

Il y avait respectivement en 77/78 et 78/79, 51 et 85 mâles qui ont donné respectivement 1 624 et 2 701 agneaux dont respectivement 56 et 104 étaient noirs. Le nombre des béliers hétérozygotes détectés était respectivement de 21 et 41.

En supposant que la fréquence des hétérozygotes femelles est la même dans tous les troupeaux on prend comme estimation la moyenne des estimations par les deux méthodes ce qui donne  $\hat{a}_m = 0,335$  et  $0,360$   $\hat{a}_f = 0,105$  et  $0,112$  pour les fréquences de *a* chez les reproducteurs et  $q = 0,22$  et  $0,236$  pour la fréquence à la naissance resp. en 77/78 et 78/79.

En introduisant ces valeurs dans un programme de simulation, on obtient une estimation de 111 agneaux noirs et 44 béliers hétérozygotes détectés pour la deuxième campagne. Ces chiffres sont à rapprocher des deux effectifs observés : respectivement 104 et 41 ce qui justifie *a posteriori* la validité des estimations de fréquence.

La fréquence chez les mâles est significativement plus élevée que chez les femelles, ce qui serait dû à une sélection plus intense chez les mâles que chez les femelles en faveur des hétérozygotes  $A^{wh}a$  plus « bleus » que les hétérozygotes  $A^{wh}A^{wh}$ . Chez les femelles, si la pression de la sélection artificielle en faveur de l'hétérozygote est faible, celui-ci pourrait présenter en outre un avantage sélectif (une meilleure prolificité).

C'est grâce à ces avantages naturels et artificiels des hétérozygotes que le gène se maintient à la fréquence élevée que nous observons, malgré l'élimination systématique des noirs de la reproduction. Toutefois, ces fréquences (environ 0,35 pour les mâles et 0,11 pour les femelles) sont actuellement inférieures à ce qu'elle a pu être dans le passé en races *Wensleydale* et *Bleu du Maine* (jusqu'à 0,50 pour les mâles et 0,42 pour les femelles). Cela est dû apparemment à un relâchement récent de la pression de la sélection (surtout celle en faveur des mâles hétérozygotes) en zone *Bleu du Maine*.

La présence d'un tel gène dans la population *Bleu du Maine* française présente un intérêt économique (production de 3 p. 100 d'agneaux en plus à la naissance) pour un désavantage réduit : diminution de 2 p. 100 de l'efficacité de la sélection.

## Introduction

Il existe en Europe occidentale 3 races ovines qui ont la face et les pattes bleues : les races *Blue face Leicester*, *Wensleydale* en Angleterre, et la race *Bleu du Maine* en France (MASON 1969).

Ce bleuissement est dû à la présence dans le derme de grains de mélanine qui forment écran et permettent une diffraction de la lumière dans le bleu par effet Tyndall (LAUVERGNE *et al.*, 1979). Le bleuissement est limité à la face et aux pattes, les poils, même qui poussent dans les zones bleues et la toison restent dépourvus de pigment.

Selon les derniers auteurs cités, et contrairement à l'opinion de LAUVERGNE (1977), la formule génétique de ces races bleues aux loci *Agouti* et *Extension* est sans doute  $A^{wh} A^{wh} E^+ E^+$ , c'est-à-dire analogue à celle des races blanches comme le *Mérinos* ou le *Berrichon*, avec, pour le bleuissement de la peau, la présence d'un ou plusieurs variants à d'autres loci.

Les races *Wensleydale* et *Bleu du Maine* se caractérisent en outre par la constante apparition d'agneaux noirs que l'on n'élève pas, tous les reproducteurs étant bleus avec toison blanche. Ce phénomène a été étudié par DRY en Angleterre (1924, 1926, 1927, 1936, 1943) et par LAUVERGNE en France (1961, 1962).

