

II. TRAVAIL PERSONNEL SUR L'APPLICATION DU PNAGRT AU TROUPEAU MERINOS DE RAMBOUILLET.

A. Problématique.

L'effectif de la race Mérinos de Rambouillet est si faible qu'on peut se demander s'il est possible d'appliquer le programme de sélection sur la résistance génétique à la tremblante sans diminuer brutalement la variabilité génétique. Quelle est la situation du Mérinos de Rambouillet au regard de la résistance génétique à la tremblante ? Comment appliquer le programme de sélection génétique sur cette résistance sans accélérer l'augmentation du coefficient de consanguinité, qu'on estime aujourd'hui à près de 53% ?

Dans cette race, le PNAGRT n'a été appliqué qu'aux campagnes 2003 et 2004. En effet, la situation favorable au regard de la résistance génétique à la tremblante a permis d'orienter la gestion des accouplements vers une gestion optimale de la variabilité génétique à partir de 2005. Pour l'application pratique du PNAGRT, voir l'annexe 1.

En parallèle, il est intéressant d'étudier l'éventuelle influence du PNAGRT sur les qualités d'élevage et les caractères de production dans cette race : a-t-on toujours après la sélection des performances zootechniquement acceptables ?

B. Matériel et méthodes.

1. Animaux génotypés.

En 2002 eut lieu la première campagne d'application du PNAGRT à la Bergerie Nationale : 142 animaux furent alors génotypés, dont 99 brebis adultes, 7 béliers adultes, 12 jeunes béliers et 24 agnelles.

En 2003, ce furent 251 animaux : 103 brebis adultes, 12 béliers adultes, 11 jeunes béliers, 23 agnelles et 100 agneaux (50 mâles et 50 femelles). Pour favoriser la mise en place du plan, tout le troupeau a été génotypé. Ceci est un cas à part compte tenu de la situation de la race.

Pour les campagnes suivantes, seuls les animaux de renouvellement ont été génotypés, c'est-à-dire les agneaux dont la campagne de naissance correspond à celle de la campagne de génotypage. Le nombre de génotypes réalisés par campagne est indiqué dans le tableau 16.

Tableau 16 : Nombre de génotypages effectués par année et par catégorie d’animaux en race Mérinos de Rambouillet dans le cadre du PNAGRT (d’après les données du fichier national).

Année de génotypage	Nombre de béliers		Nombre de brebis		Total
	<i>Reproducteurs</i>	<i>Jeunes*</i>	<i>Reproductrices</i>	<i>Jeunes**</i>	
2002	7	12	99	24	142
2003	12	62	103	74	251
2004	0	59	4	38	101
2005	0	25	0	47	72
2006	0	17	0	49	66

**jeunes béliers et agneaux mâles*

*** agnelles et agneaux femelles*

2. Méthode de génotypage.

Les génotypages se font par PCR pour *Polymerase Chain Reaction* ou réaction de polymérisation en chaîne. C’est une méthode de répllication ciblée *in vitro* qui permet d’obtenir d’importantes quantités d’un fragment d’ADN défini. Pour plus de précisions sur cette méthode, se référer à la référence électronique n°3..

3. Méthodes d’analyse des résultats.

D’après les résultats obtenus en PCR, on analyse les structures génotypique et allélique de la population, l’évolution des fréquences alléliques et génotypiques relatives d’année en année concernant les allèles au locus PrP. Cette évolution permet de mettre en évidence l’efficacité de sélection conformément aux objectifs précédemment explicités.

a. Calcul des fréquences génotypiques (d'après Bossé, 2003).

Soit un locus autosomique à deux allèles (a_1 et a_2) avec codominance.

Si, dans une population de N individus, les différents génotypes se répartissent comme indiqué dans le tableau 17, n_1 , n_2 et n_3 désignant le nombre d'individus de chaque génotype, alors ces fréquences génotypiques relatives appelées P , Q et R se calculent simplement en divisant les nombres n_x par N .

Ces fréquences étant relatives, on a donc $P+Q+R=1$.

Tableau 17 : Calcul des fréquences génotypiques dans le cas d'un locus autosomique à 2 allèles codominants (d'après Bossé, 2003).

Génotype	Nombre d'individus	Fréquences relatives des génotypes
$a_1 a_1$	n_1	$P= n_1/N$
$a_2 a_1$	n_2	$Q= n_2/N$
$a_2 a_2$	n_3	$R=n_3/N$

A partir de là, on peut trouver les fréquences alléliques.

b. Calcul des fréquences alléliques en fonction des fréquences génotypiques (d'après Bossé, 2003).

Le tableau 18 met en évidence le nombre d'allèles a_1 et a_2 dans la population, selon les génotypes.

Tableau 18 : Nombre d'allèles établi en fonction des fréquences génotypiques relatives dans le cas d'un locus autosomique à deux allèles codominants (d'après Bossé, 2003).

Génotypes	$a_1 a_1$	$a_1 a_2$	$a_2 a_2$	Total
Nombre d'individus	$n_1=NP$	$n_2=NQ$	$n_3=NR$	N
Nombre d'allèles a_1	$2 \times NP$	$1 \times NQ$	$0 \times NR$	$N (2P+Q)$
Nombre d'allèles a_2	$0 \times NP$	$1 \times NQ$	$2 \times NR$	$N (Q+2R)$

Les fréquences alléliques $f(a_1)$ et $f(a_2)$ des allèles a_1 et a_2 se calculent de la manière suivante, sachant que dans une population de N individus diploïdes, le nombre total d'allèles à un locus donné est $2N$:

$$f(a_1) = N(2P+Q)/2N$$
$$\text{et } f(a_2) = N(2R+Q)/2N$$

Ces fréquences étant des fréquences relatives, on a $f(a_1) + f(a_2) = 1$.

Nous avons appliqué ces formules dans le cas du Mérinos de Rambouillet pour calculer les fréquences génotypiques et alléliques relatives pour chaque campagne depuis le début de l'établissement du PNAGRT. Nous avons ainsi pu apprécier leurs évolutions et comparer la situation avec d'autres races.

c. Evolution simultanée de la sélection au gène PrP et des critères de variabilité génétique et les caractères zootechniques.

Dans un second temps, pour pouvoir évaluer l'impact de la sélection sur la variabilité génétique, nous avons analysé l'évolution de cette dernière entre les cinq années précédant et suivant l'application du programme. Cette analyse a comporté l'étude de la variation du taux de consanguinité des agneaux nés entre 1995 et 2006, et celle de l'apparentement d'échantillons de mâles actifs. Les critères de probabilité d'origine des gènes sont également étudiés pour différents échantillons de mâles actifs. Pour plus de précisions sur ces notions et sur les échantillons choisis, se reporter à la première partie sur l'étude de la variabilité génétique de troupeau Mérinos de Rambouillet.

Enfin, nous avons voulu voir si la sélection sur la résistance à la tremblante a eu ou non des répercussions sur les qualités d'élevage et les caractères de production. En effet, en sélectionnant sur le gène PrP, on pouvait éventuellement modifier la structure génétique à d'autres locus proches, pouvant être impliqués dans diverses fonctions physiologiques.

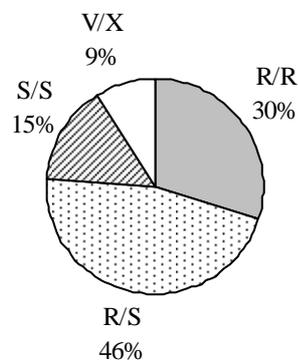
C. Résultats.

1. Situation initiale.

La première campagne pour laquelle tous les animaux ont été génotypés correspond à la campagne 2003. La distribution des fréquences alléliques présentée à la figure 24 indique un pourcentage satisfaisant d'individus résistants : 30%, contre 15% d'individus sensibles et 9% de très sensibles. Presque la moitié des individus (46%) était de sensibilité intermédiaire et aucun n'animal n'était hypersensible (homozygote VRQ).

Figure 24 : Situation initiale des fréquences génotypiques au locus PrP chez le Mérinos de Rambouillet, résultats de la campagne 2003 (250 animaux génotypés, soit l'ensemble du troupeau).

R : ARR, S : AHQ ou ARQ, V : VRQ, X : ARR ou AHQ ou ARQ.



Les animaux de génotype R/S sont majoritaires : ils représentent 46% du troupeau. Parmi eux, 42% sont de génotype ARR/AHQ. La fréquence allélique élevée de l'allèle AHQ est une spécificité du Mérinos de Rambouillet, c'est parmi les races ovines françaises en sélection l'une dans laquelle cet allèle est le plus retrouvé.

