

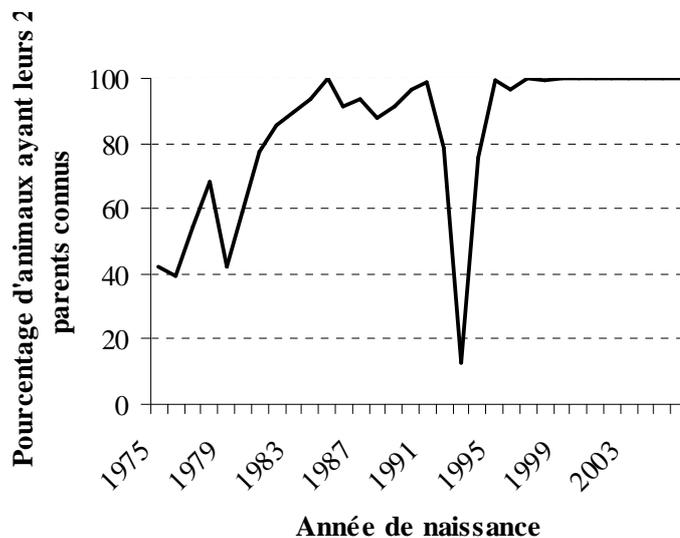
## B. Résultats et discussion.

### 1. Evaluation de la qualité des informations généalogiques.

#### a. Nombre d'ancêtres et parents connus.

On observe (figure 7) que le nombre d'animaux (mâles et femelles confondus) ayant leurs deux parents connus augmente progressivement à partir de 1975 pour se stabiliser à 100% de 1996 à aujourd'hui. L'année 1995 représente sans doute un « accident » dans la saisie des généalogies.

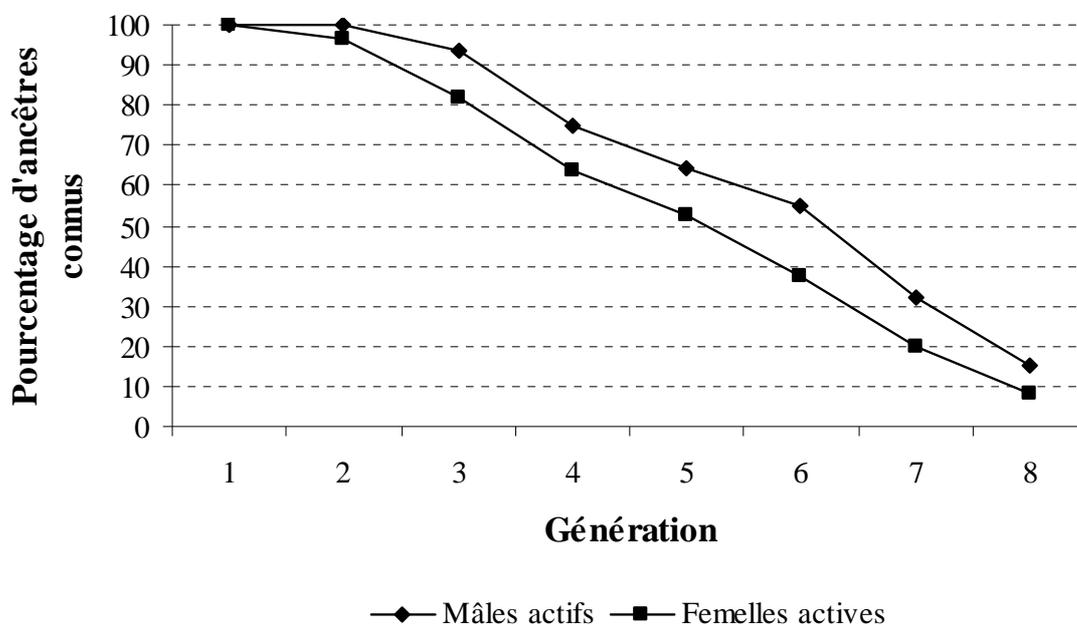
**Figure 7 : Pourcentage d'animaux ayant leurs deux parents connus en fonction de leur année de naissance.**



L'observation du pourcentage d'ancêtres connus en fonction des générations et selon le sexe (figure 8) montre que la qualité de l'information reste toujours meilleure pour les mâles que pour les femelles.

**Figure 8 : Pourcentage d'ancêtres connus en fonction des générations-Troupeau Mérinos de Rambouillet, données du fichier national.**

*1 : animaux actifs en 2006 ; 2 : génération 2005, etc.*



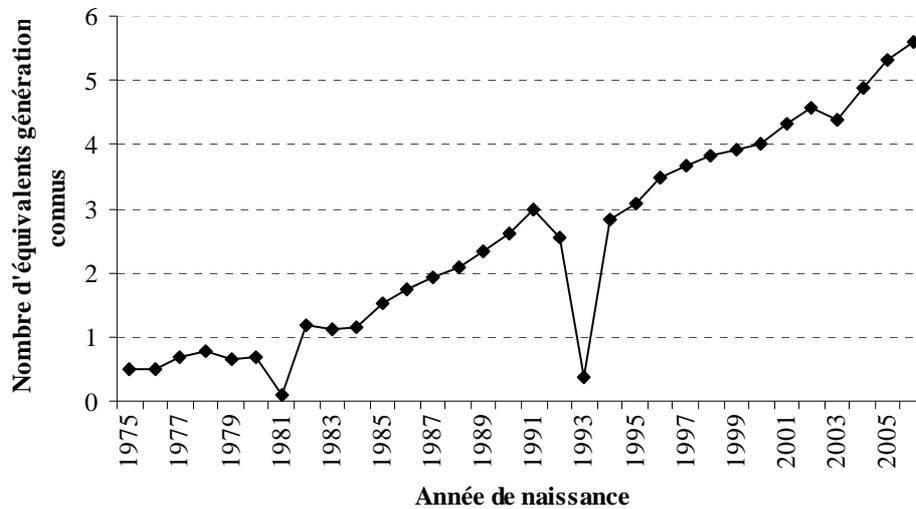
b. Nombre d'équivalents générations.

Le nombre d'équivalents générations (EqG) connus varie de 0,87 entre 1984 et 1986, à 5,36 aujourd'hui, comme le montrent le tableau 5 et la figure 9.