Selon LAUVERGNE *et al.* (1979) ce noir serait dû au gène *a* récessif par rapport à  $A^{wh}$  (blanc ou rouge) au locus *Agouti* gène dont le maintien dans la population proviendrait d'un élevage sélectif artificiel de l'hétérozygote choisi de préférence à l'homozygote (DRY, 1936, 1943) car plus « bleu ».

Après une première étude de fréquences dans un troupeau privé (LAUVERGNE, 1962), l'occasion s'est présentée d'examiner de nouveau ce phénomène d'apparition des agneaux noirs en *Bleu du Maine* en France. C'est l'objet du présent article.

## Matériel et Méthodes

### A. — Matériel

Une première enquête a été effectuée en 1978, (pour la campagne 77/78) portant sur 29 élevages adhérent à l'U.P.R.A. ovine du Maine et localisés en Sarthe et en Mayenne. En 1979, un deuxième sondage portait sur 49 élevages (campagne 78/79).

Les paternités ont été obtenues à partir des déclarations de lutte et de mises-bas fournies par les éleveurs.

Lors du contrôle de performances (pesées à moins de 20 jours), la coloration de tous les agneaux nés a été notée en classant les agneaux en deux catégories :

a) normalement colorés, c'est-à-dire à face et membres bleus, toison blanche (de formule  $A^{wh} A^{wh}$  ou  $A^{wh}a$ ).

b) noir c'est-à-dire à peau et toison noires (de formule  $aa$ ).

On a ainsi pu obtenir la fréquence des agneaux noirs et la fréquence des béliers hétérozygotes décelés.

### B. — Estimation de la fréquence génique

Ce problème d'estimation peut être abordé par deux méthodes différentes

- 1) en tenant compte du fait qu'un bélier est hétérozygote détecté ou non.
- 2) en se basant sur le nombre des descendants noirs des béliers hétérozygotes détectés.

La première méthode tient compte du tableau des résultats (où chaque bélier est crédité d'un certain nombre de descendants avec parmi eux des noirs) utilisant l'information à la fois horizontalement et qualitativement (nombre de descendants noirs nul ou non) cependant que la seconde utilise l'information verticalement et quantitativement.

Pour les fréquences de  $a$  chez les reproducteurs et les reproductrices on obtiendra ainsi deux estimateurs peu corrélés. Dans l'impossibilité de calculer leur variance on est amené à prendre pour estimateur définitif la moyenne des deux.

On se propose ensuite de tester la validité des résultats obtenus en effectuant des simulations.

#### 1) Notations

- $q$  : fréquence du gène  $\underline{a}$  chez les agneaux à la naissance,
- $\alpha_f$  : fréquence du gène  $\underline{a}$  chez les femelles reproductrices (blanches),
- $\alpha_m$  : fréquence du gène  $\underline{a}$  chez les mâles reproducteurs (blancs),
- $f$  : fréquence de la naissance d'homozygotes  $\underline{aa}$ ,
- $b$  : nombre de béliers hétérozygotes détectés,
- $B$  : nombre total de béliers,
- $n_i$  : nombre de descendants du  $i^e$  bélier,
- $N$  : nombre total de descendants.

Sous l'hypothèse de population infinie panmictique et d'élimination des homozygotes de la reproduction on déduit les relations.

$$\alpha_f \alpha_m = f \quad \text{et} \quad \alpha_f + \alpha_m = 2q$$

#### 2) Première méthode

Elle consiste à estimer la probabilité pour un bélier ayant eu  $n_i$  descendants tous blancs d'être hétérozygote et d'en déduire une estimation du nombre de béliers hétérozygotes non détectés. En employant les notations probabilistes du tableau 1 et d'après la formule de Bayes :  $P(A/B) = P(B/A) \cdot \frac{P(A)}{P(B)}$

on obtient :

$$P(H_i/ND_i) = \left[ \frac{1 - \alpha_f/2}{1 - f} \right]^{n_i} \cdot 2 \alpha_m = \left[ \frac{1 - \frac{f}{2 \alpha_m}}{1 - f} \right]^{n_i} \cdot 2 \alpha_m = P_i$$