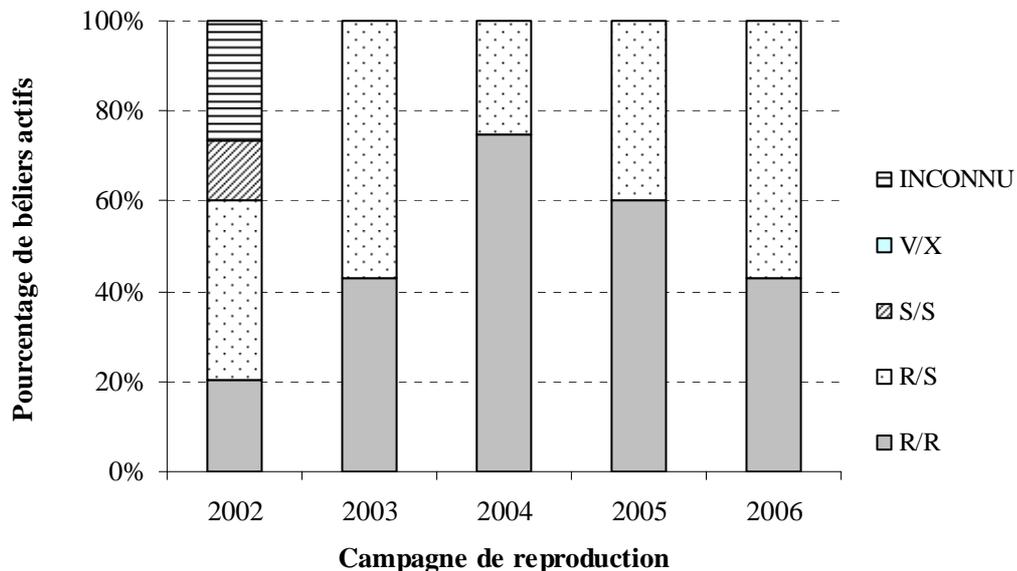
2. Evolution des fréquences génotypiques et alléliques du gène PrP chez le Mérinos de Rambouillet.

a. Fréquences génotypiques.

Les fréquences génotypiques simplifiées par année pour les mâles et les femelles actifs sont données dans les figures 25 et 26.

Figure 25 : Evolution des fréquences génotypiques simplifiées au locus PrP des mâles Mérinos de Rambouillet en fonction de leur campagne de reproduction.

R : ARR, S : AHQ ou ARQ, V : VRQ, X : ARR ou AHQ ou ARQ.

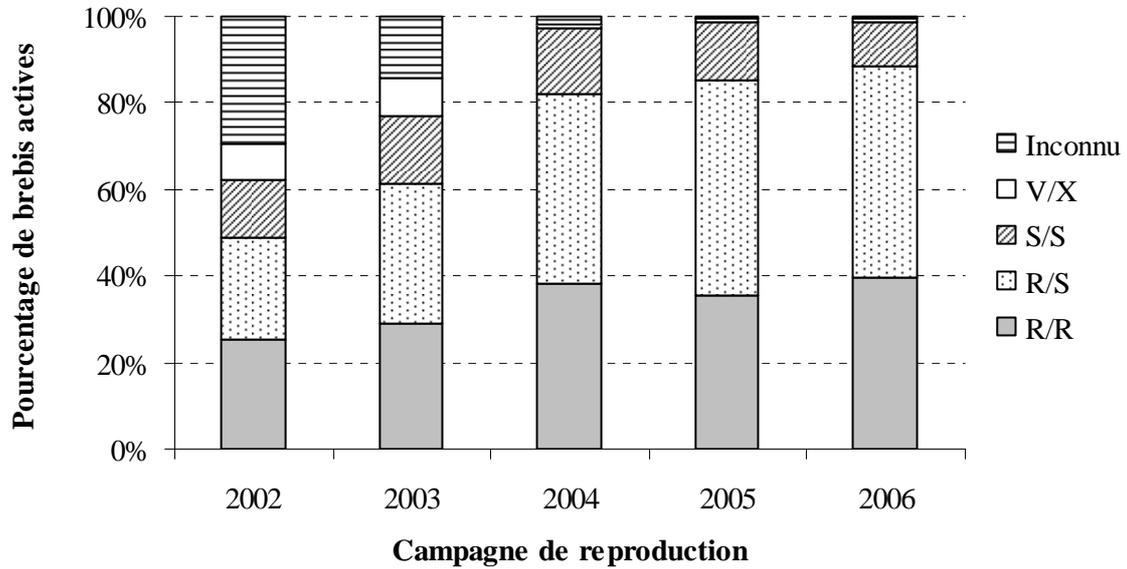


Ces fréquences concernent 15 béliers en 2002, 14 en 2003, 16 en 2004, 15 en 2005 et 14 en 2006. On remarque une large utilisation de béliers porteurs de l'allèle ARR. Les baisses de pourcentages de béliers résistants entre 2004 et 2005, puis entre 2005 et 2006 ne sont dues à chaque fois qu'à trois béliers.

Aucun bélier porteur de l'allèle VRQ n'a été utilisé entre 2003 et 2006, et les béliers de génotype R/S sont pour la grande majorité des ARR/AHQ.

Figure 26 : Evolution des fréquences génotypiques simplifiées au locus PrP des femelles Mérinos de Rambouillet en fonction de leur campagne de reproduction.

R : ARR, S : AHQ ou ARQ, V : VRQ, X : ARR ou AHQ ou ARQ.

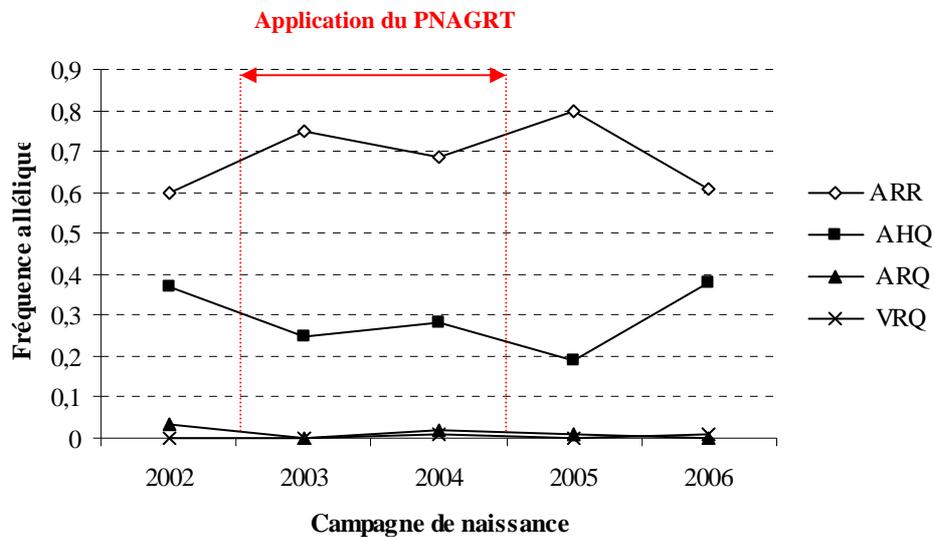


La situation des femelles est différente de celle des béliers. Malgré tout, près de 90% des brebis actives en 2006 sont porteuses de l'allèle ARR, et aucune ne possède l'allèle VRQ.

b. Fréquences alléliques.

L'évolution des fréquences alléliques en fonction de la campagne de naissance des animaux est donnée à la figure 27.

Figure 27 : Evolution des fréquences alléliques au gène PrP du troupeau Mérinos de Rambouillet, par campagnes de naissance (d'après Leymarie, 2007).

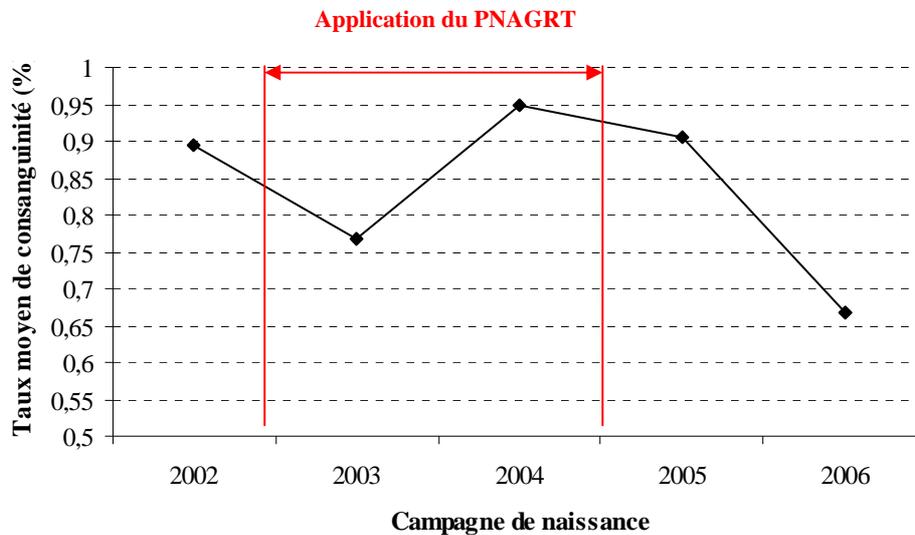


c. Evolution de la consanguinité et de l'apparentement des animaux.

i. Evolution de la consanguinité des agneaux nés entre 2002 et 2006.