**Tableau 5 : Variation du nombre d'EqG connus en race Mérinos de Rambouillet en fonction des périodes considérées.**

	1984-1986	1994-1996	2004-2006	2006
Mâles actifs	0,87	2,50	4,95	5,36
Femelles actives	-	-	-	4,60

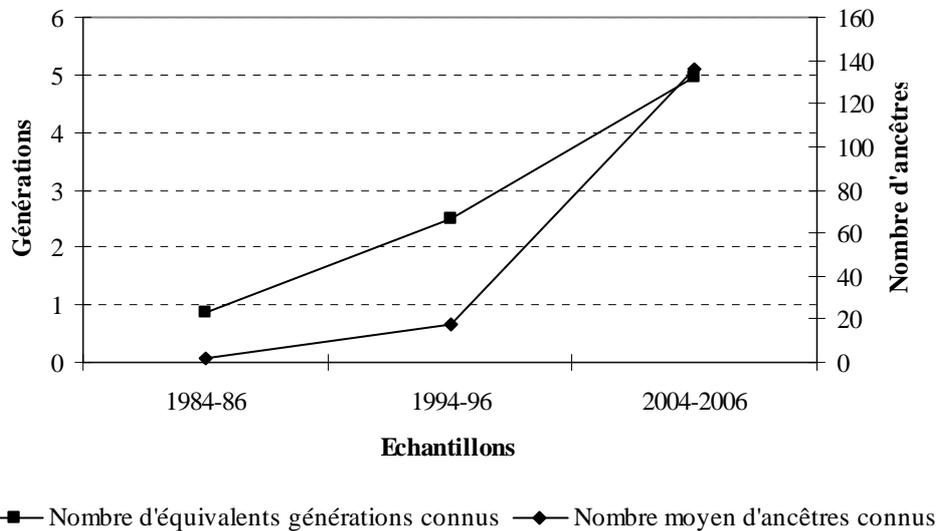
**Figure 9 : Evolution du nombre d'EqG connus de 1975 à nos jours en race Mérinos de Rambouillet.**



Si on considère l'évolution du nombre d'EqG connus depuis 1975, date à partir de laquelle les informations semblent les plus disponibles, la courbe met en évidence une nette augmentation de la qualité de l'information, avec cependant deux « creux » en 1981 et 1993, liés à un manque conjoncturel d'informations dans le fichier généalogique (figure 9).

Pour les mâles actifs, comme le montre la figure 10, la qualité de l'information s'améliore nettement dans les années 1990, avec un nombre d'ancêtres connus qui passe de 20 en 1995 à 140 en 2005, conséquence de l'informatisation systématique des données.

**Figure 10 : Evolution, sur trois périodes, des moyennes des EqG et des ancêtres connus, échantillons « mâles actifs » du troupeau Mérinos de Rambouillet.**



c. Comparaison de la qualité de l'information généalogique à d'autres races ovines.

Comparée à d'autres races ovines, la connaissance des généalogies du Mérinos de Rambouillet est satisfaisante, comme nous le montre le tableau 6, qui emprunte les données de Huby *et al.*, (2003) pour les autres races.

Cependant, compte tenu de l'histoire de la race, elle est décevante. En effet, on a un seul troupeau, gardé au même endroit depuis son origine. On s'attendrait donc à une qualité d'information généalogique excellente. Il serait intéressant de rechercher les informations manquantes dans les archives afin de pouvoir compléter le fichier informatique.

**Tableau 6 : Connaissance des généalogies dans différentes races ovines (d'après Huby *et al.*, 2003).**

	BCH	BMC	CHA	LIM	RLH	SOL	MR
<b>Nombre de brebis enregistrées au contrôle de performances</b>	3132	38 800	11 445	12 756	1191	603	<b>168</b>
<b>Pourcentage d'animaux avec les deux parents connus</b>	73%	25%	79%	58%	63%	64%	<b>100%*</b>
<b>Nombre d'EqG connus</b>	6,7	2,3	6,7	4,7	4,2	4,1	<b>5,36*</b> <b>4,6**</b>

BCH : Berrichon du Cher

BMC : Blanc du Massif Central

CHA : Charollais

LIM : Limousin

RLH : Roussin de la Hague

SOL : Solognot

MR : Mérinos de Rambouillet

\*Echantillon mâles actifs en 2006.

\*\*Echantillon femelles actives en 2006.

2. Etude de la variabilité génétique au travers de la consanguinité et l'apparentement.

a. Evolution du taux de consanguinité de 1927 à 2006.

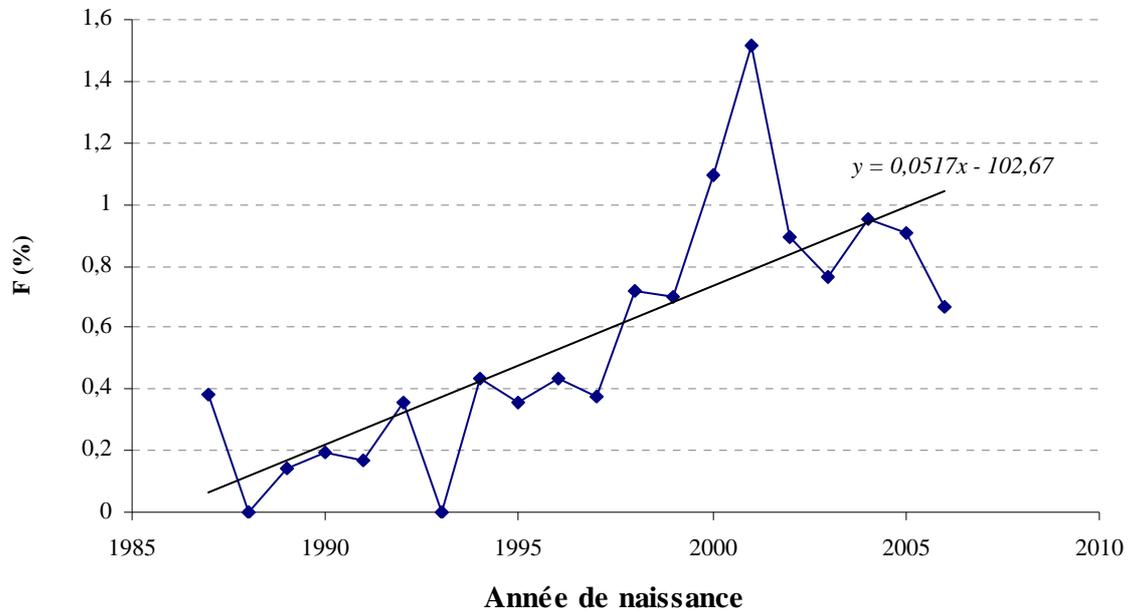
Pour la période ancienne entre 1927 et 1983, on rapportera les valeurs de F calculées par Prod'homme (1986) (Tableau 7).

**Tableau 7 : Valeurs du coefficient de consanguinité du troupeau Mérinos de Rambouillet, d'après Prod'homme (1986).**

Année	Coefficient de consanguinité du troupeau
1927	0,3158
1947	0,3605
1967	0,5046
1983	0,5157

Pour la période récente, le calcul annuel de la valeur de F a pu être fait sur la base des données du fichier national informatisé entre 1987 et 2006. Les résultats apparaissent dans la Figure 11.