TABLEAU I

*Notations probabilistes pour la première méthode d'estimation*  
*Probabilistic notations used in the first method of estimation*

Probabilité	Notation	Valeur
que le bélier $i$ ayant eu $n_i$ desc. tous blancs soit hétérozygote . . .	$P(H_i/ND_i)$	?
que le bélier $i$ soit hétérozygote . . . . .	$P(H_i)$	$2 \alpha_m$
que le bélier $i$ ait ses $n_i$ desc. tous blancs . . . . .	$P(ND_i)$	$(1 - f)n_i$
que le bélier $i$ ait ses $n_i$ desc. tous blancs s'il est hétérozygote . . .	$P(ND_i/H_i)$	$(1 - \alpha/2)n_i$

L'espérance du nombre de béliers hétérozygotes non détectés est alors :

$$A = \sum_{i=b+1}^B P_i$$

et l'espérance du taux d'hétérozygotie chez les reproducteurs est :

$$T = \frac{B + A}{B}$$

Partant de la valeur initiale  $T_0 = \frac{b}{B}$  pour estimer le taux d'hétérozygotie chez les mâles reproducteurs on utilise la procédure séquentielle suivante pour obtenir une estimation satisfaisante :

$T_n$  étant donné on estime les probabilités  $p_i$  par  $\tilde{p}_i^{(n)}$

avec 
$$\tilde{p}_i^{(n)} = \left( \frac{1 - \hat{F}/T_n}{1 - \hat{f}} \right)^{n_i} \times T_n \quad \text{où} \quad \hat{f} = \frac{\sum A_i}{N}$$

et l'on en déduit une nouvelle estimation  $T_{n+1}$  définie par

$$T_{n+1} = \frac{b + A_n}{B} \quad \text{où} \quad A_n = \sum_{i=b+1}^B \tilde{p}_i^{(n)}$$

On obtient de cette manière une suite croissante d'estimateurs par défaut du taux d'hétérozygotie cherché. Cette suite est majorée et elle converge donc vers une limite  $\hat{\alpha}_m$  qui nous donne la meilleure estimation du taux d'hétérozygotie chez les reproducteurs.

3) *Deuxième méthode*

Elle consiste à trouver un estimateur de la fréquence d'hétérozygotie chez les reproductrices à partir des troupeaux dont le mâle est hétérozygote détecté. A l'aide de la formule  $\alpha_f \alpha_m = f$  on en déduit alors une estimation de cette fréquence

chez les reproducteurs. L'estimation de cette fréquence chez les femelles du  $i^{\text{e}}$  troupeau est  $\frac{2n_{ir}}{n_i} n_{ir}$  étant le nombre de descendants noirs du bélier  $i$ .

Dans la figure 1 on donne l'histogramme de la répartition de ces fréquences femelles pour la 2<sup>e</sup> campagne.

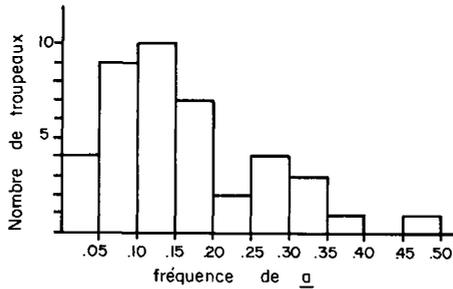


FIG. 1. — Répartition des troupeaux de la campagne 78/79 selon la fréquence du gène noir a parmi les femelles blanches  
Distribution of the flocks of the 78/79 campaign according the frequency of the black gene a among the white ewes

On remarque le type B de la distribution de ces valeurs qui rappelle les lois de distribution d'une fréquence lorsque la population de départ est subdivisée en petites populations.