Comme nous l'avons vu dans la première partie, l'évolution du coefficient de consanguinité est un indicateur de l'érosion ou du maintien de la variabilité génétique au sein d'une population. La figure 28 indique la variation du coefficient de consanguinité des agneaux nés entre 2002 et 2006. Les campagnes 2003 et 2004 correspondent à des agneaux issus d'accouplements pour lesquels le génotype PrP des reproducteurs a été pris en compte : ce sont les campagnes d'application du PNAGRT en Mérinos de Rambouillet.

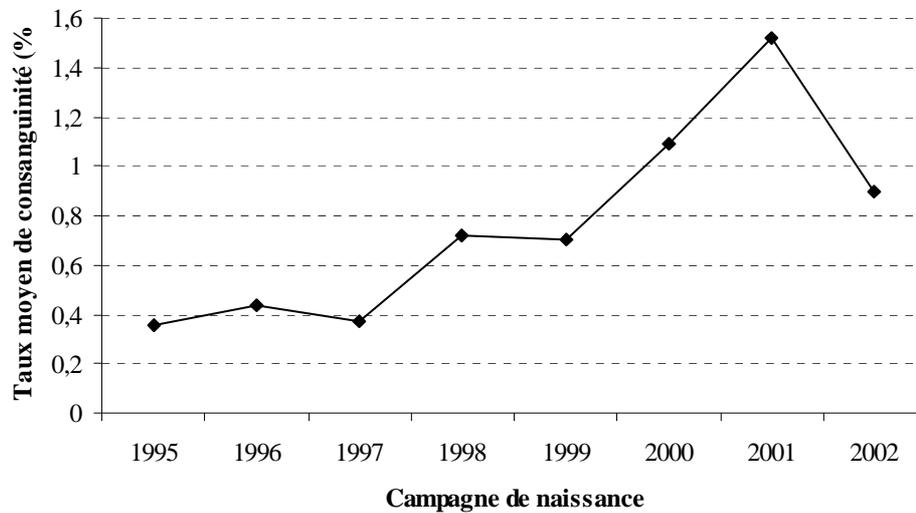
Figure 28 : Variation du coefficient de consanguinité moyen des agneaux nés entre 2002 et 2006 dans le troupeau Mérinos de Rambouillet (d'après les données du fichier national).



Pour tracer les figures 28 et 29, nous avons utilisé les données du fichier national : en valeur absolue, les coefficients de consanguinité ne correspondent donc certainement pas à la réalité puisqu'on ne prend pas en compte l'ascendance d'avant (1962) (voir première partie). La valeur réelle de F est ainsi fortement sous estimée. La figure 28 montre l'évolution générale de la consanguinité moyenne des agneaux nés entre 2002 et 2006. Les années 2003 et 2004 correspondent à la période d'application du PNAGRT. La courbe subit des fluctuations, dont une hausse de près de 0,2% entre 2003 et 2004, puis entame une inflexion jusqu'à 2006, où le coefficient de consanguinité moyen des agneaux nés serait de 0,66%, d'après les données disponibles dans la base nationale.

Nous pouvons comparer cette évolution du coefficient de consanguinité à celle observée quelques années auparavant. La figure 29 donne l'évolution de ce même coefficient entre les années 1995 et 2002.

Figure 29 : Variation du coefficient de consanguinité moyen des agneaux nés entre 1995 et 2002 dans le troupeau Mérinos de Rambouillet.



Avec les mêmes réserves émises ci-dessus quant à la valeur réelle de F, on peut observer une augmentation régulière du taux de consanguinité des agneaux nés chaque année entre 1995 et 2002. Le taux élevé (près de 1,6%) de l'année 2001 semble témoigner d'un problème de gestion des accouplements cette année là, compensé ensuite par une baisse de moitié à la campagne suivante.

ii. Evolution de l'apparentement des mâles actifs.

Le tableau 8 p. 69 nous montre les valeurs des coefficients de parenté des échantillons mâles actifs avant et après la sélection du PrP : les mâles actifs entre 1984 et 1986, entre 1994 et 1996, et entre 2004 et 2006.

Le coefficient de parenté augmente entre chaque période : de 0,8% entre le premier et le deuxième échantillon, et de 2% entre le deuxième et le troisième.

d. Evolution des critères de probabilité d'origine des gènes depuis l'établissement de la sélection sur la résistance génétique à la tremblante.

On se réfère au tableau 10 p.73. Entre les échantillons mâles actifs (1994-1996) et (2004-2006), le nombre de fondateurs efficaces n'a presque pas changé (respectivement 40,7 et 40,5).

Le nombre d'ancêtres efficaces a quant à lui un peu augmenté (passé de 23,2 pour le premier échantillon à 25,0 pour le second).

Enfin, dix ancêtres en 2004-2006 expliquent 50% des gènes, au lieu de 9 en 1994-1996.

e. Evolution de différents caractères zootechniques depuis l'application du PNAGRT.

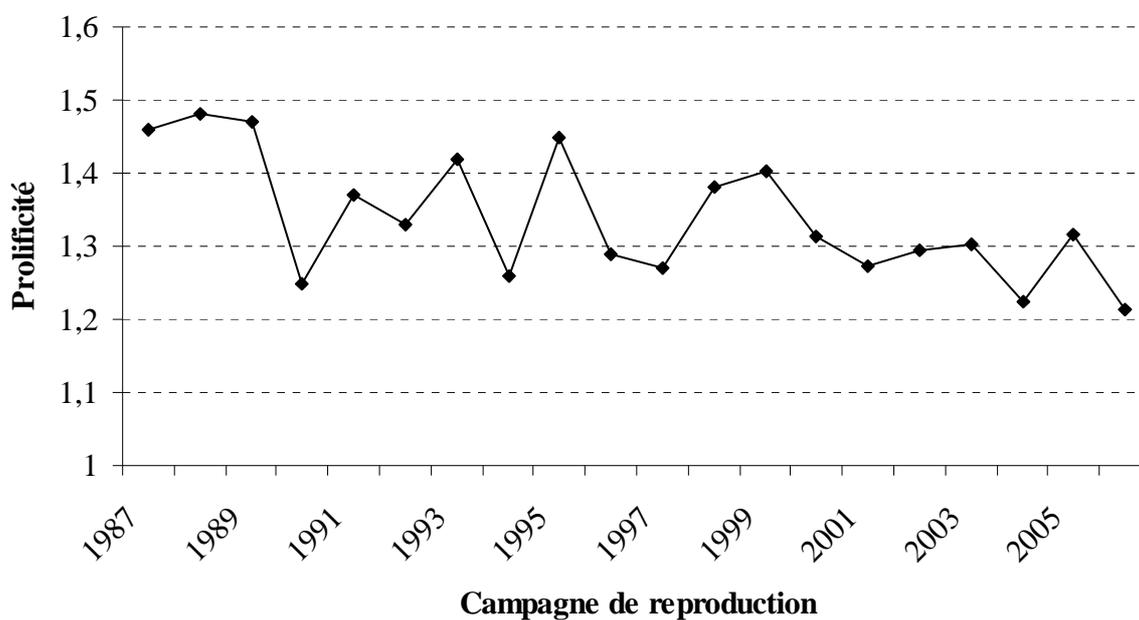
i. Prolificité.

Les données bibliographiques s'accordent pour affirmer que la consanguinité des brebis a des effets délétères sur leur prolificité (cf. partie I).

Pour la période récente, la prolificité du troupeau illustrée à la figure 30 met en évidence une réduction globale entre 1987 et 2006.

Ce paramètre dépend des traitements hormonaux de synchronisation appliqués aux brebis. Pendant toute la période entre 1987 et 2004, plusieurs lots de brebis étaient synchronisée, cette pratique a été abandonnée en 2004 par manque de main d'œuvre. La prolificité est donc donnée ici sur œstrus naturel et induit entre 1987 et 2004, puis sur œstrus naturel uniquement entre 2004 et 2006.