**Figure 11 : Evolution de la consanguinité moyenne des agneaux nés entre 1987 et 2006 (en %), à partir du fichier généalogique du troupeau Mérinos de Rambouillet (base de données nationale).**



On remarque trois « accidents » :

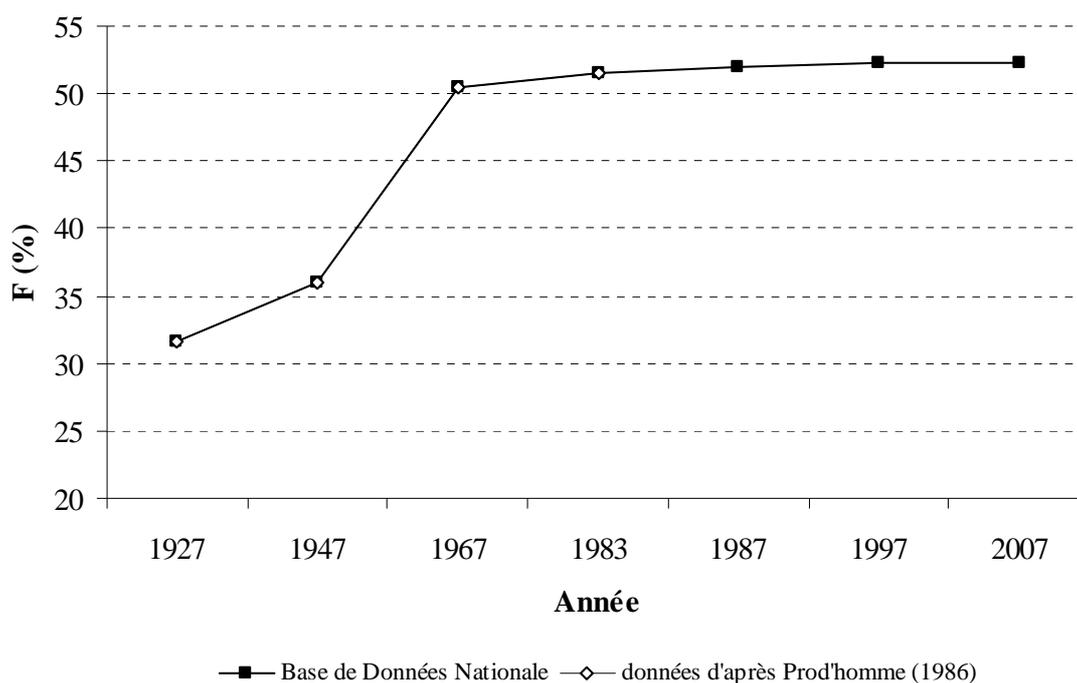
- Les années 1988 et 1993, pour lesquelles la base de données nationale donne un coefficient de consanguinité nul des agneaux nés. Ceci serait dû à un défaut de saisie des informations généalogiques ces années là.
- L'année 2001, où le coefficient de consanguinité des agneaux nés affiche un « pic » de 0,5% supérieur aux années précédente et suivante. Ceci serait dû soit à une erreur de saisie des informations généalogiques dans la base de données, soit à une erreur de gestion des accouplements cette année là, ce qui paraît peu probable.

Il en résulte que l'estimation de l'évolution de F entre 1987 et 2006 peut se faire de deux façons :

- Si on utilise strictement les données disponibles du fichier généalogique, et si on effectue la moyenne des augmentations annuelles entre les années 1987 et 2006, on obtient  $\Delta F=0,0149\%$ . Cette valeur est faible car  $F_{(1988)}$  et  $F_{(1993)}$  sont nuls à cause de manques dans l'information généalogique ces années là.
- A partir des données du fichier national, on peut tracer la droite de régression linéaire (cf. Figure 11) de l'évolution annuelle de F. On obtient la valeur  $\Delta F=0,0157\%$  en calculant la pente de cette droite de régression. Celle-ci permet de « lisser » les accidents précédemment cités, et semble donc plus pertinente que la première valeur.

A partir des données de Prod'homme (1986) et de la valeur de  $\Delta F$  calculée par la technique de la régression linéaire, on peut tracer l'évolution de F du troupeau Mérinos de Rambouillet entre 1927 et 2006 (Figure 12)

**Figure 12 : Evolution du coefficient de consanguinité du troupeau Mérinos de Rambouillet de 1927 à nos jours (d'après les données de Prod'homme (1986) entre 1927 et 1983, et les données de la Base Nationale entre 1987 et 2007).**



b. Analyse des parentés moyennes.

L'analyse de la parenté a été faite sur trois échantillons de mâles actifs classés en fonction de leur période d'activité (voir le choix des échantillons, p. 54).

Le tableau 8 donne les coefficients de parenté calculés pour chacun de ces trois groupes et ceux calculés entre ces divers groupes.

**Tableau 8 : Coefficients de parenté des échantillons de mâles actifs Mérinos de Rambouillet.**

Groupe de mâles actifs considéré	Entre mâles du G1	Entre mâles du G2	Entre mâles du G3	Entre mâles du G1 et du G2	Entre mâles du G2 et du G3
Coefficient de parenté (%)	0,8	1,6	3,6	3,0	1,8
Ecart type (%)	4,2	3,7	4,6	3,1	2,4

Groupe 1 (G1) : actifs entre 1984 et 1986

Groupe 2 (G2) : actifs entre 1994 et 1996

Groupe 3 (G3) : actifs entre 2004 et 2006

Le coefficient intragroupe augmente significativement entre les périodes 1984-1986 et 2004-2006 ce qui est certainement dû à l'augmentation de qualité de l'information généalogique.

Les valeurs des coefficients de parenté calculés entre deux groupes peuvent être interprétées comme le résultat d'une gestion irrégulière de la variabilité génétique. Ainsi, les mâles actifs de 2004-2006 sont génétiquement éloignés de ceux utilisés dix ans plus tôt entre 1994 et 1996. Ceci est nettement moins vrai entre les périodes 1994-1996 et 1984-1986.

Les coefficients de parenté du Mérinos de Rambouillet restent relativement faibles pour les échantillons actuels, avec un maximum de 3,6% sur les mâles actifs entre 2004 et 2006. Ce chiffre est proche de 3,125%, chiffre correspondant à un grand parent commun. Les parentés moyennes traduisant la diversité des origines, il est normal de trouver des valeurs plus élevées parmi les mâles, dont le nombre et les origines sont plus réduites que chez les femelles. Il faut cependant garder à l'esprit que ces chiffres sont sans doute sous évalués pour le Mérinos de Rambouillet, à cause de la qualité de l'information généalogique disponible dans la Base de Données Nationale.

Avec la réserve émise ci-dessus, ces valeurs sont comparables à celles du Roussin de la Hague ou du Berrichon du Cher parmi les échantillons considérés, qui comprennent les animaux nés entre 1970 et 2000 (Huby *et al.*, 2003) (cf. Tableau 9). Ainsi il semblerait que les échantillons du Mérinos de Rambouillet ne soient pas plus apparentés que dans d'autres races : les origines diverses auraient été bien conservées.

Cependant, ces coefficients moyens de parenté demeurent plus élevés qu'en race Solognote, dont l'échantillon ne contient que 567 femelles.

Autrement dit, une race peut avoir un effectif élevé mais des origines généalogiques pauvres, et inversement.

**Tableau 9 : Coefficients de parenté des échantillons 2006 Mérinos de Rambouillet comparés à d'autres races ovines (Huby *et al.*, 2003 pour les données des autres races).**

		BCH	CHA	LIM	RLH	SOL	MR*
Coefficient moyen de parenté (%)	mâles x mâles	3,5	1,3	2,4	3,4	2,4	3,3 (±3,0)
	femelles x femelles	2,7	1,0	1,6	2,2	1,8	2,9 (±3,2)
	mâles x femelles	3,1	1,1	2,0	2,5	1,8	3,0 (±3,1)

BCH : Berrichon du Cher, BMC : Blanc du Massif Central, CHA : Charollais, LIM : Limousin, RLH : Roussin de la Haye, SOL : Solognot, MR : Mérinos de Rambouillet, \*Echantillons 2006.