L'estimation du taux d'hétérozygotie pour l'ensemble des reproductrices est :

$$\hat{\alpha}_f = \frac{2 \sum_{i=1}^b n_{ir}}{\sum_{i=1}^b n_i}$$

#### 4) Simulation

Les tailles de troupeaux étant les tailles réelles on procède à une simulation des naissances en cinq étapes :

- 1) détermination de l'état hétérozygote ou homozygote du bélier du troupeau considéré.
- 2) détermination du taux d'hétérozygotie femelle du troupeau.
- 3) détermination de l'état hétérozygote ou homozygote de chacune des femelles du troupeau considéré.
- 4) détermination de la couleur noire ou blanche de chaque agneau.
- 5) passage au troupeau suivant.

Le taux d'hétérozygotie mâle parmi les blancs a pour valeur 0,72 dans cette simulation.

On a effectué 100 simulations.



## C. — Résultats

## 1) données de bases

Les données de départ ainsi qu'un certain nombre de statistiques simples sont présentées dans le tableau 2.

La figure 2 donne les histogrammes et le tableau 3 les statistiques élémentaires pour les deux campagnes 77/78 et 78/79.

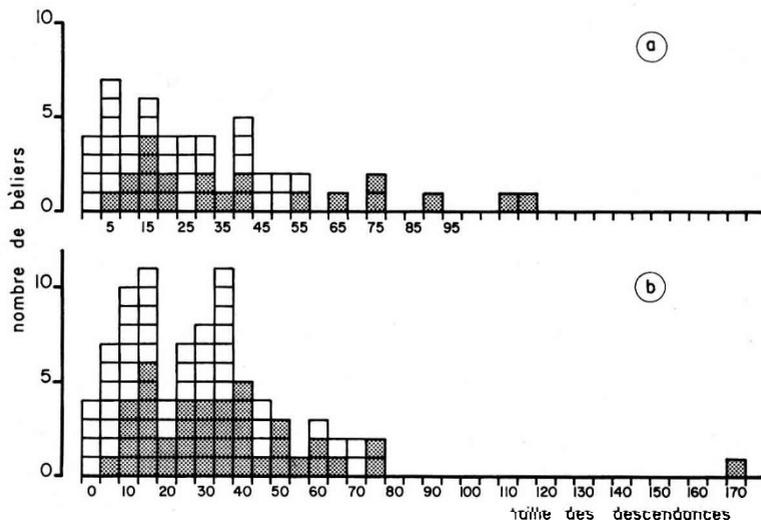


FIG. 2. — Répartition des béliers selon le nombre de leurs descendants.  
(Campagnes 77/78 et 78/79). (En gris les béliers hétérozygotes détectés)  
Distribution of rams in campaigns 77/78 and 78/79 according to the size of their progeny.  
(In grey the heterozygote detected rams)

TABLEAU 3

Résultats des deux enquêtes sur la fréquence des naissances noires en Bleu du Maine  
Results of two Surveys on frequency of black lambs in Bleu du Maine breed

	Campagnes		Campagnes additionnées
	77-78	78-79	
Nb total de béliers . . . . .	51	85	136
Nb de béliers donnant des noir . . . . .	21	41	62
% béliers donnant des noir . . . . .	41,2	48,23	45,59
Agneaux nés : total . . . . .	1 624	2 701	4 325
Agneaux noirs . . . . .	56	104	160
% d'agneaux noirs . . . . .	3,45	3,85	3,70
Nb d'agneaux/bélier . . . . .	32	32	32
Nb d'agneaux ayant un père qui produit des noir . . . . .	921	1 558	2 479

TABLEAU 4

*Estimation des fréquences génotypiques et des fréquences génétiques  
par les deux méthodes proposées*  
*Estimation of genotypic and genic frequencies for a with the two proposed methods*