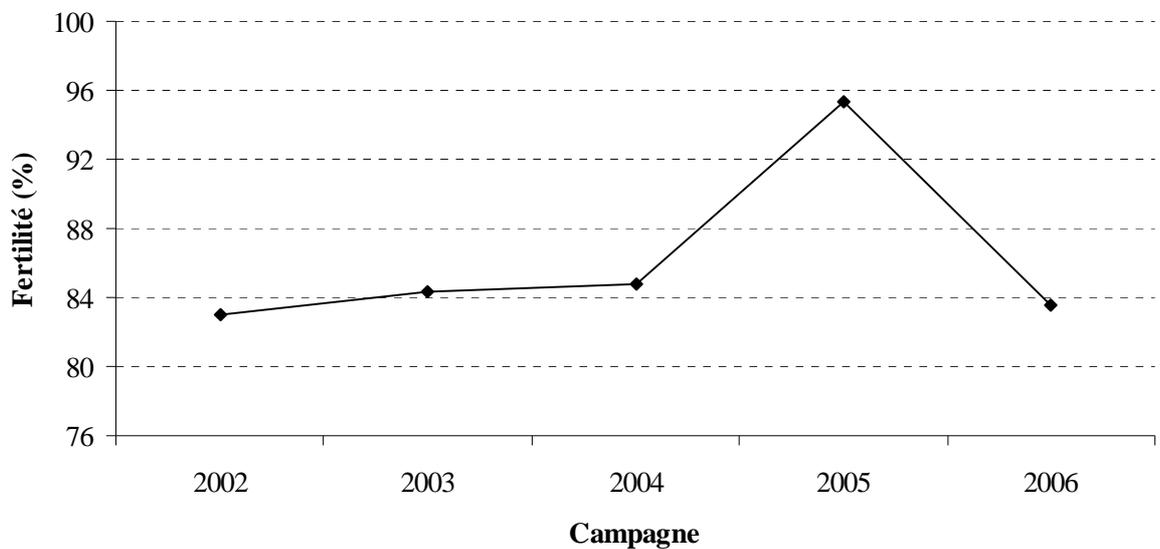
Figure 30: Evolution de la prolificité des brebis Mérinos de Rambouillet entre 1987 et 2006 (données de l'Institut de l'Elevage).



ii. Fertilité.

La courbe suivante, tracée avec les données des carnets d'agnelage, nous donne l'évolution de la fertilité des brebis Mérinos de Rambouillet entre les années 2002 et 2006 (figure 31), sur œstrus naturel et induit en 2002 et 2003, puis sur œstrus naturel uniquement à partir de 2004.

Figure 31 : Evolution de la fertilité des brebis Mérimos de Rambouillet entre 2002 et 2006.



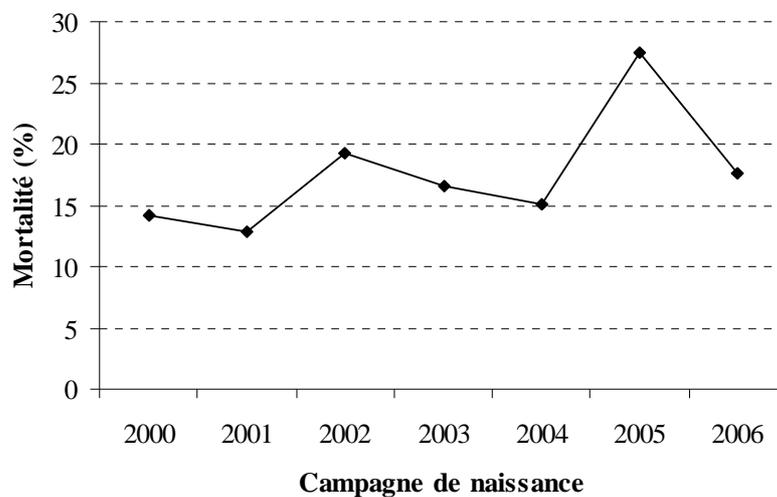
La campagne 2005 est particulièrement bonne, puisque plus de 95% des brebis mises en lutte ont agnelé cette année là. Pour l'année 2006, le résultat est biaisé car un bélier n'a pas reproduit : cela donne une dizaine de brebis vides en plus. La baisse de fertilité cette année là n'est donc pas entièrement imputable aux brebis.

iii. Mortalité.

La figure 32 montre l'évolution de la mortalité des agneaux entre 0 et 70 jours sur la période de 2000 à 2006. On remarque des fluctuations, et la courbe de tendance générale met en évidence une augmentation, due probablement au pic de 2005, avec une mortalité de plus de 25% cette année là, imputable à une mortalité à la naissance de 36% en 2005 (voir figure 33).

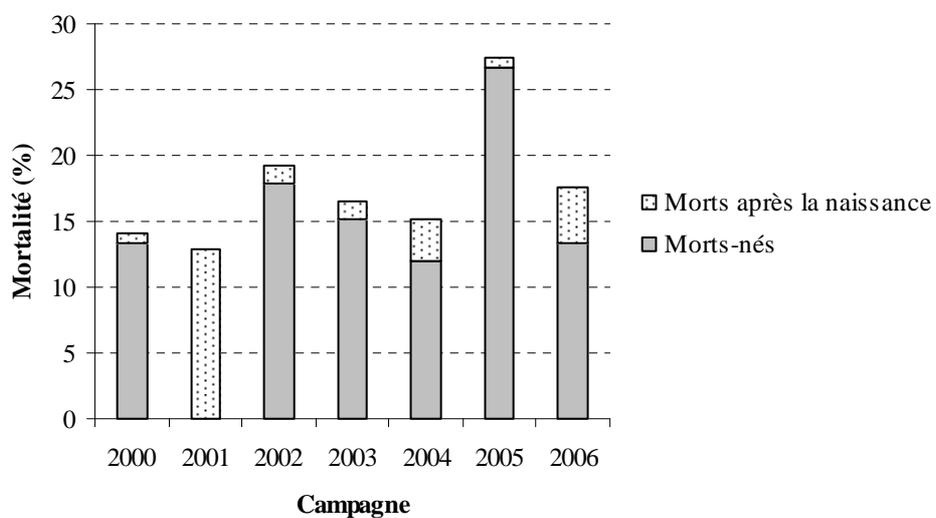
La valeur moyenne de la mortalité des agneaux entre 0 et 70 jours reste autour de 15%. Elle est certes élevée mais elle demeure inchangée par rapport à celles rapportées auparavant par Berthelot (1993), et qui concernent la période 1930-1991.

Figure 32 : Evolution de la mortalité 0-70 jours entre 2000 et 2006 dans le troupeau Mérinos de Rambouillet.



La figure 33 montre que les morts nés sont largement majoritaires. Il existe un manque d'informations pour l'année 2001.

Figure 33 : Evolution de la mortalité des agneaux nés Mérinos de Rambouillet entre 2000 et 2006.



iv. Poids à la naissance, GMQ.

Les poids à la naissance ne sont pas enregistrés chaque année. Avec les données des carnets d'agnelages, on dispose des données sur les années 2000 et 2006, ce qui peut donner une idée des poids avant et après la sélection sur la résistance génétique à la tremblante (tableau 19).

Tableau 19 : Poids moyens à la naissance des Mérinos de Rambouillet (en kilos) par catégorie d'animaux, pour les campagnes 2000 et 2006.

Campagne de naissance	Mâles simples	Mâles doubles	Femelles simples	Femelles doubles	Tous agneaux
2000	3,8	3,1	3,6	2,7	3,3 $\sigma=0,68$, min=2,0, max=4,9
2006	3,8	3,2	3,3	3,1	3,4 $\sigma=0,58$, min=2,0, max=5,3

Ces moyennes par catégorie d'animaux suggèrent que les poids à la naissance sont restés stables.

Les gains moyens quotidiens 10-30j, qui témoignent de la valeur laitière des mères, sont représentés aux figures 34 et 35 pour les années 2000 à 2006.

Ils présentent des fluctuations d'amplitudes modérées, avec quelques résultats assez surprenants : les animaux doubles en 2006 ayant des GMQ plus élevés que les simples.

Figure 34 : GMQ. 10-30 j. moyens des mâles Mérinos de Rambouillet entre 2000 et 2006 (données de l'Institut de l'Elevage).