### 3. Etude de la variabilité génétique par la probabilité d'origine des gènes.

Les résultats des critères de probabilité d'origine des gènes sont résumés dans le tableau 10.

#### a. Nombre de fondateurs.

Le nombre de fondateurs augmente dans le temps : de 47 pour les mâles actifs entre 1984 et 1986 à 102 aujourd'hui. Il devrait en théorie pour le Mérinos de Rambouillet être constant et proche du nombre de Mérinos importés à l'origine du troupeau (405 têtes environ), voire de valeur un peu moindre compte tenu de lignées qui se seraient éteintes dans le temps. Ce chiffre de 48 fondateurs efficaces, plus faible qu'on aurait pu l'imaginer est là encore sans doute tributaire de la qualité de l'information disponible.

Le nombre de fondateurs efficaces, c'est-à-dire les animaux à l'origine de tous les gènes actuels, est bien sûr plus réduit en Mérinos de Rambouillet que dans les autres races.

D'après les informations disponibles dans le fichier, il varie de 33 à 46 selon les échantillons considérés, ce qui n'est pas loin de celui du Roussin de la Hague (52 ancêtres efficaces pour l'échantillon donné).

b. Nombre d'ancêtres efficaces.

Le nombre d'ancêtres efficaces est compris entre 23 et 35 selon les échantillons, le maximum étant de 35 pour les femelles actives en 2006, et le minimum 23 pour les mâles actifs entre 1994 et 1996. On peut considérer que cette valeur est satisfaisante pour une race à très petit effectif. En comparaison, la race Berrichon du Cher, qui possède 1549 fondateurs, ne comprend que 35 ancêtres efficaces, ce qui traduit la présence de goulots d'étranglements dans une race à effectif plus important. La race Solognote, à effectif réduit, possède quant à elle 49 ancêtres efficaces, ce qui prouve une diversité d'origines un peu plus élevée.

c. Contribution des ancêtres importants.

Les ancêtres les plus importants contribuent à hauteur de 6,1% et jusqu'à 10,2% des gènes. Pour les femelles actives en 2006, la valeur de 6,1% est satisfaisante, cela montre qu'il n'existe pas d'ancêtre qui aurait trop diffusé ses gènes via un grand nombre de descendants. Comparativement à d'autres races, le Mérinos de Rambouillet occupe une position intermédiaire, de valeur similaire à celles de la Solognote avec pourtant un nombre d'ancêtres efficaces moindre. Ses valeurs sont aussi meilleures que celles du Berrichon de Cher, pour qui les ancêtres les plus importants contribuent à 10,1% des gènes. Cette valeur est certainement à mettre en relation avec l'utilisation de l'insémination artificielle, qui a entraîné des goulots d'étranglement dans cette race (Huby *et al.*, 2003).

d. Nombre d'ancêtres expliquant 50% des gènes.

Le nombre d'ancêtres expliquant 50% des gènes varie entre 9 et 14 pour les échantillons Mérinos de Rambouillet considérés. Les valeurs sont relativement basses en comparaison avec les autres races. En effet, on note 14 ancêtres expliquant 50% des gènes en Berrichon et en Roussin, 32 en race Limousine, et 21 en Solognote (Huby *et al.*, 2003).

De plus, si on compare l'échantillon de mâles actifs Mérinos de Rambouillet en 2006 et l'échantillon de race Solognote, on remarque qu'on a deux fois moins d'ancêtres expliquant 50% des gènes en Mérinos de Rambouillet, avec un chiffre comparable de contribution de l'ancêtre le plus important. On n'a donc pas d'ancêtre très important, mais beaucoup d'ancêtres assez importants.

Finalement, en ce qui concerne l'apparentement et les critères de probabilité d'origine des gènes, trois points sont à mettre en avant :

- La gestion de la variabilité génétique semble irrégulière compte tenu des valeurs de coefficients de parenté inter groupes entre les échantillons de mâles actifs.
- Les femelles actives en 2006 sont moins apparentées entre elles que les mâles entre eux, même si elles demeurent assez proches.
- La situation du Mérinos de Rambouillet au regard de ces critères ne semble pas très critique comparativement à d'autres races, mais la qualité des résultats reste tributaire de celle de l'information généalogique.

**Tableau 10 : Critères de probabilité d'origine des gènes chez le Mérinos de Rambouillet. Comparaison à la situation dans d'autres races (Huby *et al.*, 2003 pour celles-ci).**

	Mâles actifs 1984-1986	Mâles actifs 1994-1996	Mâles actifs 2004-2006	Mâles actifs 2006	Femelles actives 2006	BCH*	LIM*	RLH*	SOL*
Nombre d'animaux actifs	20	22	37	18	168	3984	10 108	1335	567
Nombre de fondateurs	47	74	104	102	125	1549	5524	440	442
Nombre de fondateurs efficaces	33	40	41	46	46	85	185	52	123
Nombre d'ancêtres efficaces	30	23	25	26	35	35	69	40	49
Contribution de l'ancêtre le plus important (%)	6,2	10,2	8,1	8,3	6,1	10,1	5,8	6,6	8,1
Nombre d'ancêtres expliquant 50% des gènes	14	9	10	10	12	14	32	14	21

BCH : Berrichon du Cher

LIM : Limousin

RLH : Roussin de la Hague

SOL : Solognot

\* la population de référence pour ces races est constituée des femelles nées entre 1996 et 2000 et ayant leurs deux parents connus

e. Effectif génétique.

Rappelons qu'avec la formule  $1/N_e = 1/4N_m + 1/4N_f$ , on obtient l'effectif génétique théorique.

Le troupeau Mérinos de Rambouillet comprenant 15 mâles et 150 femelles (en moyenne pour les années 2000), on obtient :

$N_e = 54,55$  individus.

Il est plus réaliste de calculer l'effectif génétique réalisé, en utilisant dans la formule la variation du taux de consanguinité par génération.

Dans ce cas,  $N_e = 1 / (2\Delta F_g)$ , avec  $\Delta F_g = \Delta F * \text{intervalle de générations}$ , ( $\Delta F$  étant la variation moyenne annuelle du taux moyen de consanguinité, calculé entre 1983 et 2006).

Avec  $\Delta F = 3,1$  on obtient  $N_e = 272$ .

Cependant, cette valeur est cependant certainement surestimée car elle dépend là encore de la qualité de l'information généalogique.

4. Etude de la variabilité génétique au travers des marqueurs moléculaires.

Les résultats sont présentés dans le tableau 11, qui indique pour chaque marqueur son nom, le nombre d'allèles observés, le nombre d'animaux typés, le nombre d'allèles efficaces, le taux d'hétérozygotie observé, et le taux d'hétérozygotie attendu.

a. Nombre d'allèles observés par marqueur.

Le nombre d'allèles observés varie de 1 à 6 selon les marqueurs, avec une moyenne de 3,4 sur les 21 microsatellites utilisés. PrP ne sera finalement pas pris en compte dans cette analyse car il a été soumis à sélection. Le nombre moyen d'allèles efficaces est ainsi de 2,3. La différence de 1,3 allèle entre ces deux moyennes s'explique par la présence d'allèles rares, c'est-à-dire d'allèles à faible fréquence.

Les nombres d'allèles observés et attendus demeurent faibles, ce qui est une conséquence de la dérive génétique.

b. Hétérozygoties observée et attendue.

