

ÉTUDE DE LA VARIATION DU NOMBRE ET DES DIMENSIONS DES FIBRES MUSCULAIRES CHEZ TROIS RACES DE LAPINS ET LEURS CROISEMENTS RÉCIPROQUES (1)

J. NOUGUÈS, Anne-Marie ROUS, P. VIGNERON
avec la collaboration technique de Odette MOULIERAC et L. MARGER

Station de Physiologie animale,
École nationale supérieure agronomique, I. N. R. A.,
Place Viala, 34060 Montpellier Cedex

RÉSUMÉ

L'objet de l'étude est d'analyser la variation, chez 3 races de lapins (*Commun gris*, *Néo-Zélandais*, *Blanc de Bouscat*) et leurs croisements réciproques, de certaines caractéristiques histologiques des muscles *soleus*, *accessorius latissimi dorsi*, *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus*.

Les caractères étudiés sont le poids du muscle, le nombre total des fibres musculaires et leurs dimensions moyennes (aire de section transversale et longueur). Les deux premiers caractères sont mesurés sur les 4 muscles. Les 2 derniers sont mesurés seulement sur les muscles *soleus* et *accessorius latissimi dorsi*.

Une analyse de variance, sur les données obtenues, montre que pour les muscles, *soleus*, *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus*, l'appartenance à une race ou un croisement donné a une influence sur le nombre total de fibres et le poids du muscle, et, pour le muscle *accessorius latissimi dorsi*, une influence sur les dimensions des fibres et le poids du muscle. Puis une analyse factorielle discriminante permet de séparer les races et les croisements, en explicitant les variables responsables de cette séparation.

Les résultats de cette analyse montrent que, pour le muscle *soleus*, c'est le caractère « nombre total de fibres » qui est différent entre les trois races. Il présente les valeurs les plus élevées chez les lapins *Néo-Zélandais* et les plus faibles chez les lapins *Communs*. Le muscle *soleus* des produits des croisements présente des caractères intermédiaires ou proches de ceux des races, dont ils sont issus.

Par contre, pour le muscle *accessorius latissimi dorsi*, ce sont les dimensions des fibres qui sont différentes entre les trois races et certains croisements, mais uniquement chez les lapins femelles. Le muscle des individus *Néo-Zélandais* se caractérise par des fibres de grande aire de section transversale et celui des individus *Communs* par un poids plus élevé en liaison avec des fibres de grande longueur. Les muscles des lapins hybrides ne présentent pas de caractères intermédiaires de ceux des parents, dont ils sont issus.

Enfin, les muscles *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus* des individus de la race *Néo-Zélandaise* sont différents de ceux des individus de la race *Commune* par un plus grand nombre de fibres, sauf en ce qui concerne le muscle *extensor carpi radialis longus* des lapins femelles. Les

(1) Ce travail a été effectué avec le concours financier de la Délégation générale à la Recherche scientifique et technique (contrat n° 71 7 3129).

muscles des individus *Bouscat* présentent des caractères intermédiaires entre ceux des *Néo-Zélandais* et des *Communs*. Il ressort donc de cette étude que les caractéristiques histologiques d'un muscle, en particulier le nombre des fibres, sont susceptibles de présenter des variations d'origine génétique, entre races, chez le Lapin.

INTRODUCTION

Les caractères structuraux les plus importants dans la détermination du poids d'un muscle sont le nombre et les dimensions des fibres musculaires, l'ensemble de ces derniers éléments constituant, chez les petits mammifères, de l'ordre de 85 p. 100 du poids du muscle. Or les résultats d'un travail précédent NOUGUÈS (1972), sur l'étude de l'évolution du nombre des fibres pendant la croissance musculaire du Lapin commun, ont permis de constater que ce caractère est fixé précocément ; il est, de ce fait, peu soumis aux influences de l'environnement. Malgré cela, il présente une variabilité assez importante en relation avec des facteurs génétiques.

Par ailleurs, des résultats bibliographiques variés relatent l'influence de la race et des croisements entre races sur la variation des caractères nombre et diamètre des fibres musculaires. Certains auteurs n'ont étudié que le diamètre des fibres ; ainsi, HAMMOND et APPLETON (1932) chez le Mouton, MARCH et MARINESCO (1934) chez le Porc ont observé que ce caractère était plus élevé chez les races améliorées que chez les races rustiques. JOUBERT (1956) a remarqué une différence significative du diamètre des fibres musculaires entre les races bovines *Dairy Shorthorn* et *Friesian* et leurs croisements avec les *Angus* et *Hereford*. Par contre, DOROZYNSKA et LISZKA (1970) n'ont pas observé de différence significative du diamètre des fibres musculaires du *longissimus dorsi* et du *rectus femoris* chez des lapins de races différentes (*Géant de Flandres* et *Chinchilla*) et leurs croisements réciproques.