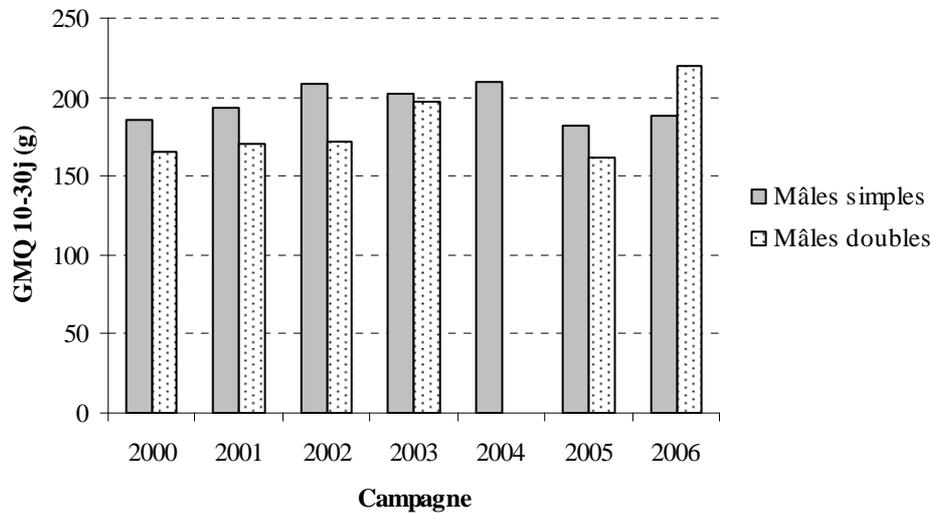
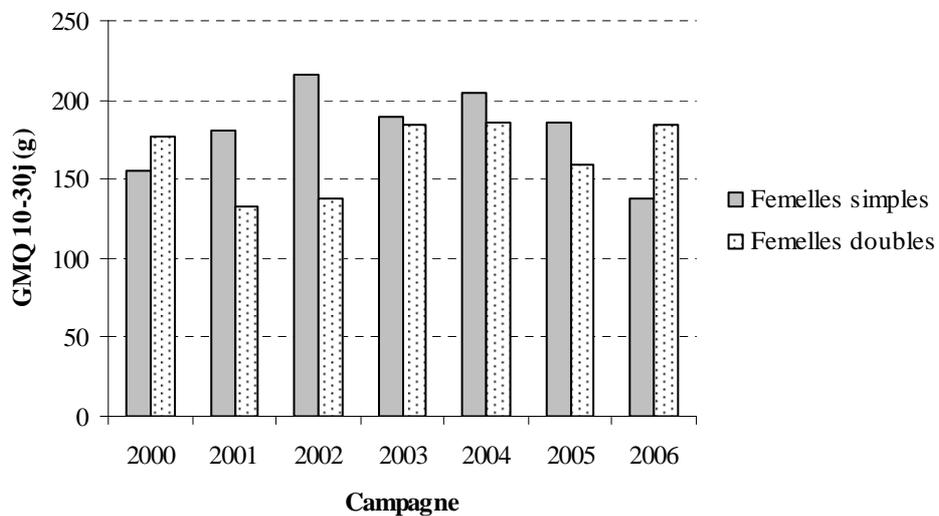


Figure 35 : GMQ. 10-30 j. moyens des femelles Mérinos de Rambouillet entre 2000 et 2006 (données de l'Institut de l'Elevage).



Les GMQ 30-70 jours sont un indicateur de la croissance des agneaux. Ils sont représentés pour les mâles à la figure 36, et pour les femelles à la figure 37. Comme pour les GMQ 10-30j, on remarque des fluctuations, avec une baisse à la campagne 2006.

Figure 36 : GMQ. 30-70 j. moyens des mâles Mérinos de Rambouillet entre 2000 et 2005 (données de l'Institut de l'Elevage).

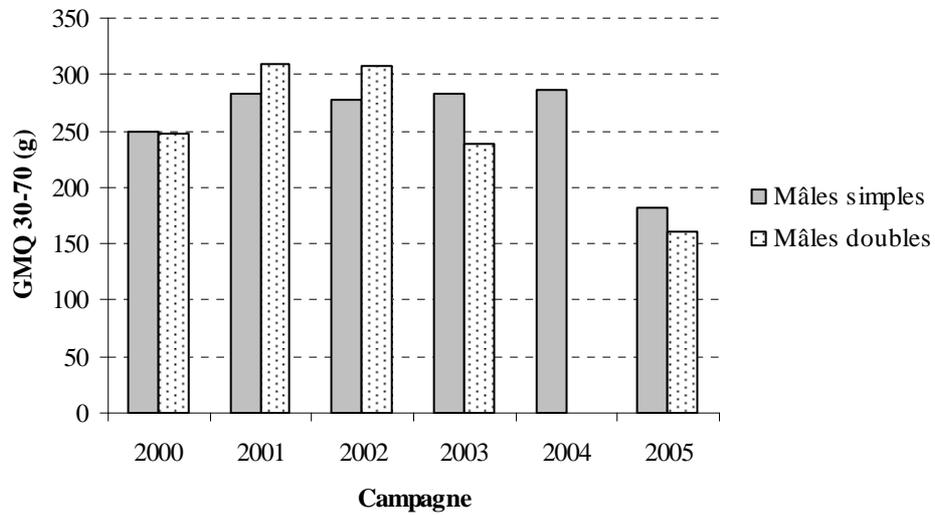
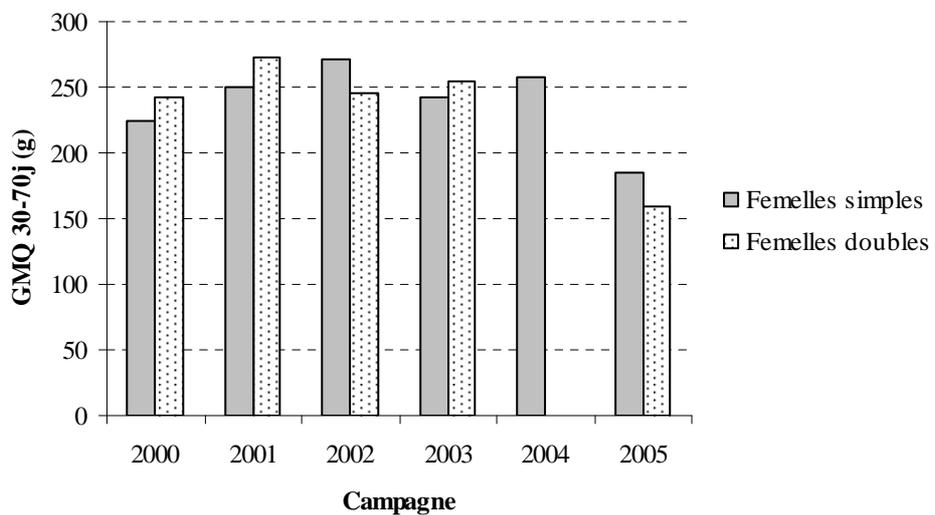


Figure 37 : GMQ. 30-70 j. moyens des femelles Mérinos de Rambouillet entre 2000 et 2005 (données de l'Institut de l'Elevage).



D. Discussion

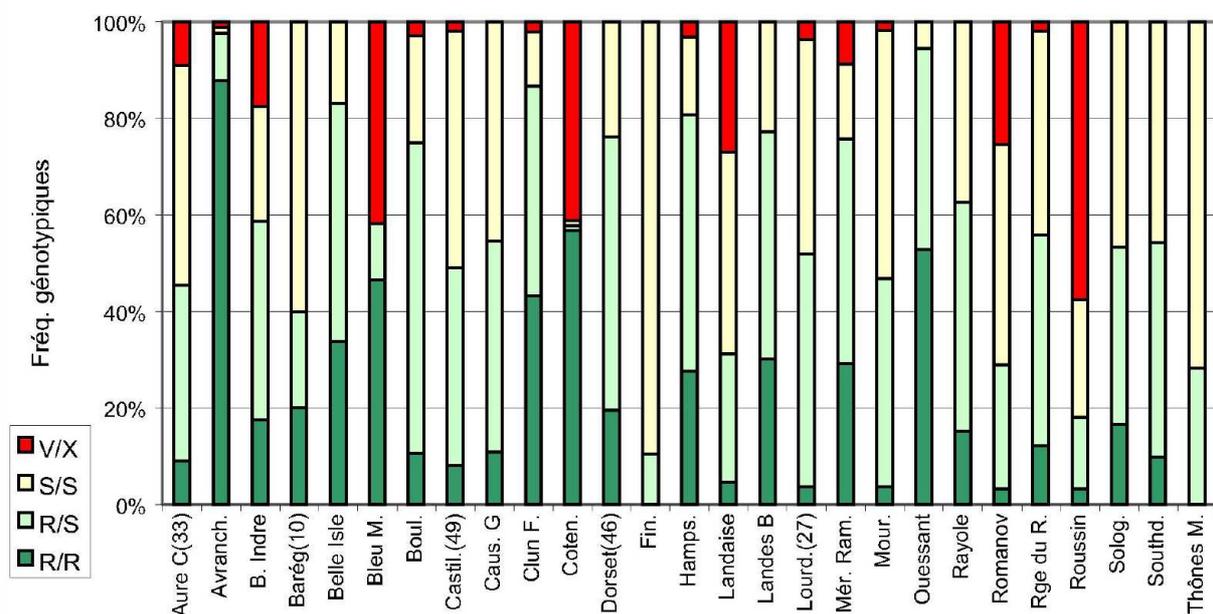
1. Une situation initiale favorable, comparaison avec d'autres races.

Comparée à d'autres races à faibles effectifs, la situation initiale du Mérinos de Rambouillet au regard de la sensibilité à la tremblante était satisfaisante.

En effet, on comptait en 2002 : 30% d'individus résistants, 39 % d'intermédiaires, 19% de sensibles, dont 10% porteurs de l'allèle VRQ, d'après les dénominations de sensibilité données à la figure 21 p.107.