En bilan, l'hétérozygotie moyenne observée est de 52,3% et l'hétérozygotie attendue de 50,8% en moyenne sur tous les locus.

La répartition des marqueurs selon leur degré d'hétérozygotie est donnée dans la figure 16, il existe une grande variabilité selon les marqueurs.

L'hétérozygotie observée et attendue pour chacun des marqueurs utilisés chez le Mérinos de Rambouillet est donnée dans le tableau 11 et représentée à la figure 13.

c. Allèles à faible fréquence et allèles privés.

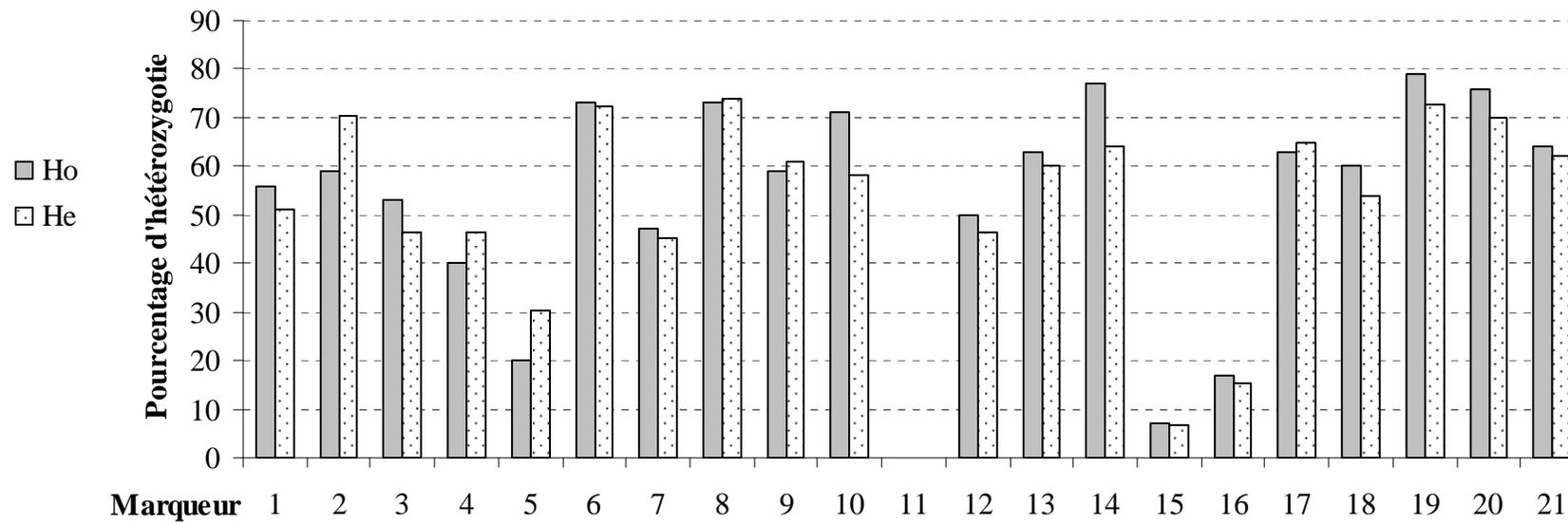
Le nombre d'allèles dont la fréquence est inférieure à 5% est indiqué dans le tableau 12. Il est à comparer au nombre d'allèles observés. Si ce nombre d'allèles peu fréquents est élevé pour un marqueur donné, il relativise la richesse allélique de ce dernier. Chez le Mérinos de Rambouillet, les allèles à faibles fréquences sont peu nombreux, leur nombre varie de 0 à 3, le maximum étant atteint pour des marqueurs dont le nombre d'allèles observés est le plus élevé.

Les allèles privés sont trouvés en comparant chaque allèle de chaque marqueur du Mérinos de Rambouillet à ceux d'autres races. Nous avons ainsi pu comparer avec la Manech tête Rousse, le Berrichon du Cher, la Lacaune et le Blanc du Massif Central. Sept allèles privés au Mérinos de Rambouillet ont été retrouvés dans trois marqueurs :

- McM42 : les allèles C, D et E.
- MAF 65 : l'allèle Q.
- MAF 214 : les allèles H, I et J.

Ceci montre que le Mérinos de Rambouillet est susceptible de posséder une certaine originalité pour d'autres gènes d'intérêt zootechnique par rapport aux races comparées.

Figure 1 3 : Pourcentage d'hétérozygotie en fonction des marqueurs utilisés chez le Mérinos de Rambouillet.



d. Comparaison avec les données de polymorphisme biochimique.

Prod'homme (1986) avait analysé l'hétérozygotie à deux loci : celui de l'hémoglobine (Hb), et celui de la transférase (Tf). A l'époque, les hétérozygoties observées pour les deux locus étaient respectivement de 41 et 68%.

Cependant, Prod'homme n'a pu tirer de conclusion de ces résultats, car deux loci ne sont pas suffisants pour donner une image du polymorphisme.

Il est difficile de comparer ces données à celles apportées par les microsatellites, mais il semble intéressant de signaler qu'aujourd'hui, l'hétérozygotie moyenne sur les marqueurs étudiés s'élève à 52% en moyenne, ce qui est du niveau de la diversité issue des données de polymorphisme biochimique rapportées par Prod'homme (1986).

**Tableau 11 : Critères d'analyse de marqueurs utilisés chez le Mérinos de Rambouillet.**

N° du marqueur	Nom	Nombre d'allèles connus*	A <sub>o</sub>	A <sub>e</sub>	Nombre d'allèles à f<5%	N <sub>t</sub>	N <sub>h</sub>	H <sub>o</sub> (%)	H <sub>e</sub> (%)
1	CSRD0247	14	2	2,0	0	27	15	<b>55,5</b>	<b>50,9</b>
2	HSC	16	5	3,2	1	29	17	<b>58,6</b>	<b>70,3</b>
3	INRA49	10	3	1,8	0	30	16	<b>53,3</b>	<b>46,3</b>
4	McM42	11	5	1,8	2	30	12	<b>40,0</b>	<b>46,3</b>
5	TGLA53	10	5	1,4	3	30	6	<b>20,0</b>	<b>30,2</b>
6	MAF65	7	5	3,4	0	30	22	<b>73,3</b>	<b>72,4</b>
7	McM527-2	9	2	1,8	0	30	14	<b>46,6</b>	<b>45,1</b>
8	MAF0214	16	6	3,6	3	30	22	<b>73,3</b>	<b>73,7</b>
9	OarFCB20	12	4	2,4	1	29	17	<b>58,6</b>	<b>60,9</b>
10	ILSTS011	7	3	2,3	0	28	20	<b>71,4</b>	<b>58,3</b>
11	SR-CRSP9	7	1	1,0	0	30	0	<b>0</b>	<b>0</b>
12	OARFCB304	9	2	1,8	0	30	15	<b>50,0</b>	<b>46,2</b>
13	OARAE129	5	3	2,4	0	30	19	<b>63,3</b>	<b>60,2</b>
14	HUJ616	11	4	2,6	0	30	23	<b>76,6</b>	<b>64,0</b>
15	OARFCB193	6	2	1,0	1	30	2	<b>6,6</b>	<b>6,5</b>
16	OARJMP58	13	2	1,1	0	30	5	<b>16,6</b>	<b>15,5</b>
17	ILSTS005	10	3	2,7	0	30	19	<b>63,3</b>	<b>65,0</b>
18	MAF209	12	3	2,1	0	30	18	<b>60,0</b>	<b>54,0</b>
19	MAF70	17	5	3,4	1	29	23	<b>79,3</b>	<b>72,6</b>
20	OARCP34	9	4	3,2	0	29	22	<b>75,8</b>	<b>70,1</b>
21	OARFCB128	8	3	2,5	0	28	18	<b>64,2</b>	<b>62,2</b>
22	PrP	4	3	1,4	1	30	11	<b>36,6</b>	<b>31,0</b>
Moyenne sans PrP		10,4	3,4	2,3	0,2	29	15	<b>52,3</b>	<b>50,8</b>