Paramètres	Symboles	Campagne 77/78			Campagne 78/79		
		1 <sup>ere</sup> méthode	2 <sup>e</sup> méthode	moyenne	1 <sup>ere</sup> méthode	2 <sup>e</sup> méthode	moyenne
Taux d'hétérozygotie chez les reproducteurs . . . . .	$2 \hat{\alpha}_m$	0,76	0,58	0,67	0,87	0,57	0,72
Fréquence du gène <i>a</i> chez les reproducteurs . . . . .	$\hat{\alpha}_m$	0,38	0,29	0,335	0,435	0,285	0,36
Fréquence du gène <i>a</i> chez les reproductrices . . . . .	$\hat{\alpha}_f$	0,091	0,119	0,105	0,085	0,135	0,112
Taux d'hétérozygotie chez les reproductrices . . . . .	$2 \hat{\alpha}_f$	0,182	0,238	0,210	0,177	0,27	0,224

TABLEAU 5

*Estimation du nombre des agneaux noirs et des béliers hétérozygotes par simulation  
(2<sup>e</sup> enquête : 78/79)*  
*Estimation of numbers of black lambs and of heterozygotic rams by simulation  
(in the second survey 78/79)*

	moyenne	écart-type
Nombre de descendants noirs . . . . .	111	17
Nombre de béliers hétérozygotes détectés . . . . .	44	4
Nombre de béliers hétérozygotes . . . . .	61	4

## 2) Estimation par les 2 méthodes

Les résultats obtenus par les deux méthodes sont consignés dans le tableau 4.

## 3) Simulation

Les résultats obtenus sur 100 simulations permettent d'établir le tableau 5 :

Les deux premières lignes du tableau 5 comparées aux résultats réels (104 et 41) prouvent que les valeurs envisagées pour les taux d'hétérozygotie mâle et femelle sont satisfaisantes.

On prendra donc comme estimation les valeurs moyennes données dans le tableau 6.

TABLEAU 6

Estimation des fréquences génétiques de *a* par les moyennes des deux estimations  
 Estimation of the frequencies of a gene by the average of two estimations

		campagne 77 /78	campagne 78 /79
Fréquence du gène chez les reproducteurs . . .	$\hat{\alpha}_m$	0,335	0,360
Fréquence du gène chez les reproducteurs . . .	$\hat{\alpha}_f$	0,105	0,112
Fréquence du gène chez les agneaux à la naissance .	$\hat{q}$	0,220	0,236

### Discussion

D'après le tableau 6, on voit que les fréquences dans les deux sexes  $\alpha_m$  et  $\alpha_f$  ne sont pas différentes d'une année à l'autre mais significativement différentes d'un sexe à l'autre.

On retrouve ainsi l'écart entre les sexes déjà signalé par DRY (1936, 1943) en race *Wensleydale*, puis par LAUVERGNE (1962) en race *Bleu du Maine*.

L'explication la plus logique, déjà avancée par les précédents auteurs, est que les éleveurs en choisissant leurs reproducteurs prennent de préférence les plus « bleus ». Et comme les hétérozygotes *A<sup>wh</sup>a* seraient en moyenne plus bleus que les homozygotes, ils sont choisis de préférence à ces derniers avec évidemment plus de constance chez les mâles, où le choix est plus grand, que chez les femelles.

Toutefois le niveau auquel s'établit l'équilibre actuel en *Bleu du Maine* ( $\alpha_m = 0,35$  et  $\alpha_f = 0,11$ ) est inférieur à celui constaté en *Wensleydale* par DRY (1924, 1936) aussi bien qu'à celui calculé il y a bientôt vingt ans en France dans le troupeau Chollet-Molines (cf tabl. 7).