La même année, on comptait pour les races rustiques avec testage une moyenne de 10% d'individus résistants, 38% d'intermédiaires, et 40% de sensibles dont 12% de porteurs de l'allèle VRQ (Brochard, 2002). Il existe cependant une très grande variabilité entre les races (voir figure 38).

Figure 38 : Fréquences génotypiques des animaux de génotype connu des races à petits effectifs (Brochard, 2002).



Parmi les 27 races à petits effectifs, on pourrait ainsi placer le Mérinos de Rambouillet en 8^{ème} position en termes de pourcentage d'individus résistants, et en 19^{ème} position pour le pourcentage d'individus porteurs de l'allèle VRQ.

2. Atteinte des objectifs du PNAGRT en Mérinos de Rambouillet.

a. Evolution de fréquences alléliques.

L'évolution des fréquences alléliques des agneaux nés en fonction de leur campagne de naissance (figure 27 p. 126) met en évidence une évolution favorable au sein du troupeau. En effet, les objectifs du plan de sélection étaient de propager l'allèle ARR tout en éliminant l'allèle VRQ.

On constate que la fréquence de l'allèle de résistance ARR, qui était à l'origine de l'ordre de 50% (chez les animaux nés en 1999) est aujourd'hui de 60%, et était même de 80% parmi les animaux nés en 2005. La fréquence de l'allèle VRQ était négligeable en 1999, elle est nulle en 2006. Cependant, ce sont davantage des fréquences génotypiques qui nous intéressent, car c'est plus le génotype d'un animal qui intervient en pratique pour sa sélection.

b. Evolution des fréquences génotypiques.

La figure 25 p. 124, sur laquelle on suit l'évolution des fréquences génotypiques pour les mâles actifs en fonction de la campagne de reproduction, met clairement en évidence l'atteinte des objectifs de sélection dans la voie mâle.

En 2004, près de 80% des béliers utilisés étaient homozygotes ARR, les autres étaient hétérozygotes ARR, et aucun n'était porteur de l'allèle de sensibilité VRQ. En 2006, seulement 40% des béliers utilisés étaient de génotype ARR/ARR. Cette baisse est due au nombre élevé de porteurs de l'allèle AHQ, le génotype ARR/AHQ étant majoritaire initialement dans la race (voir figure 24 p. 123). En outre, ce dernier pourcentage porte sur un nombre restreint d'animaux : trois béliers font varier le pourcentage de près de 35%. Pour maintenir la variabilité génétique, utiliser ces béliers de type R/S était indispensable. De plus, les accouplements en 2005 et 2006 ne tenaient plus compte du génotype au gène PrP, ce qui peut expliquer les variations observées.

Cependant, tous les animaux de type S/S ou V/X ont été écartés de la reproduction, ce qui est déjà une réussite dans une race à effectif si réduit.

Finalement, le défi que représentait cette sélection dans la race à très petit effectif qu'est le Mérinos de Rambouillet a été mené à bien, à la fois grâce à la situation initiale favorable en terme de résistance des animaux, mais aussi grâce à une gestion raisonnée des accouplements.

3. Conséquences de l'application du programme d'amélioration génétique pour la résistance à la tremblante sur la population Mérinos de Rambouillet.

a. Incidence sur la variabilité génétique et la composition des familles.

i. Mise en évidence du maintien de la variabilité génétique.

Comme nous le montrent les résultats précédents, la sélection génétique sur la résistance à la tremblante ne semble pas avoir eu d'influence néfaste sur la consanguinité. Au contraire, on note une légère baisse de celle-ci pour les agneaux nés entre 2001 et 2006. On peut émettre différentes hypothèses quant à ce résultat. Soit les reproducteurs résistants utilisés préférentiellement étaient de familles éloignées, ce qui a permis de créer des accouplements moins consanguins. Soit, connaissant les risques liés à l'introduction d'un nouveau paramètre de sélection, les responsables auraient conçu les accouplements avec une rigueur encore plus grande que les années précédentes, ce qui aurait permis de réaliser des accouplements entre animaux moins apparentés et ainsi de baisser le taux moyen de consanguinité des agneaux nés. A partir de l'année 2005, l'INRA a pris en charge la réalisation des accouplements en appliquant un nouveau protocole plus efficace dans la gestion des apparentements entre reproducteurs mâles et femelles.

L'évolution du taux moyen de consanguinité des agneaux nés les cinq années précédant la mise en place du PNAGRT vient soutenir cette dernière hypothèse. En effet, elle met en évidence une augmentation de près de 1% entre 1995 et 2001 suivie d'une baisse progressive entre 2001 et 2006, comme on peut le voir sur les figures 28 et 29 p. 127 et 128.

L'évolution des critères de probabilité d'origine des gènes avant et après sélection serait en faveur d'un enrichissement de la diversité des origines pour les mâles actifs. En effet, entre les échantillons mâles actifs [1994-1996] et [2004-2006], si le nombre de fondateurs efficaces n'a presque pas changé (respectivement 40,7 et 40,5), le nombre d'ancêtres efficaces a quant à lui un peu augmenté (passé de 23,2 pour le premier échantillon

à 25,0 pour le second). En outre, dix ancêtres en 2004-2006 expliquent 50% des gènes, au lieu de 9 en 1994-1996.

Cependant, l'apparentement entre les mâles actifs de 2004-2006 est plus élevé qu'entre les mâles 1994-1996 (il est de 3,6% alors qu'il était de 1,6%). La valeur d'apparentement entre les mâles actifs de 1994 à 1996 est sans doute sous estimée compte tenu de la qualité de l'information généalogique (cf. première partie). Cependant, on peut aussi penser que l'on a utilisé des mâles plus proches entre eux entre 2004 et 2006, ce qui va à l'encontre d'une augmentation de variabilité génétique. Vu l'apparentement des mâles du dernier échantillon, on s'attendrait plutôt à avoir un nombre d'ancêtres efficaces plus faible, ceci n'est pas en faveur d'une diversité d'origine des gènes.

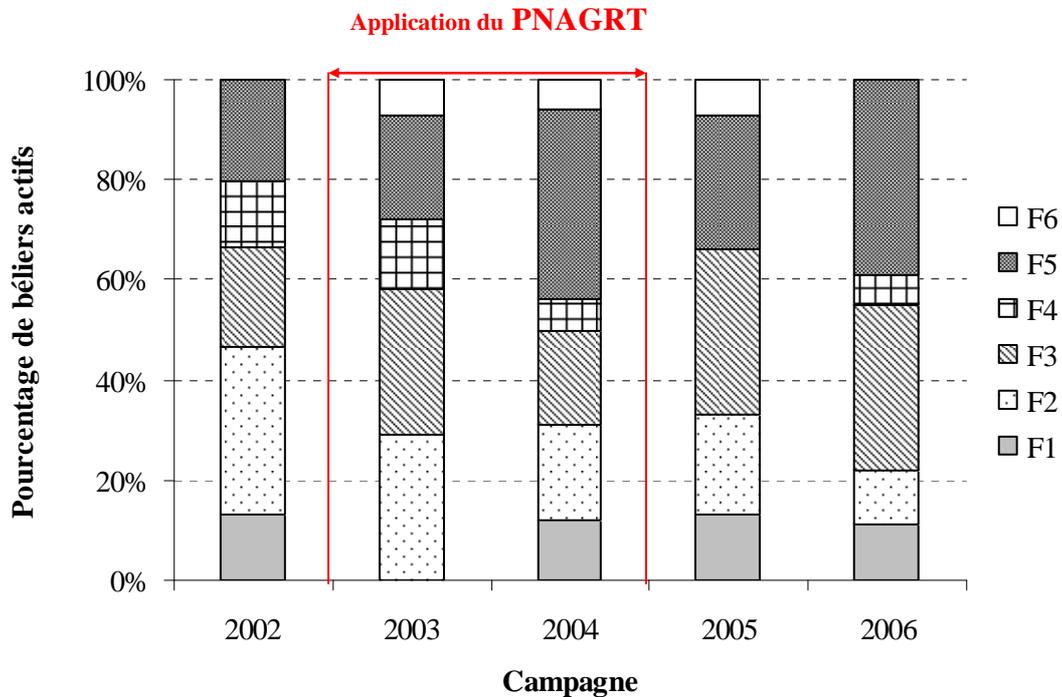
ii. Evolution des familles de mâles actifs entre 2002 et 2006.

Les familles d'origine du troupeau n'étant plus identifiables à ce jour, nous avons constitué des groupes de mâles actifs selon leurs origines. Pour déterminer le groupe ou la famille d'un bélier, on prend en compte ses ascendants jusqu'aux arrière grands-parents. Deux béliers sont de famille différente s'ils n'ont pas d'ancêtres communs jusqu'à la troisième génération.

Parmi les mâles actifs entre 2002 et 2006, il existe six familles de ce type. 78 béliers ont été actifs durant cette période, ce qui correspond à 52 béliers différents (un mâle étant utilisé en moyenne 1,88 fois). En comparant les proportions d'utilisation de chaque famille avant et après l'application de la sélection, on peut mettre en évidence des éventuels déséquilibres entre les familles.