\*quelle que soit la race

A<sub>o</sub> : nombre d'allèles observés, A<sub>e</sub> : nombre d'allèles attendus, N<sub>t</sub> : nombre d'animaux génotypés, N<sub>h</sub> : nombre d'animaux hétérozygotes, H<sub>o</sub> : taux d'hétérozygotie observé,

H<sub>e</sub> : taux d'hétérozygotie attendu.

e. Comparaison avec le Berrichon du Cher et la Manech tête rousse.

Les données pour les races Berrichon et Manech proviennent de Neuts (2006). L'étude pour ces deux races portait sur 31 marqueurs microsatellites, plus PrP, et le nombre d'animaux était de 94 pour chacune. Les génotypages ont été effectués en 2004, après la sélection sur la résistance à la tremblante. Bien que nous ayons des nombres inférieurs de marqueurs et d'animaux génotypés, il apparaît intéressant de comparer nos résultats à ceux trouvés pour ces autres races.

Le tableau 12 met en évidence les différences entre ces races aux caractéristiques différentes du Mérinos de Rambouillet. Il faut noter que ces trois populations sont de tailles très différentes : elles comprennent en effet 37 000 brebis pour le Berrichon du Cher, et 237 000 pour la Manech tête rousse, contre 180 pour le Rambouillet.

**Tableau 12 : Moyennes des critères d'analyses de 21 marqueurs microsatellites chez le Mérinos de Rambouillet comparées à d'autres races ovines.**

	Mérinos de Rambouillet	Berrichon du Cher	Manech tête rousse
<b>Nombre moyen d'allèles observés</b>	3,4	5,1 (6,0)	7,6 (7,8)
<b>Nombre moyen d'allèles efficaces</b>	2,3	2,6 (2,7)	3,5 (3,9)
<b>Hétérozygotie moyenne observée (%)</b>	52,3	53,1 (52,2)	68,4 (67,9)
<b>Hétérozygotie moyenne attendue (%)</b>	50,8	52,6 (58,6)	69,6 (70,4)

*Les chiffres entre parenthèses correspondent aux résultats avant la sélection sur la résistance génétique à la tremblante.*

La comparaison avec la Manech tête Rousse met en évidence une plus grande diversité allélique chez cette dernière : 3,5 allèles efficaces en moyenne contre 2,3 chez le Rambouillet. L'hétérozygotie attendue, plus comparable car calculée pour les mêmes marqueurs dans les trois races, montre aussi une plus grande diversité chez la Manech.

Cette race à effectif beaucoup plus grand a pu garder un pourcentage d'hétérozygotie très élevé (69,6% contre 50,8% pour le Mérinos), ce qui est plus difficile à faire chez les races à effectifs réduits, la consanguinité réduisant l'hétérozygotie.

La comparaison avec le Berrichon du Cher ne montre quant à elle pas de grande différence avec le Mérinos de Rambouillet : les nombres moyens d'allèles efficaces restent comparables. Les hétérozygoties moyennes observées et attendues sont comparables dans les deux races. Chez le Mérinos, He est proche de 51% ; chez le Berrichon du Cher, He est de 52,6%. Bien qu'ayant une forte consanguinité, le Mérinos de Rambouillet a su garder une diversité génétique intéressante, ce qui corrobore les résultats trouvés aux paragraphes ii et iii.

Ces résultats assez surprenants compte tenu de la différence de taille des populations, peuvent s'expliquer par différentes hypothèses.

Les bons résultats d'hétérozygoties chez le Mérinos de Rambouillet peuvent s'expliquer par le fait qu'on ait fait peu ou pas de sélection depuis longtemps dans cette race, et que les accouplements aient été bien raisonnés. De plus, la gestion en familles ou groupes de reproduction avec un respect de l'équilibre entre celles-ci a minimisé le risque de goulots d'étranglement.

A l'inverse, pour la race Berrichon du Cher, les résultats de variabilité génétique donnés par les marqueurs ne sont pas très éloignés de ceux du Mérinos de Rambouillet, et ce pour plusieurs raisons. Tout d'abord l'existence d'un schéma de sélection efficace, qui utilise beaucoup l'insémination artificielle. On a donc peu de mâles à l'origine de beaucoup de femelles. Huby *et al.* (2003) ont montré qu'il existait des problèmes de variabilité génétique dans cette race, dus notamment à un éleveur qui contribuait beaucoup à la population. L'augmentation de consanguinité s'est aussi faite plus rapidement, la dérive sur une période courte ce qui explique des taux d'hétérozygoties moyens. Cependant, par rapport au Mérinos de Rambouillet, un plus grand nombre d'animaux sont à l'origine de la race, d'où un nombre d'allèles plus élevé.

#### f. Comparaison avec d'autres races de Mérinos.

L'étude de Diez-Tascón *et al.* (2000) met en évidence les différences de diversité génétique entre différentes populations de Mérinos d'Europe à l'aide de marqueurs.

253 animaux et vingt microsatellites ont été utilisés. On peut remarquer que dans les six populations de Mérinos étudiées (allemande, française, portugaise blanche, portugaise noire, espagnole et néozélandaise), les valeurs d'hétérozygoties moyennes sur les vingt marqueurs varient de 67,9 à 76,3%, ce qui demeure élevé. Cependant, ces marqueurs ne sont pas les mêmes que ceux analysés pour le Mérinos de Rambouillet, seulement six sont en commun.

On ne peut donc pas rigoureusement comparer les valeurs moyennes obtenues lors de cette étude avec les nôtres.

Cette comparaison sera sans doute possible grâce aux résultats d'un projet actuellement déposé au bureau des ressources génétiques visant à analyser des marqueurs moléculaires entre différentes populations de Mérinos européennes, dont le Rambouillet.

#### 5. Etude de l'intervalle de générations.

De 1984 à nos jours (tableau13), les intervalles de génération restent relativement constants, avec cependant une tendance à la diminution dans les quatre voies (surtout père-fils et père-fille). L'intervalle de génération père-fils reste le plus court (2,47 ans), les pères à béliers sont renouvelés plus rapidement, ce qui permet de limiter la consanguinité proche.