TABLEAU 7

Estimation des fréquences du gène *a* dans les deux sexes en races *Wensleydale* et *Bleu du Maine*  
 Estimation of frequency of a gene in both sexes in the *Wensleydale* and *Bleu du Maine* breeds

Races	Origine des données	$q_a$		fréquence des noirs	Auteurs
		mâles	femelles		
<i>Wensleydale</i> . . . . .	Underley . . . . .	0,5	0,416	0,208	DRY (1924)
<i>Wensleydale</i> . . . . .	Autres troupeaux . .	0,5	0,314	0,157	DRY (1936)
<i>Bleu du Maine</i> . . . .	Chollet Molines . . .	0,5	0,300	0,15	LAUVERGNE (1962)
<i>Bleu du Maine</i> . . . .	Enquête BdM 78 . . .	0,335	0,105	0,034	{ présent article
	Enquête BdM 79 . . .	0,360	0,112	0,0385	

Cela pourrait provenir du fait qu'en *Bleu du Maine* après une mise en veilleuse des activités du Flock-Book, on a, à la reprise, adopté une sélection moins sévère chez les mâles pour le bleu, ce qui fait que seulement 10 p. 100 environ des reproducteurs sont hétérozygotes.

Pour les femelles on note un même relâchement apparent de sélection pour le bleu. Si, en effet, on fixe à 0,36 la fréquence chez les mâles on constate que chez les femelles, s'il n'y a pas de sélection, la fréquence s'établirait à  $q = 0,22$  valeur observée dans la réalité.

Cette dernière remarque n'est toutefois qu'approximative car on sait depuis ADALSTEINSSON (1975) que les femelles hétérozygotes  $A^{wh}a$  ont un avantage sélectif : elles sont plus prolifiques que les  $A^{wh}A^{wh}$  avec environ 10 p. 100 d'agneaux en plus. Avec nos données qui portent sur deux campagnes, et pour lesquelles on n'est pas sûr d'avoir atteint l'équilibre, cet avantage sélectif naturel des femelles est évidemment difficile à mettre en évidence. Cependant que si l'on reprend les données de DRY à Underley, qui s'étagent sur 20 années avec uniquement des mâles hétérozygotes et une sélection phénotypique faible, voir nulle, chez les femelles, on constate que la fréquence d'équilibre du gène chez celles-ci s'établit à 0,40 et non pas à 0,30 comme le donnerait la formule de LAUVERGNE (1962) dans le cas où il n'y aurait aucun avantage sélectif chez les femelles hétérozygotes, ce qui tend à prouver la réalité de cet avantage.

Cet avantage est sans doute économiquement favorable au moins dans l'imédiat, car il procure un excès d'environ 3 p. 100 d'agneaux par rapport à un troupeau où toutes les femelles seraient homozygotes pour le blanc. Par ailleurs cela ne nuit pas vraiment à la sélection qui, *in fine*, s'exerce sur un nombre d'animaux très voisin (99 p. 100) de celui obtenu si toutes les brebis étaient homozygotes blanches.

Cette situation particulière de génétique des populations mérite d'être notée, cependant que les études sont encore nécessaires pour préciser l'action histologique du génotype  $A^{wh}a$  pour « bleuir » les animaux qui le portent.

*Recu pour publication en août 1980.*

## Remerciements

Ce travail a pu être fait grâce à l'aide et aux encouragements de MM. VIDIS et FORTIN de l'U.P.R.A. Bleu du Maine du Mans et la coopération des éleveurs *Bleu du Maine* interrogés.

Le manuscrit a été relu par P. MÉRAT Département de Génétique de l'INRA et Paule RENAUD, Chaire de Mathématique INA Paris-Grignon, qui ont suggéré d'utiles corrections.

## Summary

*A new estimation of the frequency of the gene for black in the Bleu du Maine sheep breed*

Surveys made in 1978 and 1979 among resp. 79 and 49 *Bleu du Maine* flocks in the departments of Sarthe and Mayenne have shown that black lambs still appear in the breed. These lambs have a  $aa$  formula at the *Agouti* locus,  $a$  being recessive to  $A^{wh}$  the top allele of the series which gives the white fleece of the breed.

An estimation of the frequency of  $a$  among males and females at birth ( $q$ ) and at the reproductive age ( $\hat{\alpha}_m$  and  $\hat{\alpha}_f$ ) has been performed by two methods based on the frequency of blacks at birth and the frequency of known heterozygous rams resp.