La figure 39 montre l'évolution du pourcentage de béliers actifs dans chaque famille (notées F1 à F6) entre les campagnes 2002 et 2006.

Figure 39 : Evolution du pourcentage de béliers actifs de chaque famille Mérinos de Rambouillet (notées F1 à F6) entre les campagnes 2002 et 2006.



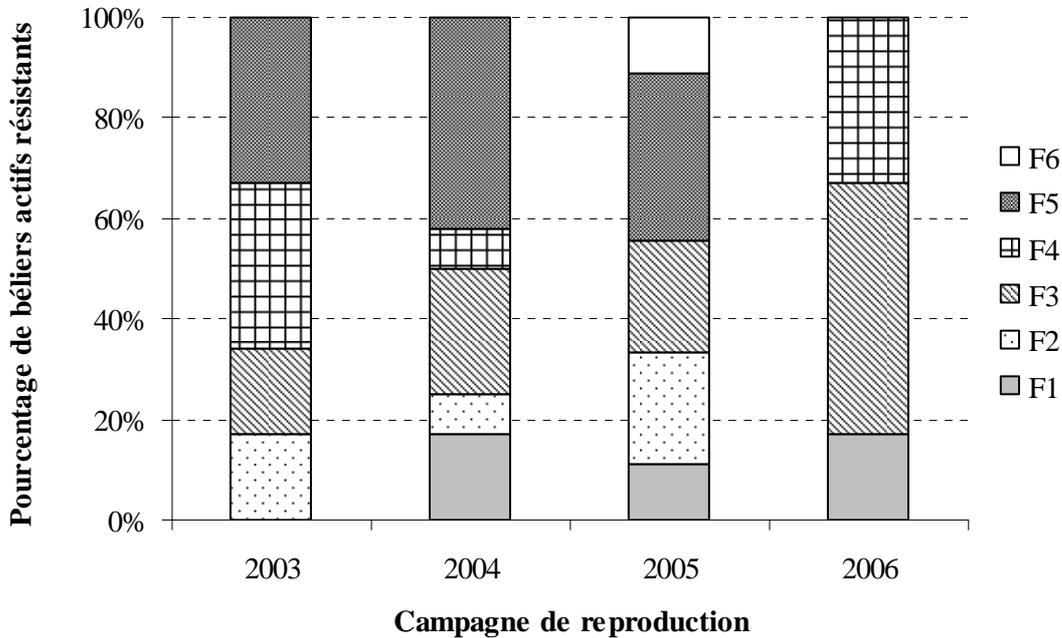
On remarque que si elle subit quelques variations annuelles, la représentation des familles reste relativement stable au cours du temps. Les familles 2 et 4 sont moins utilisées aujourd'hui qu'avant la mise en place du PNAGRT, les familles 3 et 5 sont presque deux fois plus utilisées. En outre, la famille 6, très minoritaire est pourtant représentée durant les campagnes 2003 à 2005, ce qui indique un bon maintien de la diversité des origines durant la sélection sur PrP.

Pour plus de précision, l'étude des familles de béliers résistants permet de voir si ces derniers sont d'origines diverses.

iii. Origines des mâles résistants.

Comme nous le montre la figure 40, il existe des béliers résistants (homozygotes ARR) dans toutes les familles. Leur utilisation varie d'une campagne à l'autre, mais elle ne représente pas la diversité d'origine de tous les béliers utilisés, car une grande proportion est de génotype R/S (voir figure 25 p. 124). Les pourcentages indiqués dans la figure 40 concernent assez peu d'animaux : 6 en 2003, 12 en 2004, 9 en 2005, et 6 en 2006.

Figure 40 : Evolution du pourcentage de béliers actifs résistants de chaque famille Mérinos de Rambouillet (notées F1 à F6) entre les campagnes 2003 et 2006.



Chaque famille possède donc des béliers résistants, et la représentation de ces familles varie d'une année sur l'autre, ce qui est positif pour la variabilité génétique.

b. Incidence sur les caractères de production et de reproduction.

L'échantillon que représente le troupeau étant de taille limitée et le recul dans le temps encore faible, nous ne pouvons pas rigoureusement conclure quant à une quelconque influence du PNAGRT sur les performances dans le troupeau Mérinos de Rambouillet. Les variations des paramètres étudiés peuvent être dues à de nombreux facteurs, environnementaux notamment. Cependant, on peut apprécier leur stabilité ou leur non dégradation simultanément à l'application du PNAGRT : ce qui importe est donc d'évaluer si les critères étudiés sont encore zootechniquement acceptables après la sélection.

i. Qualités d'élevage.

La variation de prolificité ne peut pas être imputée à quelconque effet indirect de la sélection : la conduite de reproduction du troupeau a en effet été modifiée à partir de 2004, date à laquelle on a abandonné les traitements hormonaux de synchronisation. La prolificité assez faible (1,34 en moyenne sur les années 1995 à 2006) serait donc plutôt due à la dépression de consanguinité qu'à un effet de la sélection. Cependant, même cette hypothèse reste difficile à vérifier, car on ne dispose pas d'informations précises sur les traitements hormonaux utilisés jusqu'en 2004 (nombre de brebis synchronisées, doses de PMSG, etc.). Sur la figure 30 p. 130, on constate que la tendance est à la baisse continue entre 1987 et 2005, sans inflexion à partir de 2003 (début d'application du PNAGRT), ce qui ne dénote pas d'un quelconque effet délétère de cette sélection sur la prolificité. La prolificité en 2003 (1,30) est même légèrement meilleure qu'en 2002 (1,29). Par contre elle est moindre en 2004 (1,22), ce qui est sans doute l'effet de l'arrêt des traitements hormonaux.

Si on compare la prolificité à celle d'autres races de Mérinos, on constate qu'elle est plus faible que celle de l'Est à laine Mérinos (1,49 en moyenne pour les années 2001 à 2006), et comparable à celle du Mérinos précoce (1,3 en moyenne sur les années 2003 et 2004). A l'inverse, elle est plus élevée que celle du Mérinos d'Arles (1,19 en moyenne pour les années 2001 à 2006). Mais ceci ne signifie rien car ces derniers sont contre sélectionnés sur la prolificité.

La fertilité reste stable (avec une moyenne de 86% sur les sept années considérées) : chaque année, le berger constate une vingtaine de brebis vides. La baisse de fertilité en 2006 s'explique facilement : un bélier mis en lutte n'a rien fait cette année là, ce qui ajoute 8 à 9 brebis vides supplémentaires. Ce paramètre reste dans les valeurs moyennes pour des animaux de race Mérinos (Roy, 2000).

En ce qui concerne l'augmentation de mortalité des agneaux sensible en 2005, elle serait due à un problème sanitaire dans le troupeau, touché cette année là par la cryptosporidiose. Par ailleurs, la mortalité néonatale reste élevée : 14% de morts nés en moyenne entre 2000 et 2006. A la lecture des carnets d'agnelage, on remarque que beaucoup d'agneaux sont retrouvés « mort(s) dans les enveloppes ». Ceci signe une dégradation de l'instinct maternel, la brebis ne léchant pas assez vite son agneau après la naissance, ou ne

faisant pas beaucoup d'efforts pour expulser son fœtus. On peut penser ici encore à un effet de dépression consanguine.

ii. Caractères de production.

La production laitière est évaluée par le gain moyen quotidien des agneaux entre 10 et 30 jours. La valeur maximale enregistrée en Mérinos de Rambouillet entre les années 2000 et 2006 est de 195g pour les mâles simples, ce qui est faible comparativement à d'autres races de Mérinos. Ces faibles croissances des agneaux seraient plus à relier à la dépression de consanguinité, c'est en effet un des paramètres affectés par celle-ci (voir première partie). Mais là aussi, on ne peut pas formellement conclure car on ne dispose pas de données suffisamment anciennes sur les GMQ 10-30j en Mérinos de Rambouillet.

Les GMQ 30-70j qui mesurent le potentiel de croissance propre des agneaux, sont médians dans le groupe des Mérinos français. A titre d'exemple, la valeur moyenne pour les mâles simples entre 2000 et 2005 en Mérinos de Rambouillet est de 260g par jour. Comparativement, elle est de 227g pour le Mérinos d'Arles et 320g pour l'Est à laine Mérinos.

La production de laine n'est malheureusement pas mesurée aujourd'hui (voir première partie), mais la qualité visuelle obtenue aujourd'hui avec les manteaux laisse à penser qu'elle n'a pas été dégradée sur le plan de la finesse.

Finalement, les qualités d'élevage et de production restent pour le moment dans des valeurs habituellement observées pour le troupeau : l'application du plan de sélection sur la résistance génétique à la tremblante ne semble pas avoir eu d'influence notable sur les paramètres étudiés.