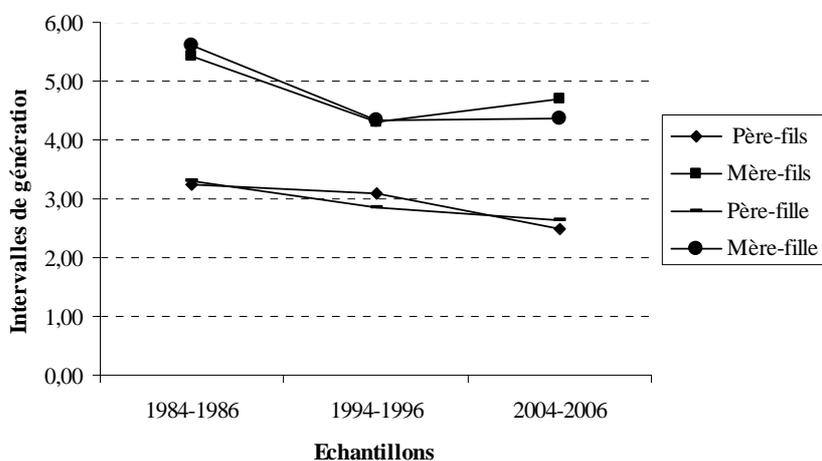
Une diminution de ces intervalles, observée pour les deux voies mâles, traduit globalement une évolution de la politique d'utilisation des animaux : mise à la reproduction plus précoce, et réduction de la durée d'utilisation, ce qui évite de trop limiter la variabilité génétique (voir paragraphe 6 ci-après). La figure 14 illustre la tendance globale à la baisse des intervalles de générations dans les quatre voies.

La seule sélection exercée de nos jours est celle relative à la résistance génétique à la tremblante, mise en place en 2002, mais on ne peut la relier de façon certaine à cette diminution des intervalles de générations.

**Tableau 13 : Intervalles de générations sur les quatre voies par année de naissance des produits.**

	Père-fils	Mère-fils	Père-fille	Mère-fille	Moyenne
<b>Années de naissance</b>					
<b>1984-1986</b>	3,25	5,42	3,29	5,62	4,39
<b>1994-1996</b>	3,10	4,31	2,86	4,32	3,64
<b>2004-2006</b>	2,47	4,71	2,65	4,36	3,54

**Figure 14 : Evolution des intervalles de générations dans le troupeau Mérinos de Rambouillet.**

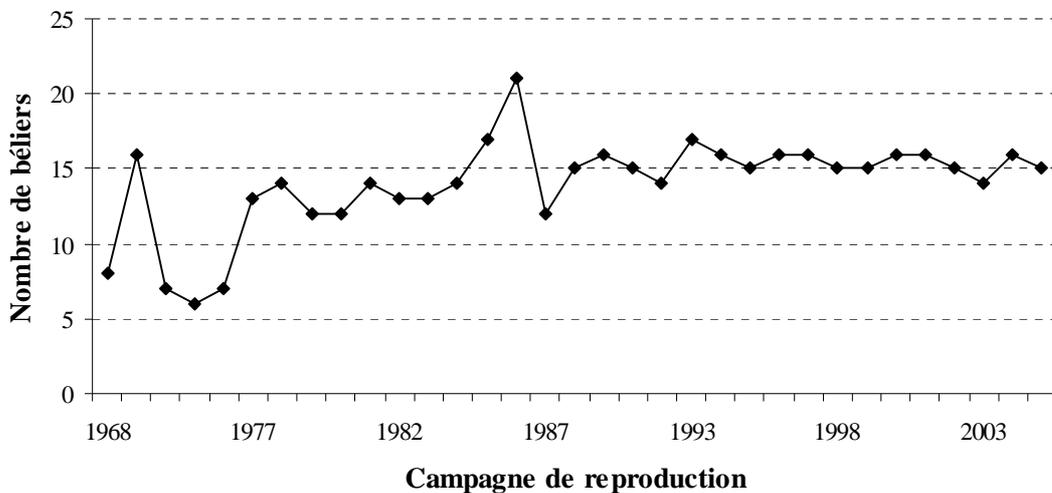


6. Etude de la gestion des mâles.

a. Effectifs des mâles reproducteurs par campagne.

La figure 15 ci-dessous met en évidence l'évolution du nombre de mâles actifs par campagne dans le troupeau Mérinos de Rambouillet, de 1968 à nos jours.

**Figure 15 : Evolution du nombre de mâles actifs par campagne-Troupeau Mérinos de Rambouillet.**



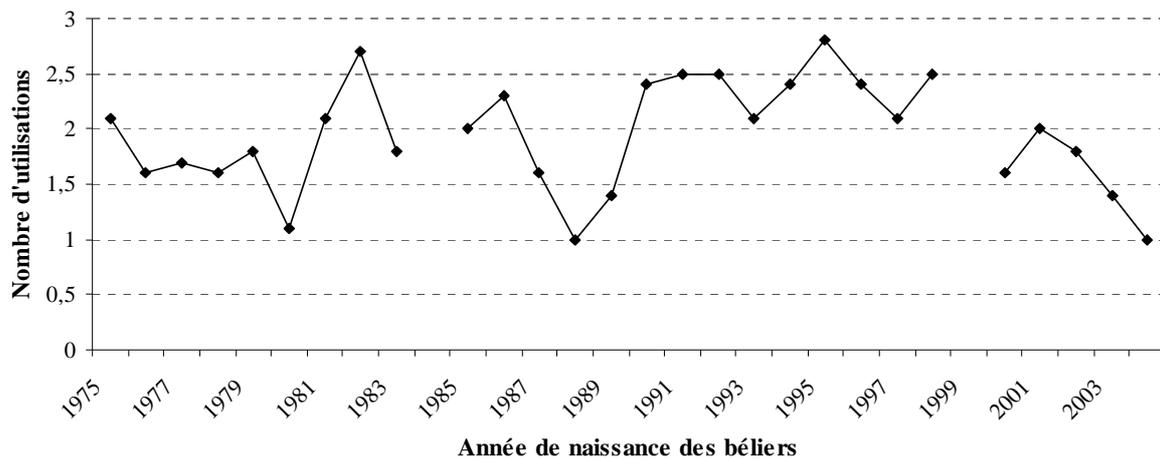
Le nombre de béliers reproducteurs enregistrés par campagne varie de 6 à 21, avec une moyenne de 13,96.

En ce qui concerne les périodes des échantillons étudiés, le nombre de béliers utilisés varie peu, on note un minimum de 6 béliers en 1971, et un maximum de 21 en 1986. Pour un troupeau de 150 à 200 femelles, cela donne un ratio de 1 bélier pour 10 à 12 femelles, ce qui est élevé par rapport à d'autres races. On utilise donc un grand nombre de mâles par rapport aux femelles, ce qui est conforme au second principe de gestion des petites populations énoncé par Vu Tien Khang et Rochambeau (1995), (cf. p. 39).

b. Durée d'utilisation des béliers.