In 77/78 and 78/79 lambings there were resp. 51 and 85 rams used giving resp. 1624 and 2701 lambs with resp. 56 and 104 black. The number of detected heterozygous rams was 21 and 41, resp.

Supposing the same frequency of heterozygous females in all the flocks, the estimation used was the average estimation by the two methods, which gives  $\hat{a}_m = .335$  and  $.360$  and  $\hat{a}_f = .105$  and  $.112$  for the frequency of *a* among the male and female reproducers in resp. 78 and 79 surveys. The frequency among lambs at birth was  $.220$  and  $.235$  resp.

By a program of simulation one get an estimation of 111 black lambs and 44 heterozygous sires for the 78/79 campaign, which may be compared to resp. 104 and 41. This is a fairly good *a posteriori* verification of the worth of the methods of estimation for the gene frequencies.

The gene frequency is higher in male than in female reproducers, which could result from a stronger selection in favour of the heterozygotes  $A^{wha}$  among the males, the heterozygotes having a more intense « blue » coloration. If, among the ewes, the pressure of artificial selection for the heterozygotes is weak, this genotype may have a selective advantage in itself (better prolificacy).

The *a* gene is probably kept at an equilibrium state at a rather high heterozygotes. Nevertheless, these frequencies (around  $.350$  for the rams and  $.11$  for the ewes) are actually inferior to those observed in the past in *Wensleydale* and *Bleu du Maine* (up to  $.5$  for the males and  $.42$  for the females). This may be due to a recent relaxing of selection pressure in favour of heterozygous males in the *Bleu du Maine* zone which has been considered.

The existence of such a gene in the *Bleu du Maine* population in France has an economic advantage of about 3 p. cent more lambs at birth. On the other hand the culling of black lambs reduces selection efficacy by 2 p. cent.

## Références bibliographiques

- ADALSTEINSSON S., 1975. Depressed fertility in *Icelandic* sheep caused by a single colour gene. *Ann. Génét. Sélec. anim.*, **7**, 445-447.
- DRY F. W., 1924. The genetics of the *Wensleydale* breed of sheep. I. — The occurrence of black lambs — an examination of flock records. *J. Genet.*, **14**, 203-218.
- DRY F. W., 1926. Colour inheritance in the *Wensleydale* breed of sheep. *J. Text. Inst.*, **17**, 1180-1186.
- DRY F. W., 1927. Mendelian breeding with *Wensleydale* sheep. *J. Text. Inst.*, **18**, T 415-T 420.
- DRY F. W., 1936. The genetics of the *Wensleydale* breed of sheep. II. — Colour fertility and intensity of selection. *J. Genet.*, **33**, 123-124.
- DRY F. W., 1943. The genetics of the *Wensleydale* breed of sheep. III. — Arithmetical aspects of selection. *J. Genet.*, **45**, 265-268.
- LAUVERGNE J. J., 1961. Sur le déterminisme génétique de la couleur noire dans la race *Bleu du Maine*. *Ann. Génét. (Sem. Hôpitaux)*, **2**, 47-52.
- LAUVERGNE J. J., 1962. Évolution d'une fréquence génique dans la race ovine *Bleu du Maine*. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **2**, 119-127.
- LAUVERGNE J. J., 1977. New alleles at the *Agouti* locus (A) in domestic Ruminants. *Xth Int. Pigment Cell Conf.*, Abstr. n° 69.
- LAUVERGNE J. J., CESBRON J., ORTONNE J. P., MELCHIOR J., HAVARD C., 1979. Gene or genes for skin pigmentation in the sheep : preliminary note. *IInd Europ. Worksh. Mam. Melanin Pigm.* London, Nov. 21-22, 1979.
- MASON I. L., 1969. *A world dictionary of Livestock types, breeds and varieties*. C. A. B. Farnham Royal Bucks. England, 189-260.