D'autres auteurs ont étudié les deux caractères nombre et diamètre des fibres ; ainsi, MIZUNO et HIKAMI (1967) n'ont pas remarqué une différence du nombre des fibres du muscle *pectoralis superficialis* entre embryons de Poulet de diverses souches. SMITH (1963) a fait la même observation pour le nombre des fibres du muscle *sartorius* de deux races de Poulet, mais cet auteur a constaté que la différence du poids des muscles entre les races, s'explique surtout par une différence du diamètre des fibres musculaires ; les croisements réciproques présentent des valeurs intermédiaires de celles des parents. Chez les souris, LUFF et GOLDSPIK (1967), comparant les muscles de sujets appartenant à des souches naines et géantes, ont observé que les différences pondérales entre les muscles des deux souches proviennent davantage d'une différence de nombre que des dimensions des fibres. Enfin STAUN (1963) mesurant les caractères précités sur une section transversale du *longissimus dorsi* de porcs de diverses races, caractérisés par des rendements en viande inégaux, a constaté que ces caractères sont différents selon les races.

La plupart de ces travaux ne tiennent compte au maximum que de 3 caractères du muscle : son poids, le nombre et le diamètre des fibres. Certains sont imprécis, soit du fait du matériel animal utilisé, ce qui est le cas chez les gros mammifères domestiques, où la grande taille des muscles rend difficile la mesure d'un caractère tel que

le nombre des fibres, soit du fait des techniques utilisées, la plupart des auteurs estimant le nombre des fibres sur une coupe transversale du muscle qui ne les contient pas toutes ; des variations importantes de ce caractère en relation avec une diversité raciale de la forme du muscle peuvent passer inaperçues.

Enfin, aucun de ces travaux ne tient compte à la fois des 4 caractères suivants : poids du muscle, nombre, aire de section et longueur des fibres. Nous avons donc réalisé une étude de ces 4 caractères sur 3 races de lapins et leurs croisements réciproques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les lapins mâles et femelles utilisés dans cette étude appartiennent aux races dites *Commune grise*, *Néo-Zélandaise* et *Blanc de Bouscat* et aux produits de leurs croisements réciproques. Les effectifs des divers groupes sont présentés dans le tableau I. Tous les croisements avec la race *Blanc de Bouscat* n'ont pu être étudiés, du fait de la disparition de reproducteurs ayant montré des difficultés d'adaptation à l'élevage sur grilles. Dans la nomenclature des produits de croisement, nous avons toujours présenté la race paternelle suivie de la race maternelle.

TABLEAU I

Plan de croisements et effectifs expérimentaux

♀	♂		
	<i>Commun</i> (1)	<i>Néo-Zélandais</i> (2)	<i>Blanc de Bouscat</i> (3)
<i>Commun</i> (1)	5 ♂ 5 ♀	5 ♂ 5 ♀	
<i>Néo-Zélandais</i> (2)	5 ♂ 5 ♀	5 ♂ 5 ♀	6 ♂ 5 ♀
<i>Blanc de Bouscat</i> (3)		0 ♂ 6 ♀	4 ♂ 7 ♀

Les muscles *soleus*, *accessorius latissimi dorsi*, *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus* ont été prélevés sur les animaux mâles et femelles sacrifiés à un poids vif de 2 000 g. Ce poids est atteint par les individus des différents croisements et races vers l'âge de 70 jours, où le nombre de fibres des muscles est définitivement fixé (NOUGUÈS, 1972).

Les caractères poids du muscle et nombre total de fibres ont été mesurés sur les 4 muscles, et les caractères aire de section transversale et longueur des fibres ont été mesurés seulement sur le *soleus* et l'*accessorius latissimi dorsi* gauches, les muscles du côté droit étant utilisés pour la détermination du nombre des fibres. Une étude préalable a montré que le nombre de fibres et le poids de l'*accessorius latissimi dorsi* et du *stylo-hyoideus* ne sont pas significativement différents entre les muscles contralatéraux. On peut donc comparer des dimensions des fibres obtenues sur un muscle avec le nombre de fibres mesuré sur son symétrique.

Les mesures du nombre total des fibres, de leur aire de section transversale et de leur longueur moyennes ont été réalisées selon des techniques déjà décrites (NOUGUÈS, 1972 et 1973).

Pour chaque muscle étudié, les analyses statistiques des données ont été réalisées sur un ordinateur IBM 1130 (Laboratoire de Biométrie, I. N. R. A., Champenoux). Elles consistent en une

analyse de variance, permettant de comparer les fluctuations des caractères observés autour de la moyenne générale et autour des moyennes des groupes correspondant aux divers croisements et races, et en une analyse factorielle discriminante permettant de séparer ces groupes en explicitant les variables responsables de cette séparation.

RÉSULTATS

L'analyse des données a été effectuée pour les lapins mâles et femelles groupés et considérés séparément. Les valeurs moyennes et les écarts-types des données sont présentés dans le tableau 2 pour les muscles *soleus* et *accessorius latissimi dorsi* et dans le tableau 3 pour les muscles *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus*.