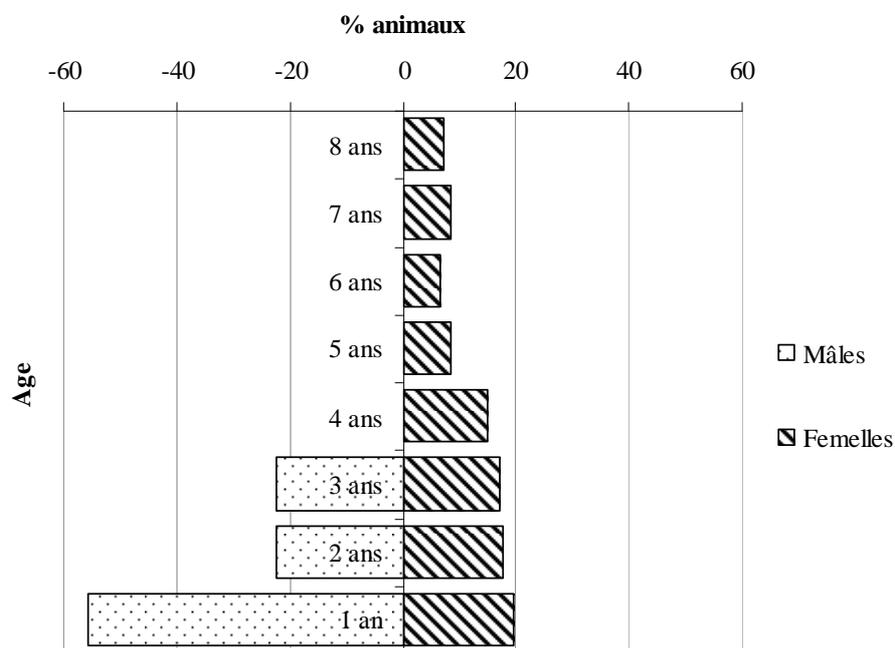
De 1969 à 2006, un bélier a été utilisé en moyenne 1,88 année (Figure 16). Le maximum est de trois années, et l'écart type faible ( $\sigma=0,87$  ans), il y a donc peu de variation entre les mâles. Cette durée d'utilisation courte est encore un point positif en termes de gestion de la variabilité génétique, et demeure conforme au second principe énoncé plus haut.

**Figure 16 : Durée d'utilisation des béliers en fonction de leur année de naissance-  
Troupeau Mérinos de Rambouillet.**



La pyramide des âges représentée sur la figure 17 montre aussi que tous les béliers actifs en 2006 sont âgés de 1 à 3 ans, alors que les femelles reproduisent jusqu'à 8 ans. Ce renouvellement rapide des mâles est un point clé de la gestion de la variabilité génétique.

**Figure 17 : Pyramide des âges du troupeau Mérinos de Rambouillet en 2006 (mâles et femelles actifs).**



c. Contribution et diversité d'origine des béliers.

Pour rendre compte de la contribution des différents béliers, on regarde le nombre moyen de descendants pour les trois échantillons (tableau 14).

**Tableau 14 : Nombre de descendants nés par bélier actif et par campagne-Troupeau Mérinos de Rambouillet.**

Echantillon	Moyenne descendants par campagne par bélier
1984-1986	5,7 $\sigma=3,0$ min=1, max=15
1994-1996	7,5 $\sigma=1,9$ min=1, max=12.
2004-2006	7,4 $\sigma=2,5$ min=3, max=16

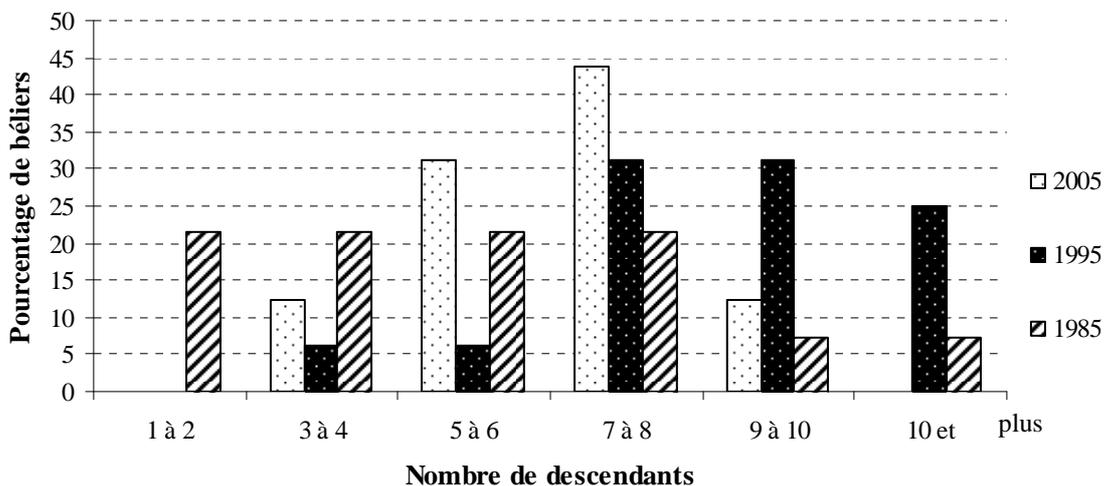
Ces chiffres sont étudiés ici par campagne de naissance des agneaux.

Le nombre de descendants moyen par campagne a augmenté dans le temps, un bélier ayant en moyenne deux descendants de plus par an aujourd'hui qu'il y a vingt ans. L'écart, représenté par les chiffres minimum et maximum, est assez important, entre 1 et 16 béliers. Mais les écarts types restent faibles, ce qui montre un équilibre entre les différents béliers en ce qui concerne leurs nombres de descendants. De plus, ces valeurs concernent les agneaux nés, il est donc possible de modifier le poids de la descendance de certains béliers afin d'équilibrer les origines au moment du choix des animaux de renouvellement.

On peut répartir les béliers suivant leur contribution, c'est-à-dire suivant leur nombre de descendants une année donnée. Cela met en évidence d'éventuels déséquilibres dans l'utilisation des béliers : on cherche à ne pas avoir trop de béliers ayant chacun un grand nombre de descendants ( voir le premier principe énoncé page 39).

Il est intéressant de comparer ces chiffres à différentes périodes : ici, les années 1985, 1995 et 2005, médianes de nos échantillons (figure 18).

**Figure 18 : Répartition des béliers Mérinos de Rambouillet en fonction du nombre de leurs descendants nés.**



Les béliers sont relativement bien répartis, avec une majorité (entre 20 et 44%) ayant 7 à 8 descendants. Peu de béliers (25% au maximum en 1995, et aucun en 2005) ont plus de 10 descendants, ce qui est satisfaisant en terme d'utilisation, celle-ci devant être équilibrée entre les différents mâles. En effet, on cherche à éviter une situation avec des béliers ayant beaucoup de descendants qui conduit à des goulots d'étranglement et donc à une réduction de la variabilité génétique.

Un autre paramètre permettant la mise en évidence d'un éventuel déséquilibre dans l'utilisation des béliers est la contribution cumulée des pères.

Cette contribution est mise en évidence dans la figure 19 pour les pères utilisés les années 1985, 1995 et 2005. Elle montre un impact mieux équilibré entre les différents béliers, en 1995 et 2005. En effet, durant ces deux années, les six premiers béliers, (soit environ un tiers des mâles utilisés) sont à l'origine de 50% des descendants, alors qu'en 1985, seuls 4 béliers contribuent à 50% de la paternité.

Cette utilisation est donc satisfaisante pour maintenir la diversité des origines dans le troupeau.

**Figure 19 : Contribution cumulée des pères des agneaux mâles et femelles nés pendant les campagnes 1985, 1995 et 2005.**