4. Discussion sur l'avenir de la race, les orientations futures et les perspectives.

Pour pouvoir aider à une conservation optimale de la variabilité génétique de la race, différentes initiatives pourraient être entreprises.

a. Autres mesures de sauvegarde du patrimoine génétique (*ex situ*).

Tout d'abord, il serait intéressant de pouvoir utiliser des marqueurs moléculaires pour améliorer le choix des mâles de renouvellement. L'usage des marqueurs permettrait en effet de choisir les béliers les plus hétérozygotes et les plus originaux. Mais actuellement le coût des analyses ne permet pas cette pratique. Cela reviendrait en effet pour 30 marqueurs à 60 euros par animal et par an, à environ 1500 euros par an pour 25 mâles de renouvellement.

Ensuite, la cryoconservation pourrait être utilisée de manière plus grande, en particulier celle des embryons.

Cette technique a déjà été entreprise pour cette race (voir Roy, 2000, et Berthelot 1994). Les embryons, au nombre de douze, proviennent de six femelles différentes. Quant aux échantillons de semences, la cryobanque en possède 2094 doses prélevées sur 39 béliers différents (cf. référence électronique n°1). Un projet de récolte d'embryons est donc en cours depuis avril 2006 en collaboration avec l'INRA de Tours (Lang C., communication personnelle). Pour réaliser cette collecte, onze brebis ont été sélectionnées et accouplées selon les consignes d'Isabelle Palhière. Parmi ces brebis, huit ont été fécondées, et cinq ont pu faire l'objet d'une collecte. A l'issue de celle-ci, seulement 5 embryons vitrifiés provenant de deux brebis différentes ont été obtenus. Au vu de ce résultat décevant, il a été décidé d'entreprendre une deuxième collecte sur ces brebis, mais malheureusement cela n'a pas plus été concluant.

Une autre expérience de ce type est donc prévue pour le premier semestre 2008, avec d'autres brebis qui ne seraient pas déplacées.

b. Autres mesures de sauvegarde du troupeau (*in situ*).

La création d'un second troupeau ailleurs qu'à la Bergerie Nationale mais toujours sous son contrôle est une idée qui revient régulièrement. Ceci aurait pour but de mettre la race à l'abri au cas où il arriverait un accident (incendie, crise sanitaire...). L'épizootie de fièvre catarrhale ovine a récemment relancé cette crainte. Mais malheureusement, par manque de moyens, personne n'y a jamais donné suite.

c. La revalorisation de la laine.

Il est actuellement évoqué une revalorisation du potentiel lainier du Mérinos de Rambouillet, trop longtemps laissé à l'abandon. En effet, la laine semble aujourd'hui sous-exploitée : elle est récoltée sur place par un atelier de filature qui transforme et redonne les produits finis à la Bergerie Nationale. Ces produits sont constitués de chemises à carreaux et pulls camionneurs à l'esthétique assez discutable. On peut penser qu'il est dommage qu'une des laines les plus fines au monde produite par une race au passé si glorieux et encore réputée de nos jours finisse de cette manière.

Il a donc été décidé d'améliorer le troupeau du point de vue lainier. Le congrès mondial du Mérinos qui se tiendra en 2010 à la Bergerie Nationale vient renforcer cette motivation. Ainsi, quatre grands axes se dégagent de ce projet, mené sur le terrain par Dominique Trémoureaux, qui vient seconder Laurent Ségeron, le berger :

- *L'utilisation de manteaux pour garantir la propreté de la laine.*

Le plus grand défaut de qualité de la laine Mérinos de Rambouillet est aujourd'hui sa saleté et la grande quantité de paille résiduelle dans ses fibres. Cela a pour conséquence un très mauvais rendement, près de 50% de la laine tondue ne peut être exploitée. Après lavage, le rendement n'est plus que d'un tiers (Chopin M.T., communication personnelle). Ainsi, une cinquantaine de manteaux australiens (*wool-overs*) ont été mis aux animaux pour protéger leur laine des particules végétales (paille, foin), minérales (poussière, terre), mais aussi des intempéries et des UV. Les premières observations des animaux couverts depuis quelques mois sont très encourageantes (voir Figure 41) : la laine a gagné en densité, souplesse et blancheur. Il est prévu à terme de recouvrir tout le troupeau. L'utilisation de ces manteaux reste cependant assez contraignante : il faut les ajuster, les remettre ou

les réparer très régulièrement, ce qui demande du temps et de la main d'œuvre. Parallèlement, les bergeries où se trouvent les Mérinos ne sont maintenant plus paillées automatiquement, mais à la main, et avec davantage de foin. Les animaux sont aussi sortis le plus souvent possible.

Figure 41 : Toisons Mérinos de Rambouillet : à gauche, brebis ayant porté un manteau. Crédit photo : Bergerie Nationale.



- *Un travail sur la finesse de la laine.*
Une étude est actuellement en cours à la Bergerie pour évaluer les effets de l'alimentation du troupeau sur la finesse de la laine.
- *Sélection génétique.*
En partenariat avec la SAGA de l'INRA-Toulouse qui réalise maintenant les accouplements, il est souhaité de refaire un travail de sélection sur les qualités lainières tout en veillant bien sûr toujours sur la variabilité génétique. Ceci nécessite des analyses de laine régulières, ce qui reste difficile vu leur coût. Cependant, la laine de quelques animaux a pu être analysée récemment, et il existe au moins un mâle dont la finesse de laine est de 17 microns, et une femelle à 18 microns. (Pour information, la finesse moyenne de laine des Mérinos Australiens est de l'ordre de 19 à 20 microns, les plus fines faisant environ 16 microns) (Lang C., communication personnelle).
- *Agrandissement du troupeau.*
Afin de mener à bien les différents projets de sauvegarde précédemment cités, il apparaît nécessaire aujourd'hui d'agrandir le troupeau. Par conséquent, la vente d'animaux de moins d'un an est maintenant à éviter.
- *Demande d'IGP (Indication Géographique Protégée).*
C'est un signe d'identification attribué aux produits spécifiques portant un nom géographique et qui les protège au niveau européen.
Cette reconnaissance a été demandée pour le Mérinos de Rambouillet, ce qui l'associerait à un label de qualité ou une certification de conformité. Ainsi, cela empêcherait aussi la création d'élevages ailleurs non gérés par la Bergerie Nationale.
Une IGP renforcerait la réputation de qualité du Mérinos de Rambouillet, qui demeure satisfaisante : on voit aujourd'hui une recrudescence dans la demande de reproducteurs pour croisements. Le prix des reproducteurs a pu donc être augmenté à sa juste valeur : un bélier reproducteur est aujourd'hui vendu 500 euros (300 euros s'il a moins d'un an). Huit à neuf mâles sont vendus chaque année à des éleveurs souhaitant améliorer les qualités lainières de leurs troupeaux.

CONCLUSION

Avec un élevage en vase clos depuis plus de deux siècles, le Mérinos de Rambouillet possède un taux de consanguinité moyen évalué à plus de 52%. Malgré cette étroite consanguinité, on a su sauvegarder une certaine variabilité génétique, comme l'attestent les critères de probabilité d'origine des gènes ou encore l'analyse du polymorphisme de marqueurs moléculaires. La dépression de consanguinité, si elle n'a pu être évaluée avec précision, ne semble pas actuellement compromettre l'avenir de la race. On constate en effet un maintien des qualités d'élevage et des performances de production. Ces résultats sont dus aux différents modes de gestion successifs du troupeau, les accouplements ayant été de tout temps raisonnés, à quelques exceptions près. Le nouveau mode de gestion des accouplements par l'INRA permettra encore d'optimiser la gestion de la consanguinité de la race.

L'augmentation de cette consanguinité ainsi que la perte de variabilité génétique ont aussi pu être évitées lors de l'application du plan national d'amélioration génétique sur la résistance à la tremblante. Bien que cette sélection ait ajouté un critère à prendre en compte lors de l'établissement des plans de lutte pour les années 2003 et 2004, elle a pu être menée à bien grâce notamment à la situation initiale favorable du Mérinos de Rambouillet au regard de cette résistance. L'évolution des critères de variabilité génétique ainsi que celle de différents caractères zootechniques avant et après sélection montrent que cette dernière ne semble pas avoir eu d'effet sur la variabilité et le niveau génétiques de la race.

Ceci est donc favorable aux perspectives d'avenir du Mérinos de Rambouillet, qui tendent à redynamiser sa production de laine, autrefois si réputée et de nos jours sous exploitée. Mais outre ce nouveau projet de revalorisation, le troupeau pourrait également être utilisé à des fins scientifiques comme par exemple la mesure précise de l'impact d'une augmentation lente de consanguinité. Cette race qui a largement répandu ses gènes dans la population mérine mondiale, se trouve en effet dans une situation unique au monde, et sa conservation est un devoir vis-à-vis de la science, du patrimoine, et du respect de la biodiversité.