1. — Analyse de variance

Les résultats de l'analyse de variance sur les données obtenues pour les 4 muscles des lapins mâles et femelles groupés sont présentés dans le tableau 4. Ils permettent de dégager les observations suivantes :

Pour chacun des 4 muscles étudiés, les poids moyens des muscles de certains groupes sont significativement différents de la moyenne générale. Les muscles *soleus* et *accessorius latissimi dorsi* se comportent d'une manière dissemblable pour les caractères nombre de fibres et dimensions des fibres. En effet, pour *l'accessorius latissimi dorsi* le nombre moyen de fibres des muscles des divers groupes ne diffère pas significativement de la moyenne générale, alors que pour ce même muscle les dimensions moyennes des fibres de certains groupes sont significativement différentes de la moyenne générale. Des caractéristiques inverses sont observées pour le muscle *soleus*. Enfin, pour tous les muscles, à l'exception de *l'accessorius latissimi dorsi*, les valeurs moyennes du nombre total des fibres de certains groupes sont significativement différentes des moyennes générales.

En résumé, pour les muscles *soleus*, *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus*, l'appartenance à une race ou un croisement donné, a une influence sur le nombre total de fibres et le poids du muscle et, pour le muscle *accessorius latissimi dorsi*, une influence sur les dimensions des fibres et le poids du muscle.

2. — Analyse factorielle discriminante

Nous avons pour les muscles *soleus* et *accessorius latissimi dorsi* des données correspondant aux 4 caractères : x_1 = poids du muscle, x_2 = nombre total des fibres, x_3 = aire moyenne de section transversale et x_4 = longueur moyenne des fibres, mesurés sur 7 groupes de lapins, correspondant aux 3 races et aux 4 croisements étudiés.

Les matrices de corrélations entre les caractères sont calculées intragroupes pour les individus mâles et femelles considérés séparément et ensemble.

Le tableau 5 présente les résultats relatifs aux lapins mâles ou femelles. On constate, pour le *soleus*, qu'il existe une corrélation positive significative entre le poids du muscle et le nombre des fibres, cette corrélation étant plus élevée chez les individus mâles, qui présentent, par ailleurs, une corrélation positive significative entre le poids

TABLEAU 2. — Valeurs moyennes suivant les races et leurs croisements des caractères suivant (Moyenne et écart-type)
 Poids du muscle Nombre total de fibres Aire de section des fibres Longueur des fibres

Muscle	Race et croisement	Nbre individus		Mâle				Femelle				
		♂	♀	x ₁ Poids du muscle (mg)	x ₂ Nombre de fibres	x ₃ Aire section des fibres (µm) ²	x ₄ Longueur des fibres (mm)	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	
												Longueur des fibres
<i>Soleus</i>	<i>Commun</i> (1)	5	5	972,80 ± 102,21	21 444 ± 1 585	2 781,24 ± 454,03	13,28 ± 0,71	985,20 ± 106,37	24 258 ± 1 125	2 697,38 ± 291,39	13,02 ± 1,54	
		5	5	1 206,40 ± 68,95	27 031 ± 2 686	2 671,45 ± 174,03	14,38 ± 0,96	1 128,40 ± 88,97	25 979 ± 4 453	2 883,16 ± 496,27	13,36 ± 0,68	
	<i>Bouscat</i> (3)	4	7	940,50 ± 58,25	22 401 ± 550	2 652,65 ± 232,27	13,76 ± 0,69	905,42 ± 65,58	24 644 ± 3 490	2 298,14 ± 368,76	14,00 ± 1,11	
		5	5	973,00 ± 132,08	25 289 ± 3 718	2 414,91 ± 320,67	13,82 ± 1,72	898,20 ± 105,78	23 174 ± 3 119	2 613,58 ± 409,06	11,96 ± 1,11	
	<i>Soleus</i>	2 × 1	5	1 082,20 ± 91,03	23 928 ± 1 034	2 660,70 ± 222,54	14,05 ± 2,17	980,20 ± 51,49	23 274 ± 1 884	2 420,60 ± 123,72	13,53 ± 0,92	
		3 × 2	6	1 026,00 ± 94,94	25 070 ± 2 197	2 352,21 ± 228,64	14,47 ± 0,95	1 088,00 ± 45,08	27 455 ± 4 173	2 563,95 ± 271,70	13,23 ± 0,65	
	<i>Soleus</i>	2 × 3	0					908,00 ± 88,72	22 497 ± 2 527	2 645,53 ± 364,35	14,58 ± 0,73	
		<i>Commun</i> (1)	5	5	288,20 ± 17,18	8 474 ± 381	2 287,62 ± 225,67	12,36 ± 1,68	300,20 ± 45,89	8 512 ± 659	2 290,56 ± 149,59	12,38 ± 1,75
	<i>Soleus</i>	<i>Néo-Zélandais</i> (2)	5	5	281,60 ± 31,95	9 884 ± 874	2 260,10 ± 291,68	9,87 ± 0,71	262,00 ± 28,17	8 175 ± 1 230	2 546,60 ± 427,07	9,69 ± 1,22
		<i>Bouscat</i> (3)	4	7	239,25 ± 56,04	8 169 ± 1 086	2 039,35 ± 393,70	10,67 ± 0,60	245,57 ± 32,03	8 640 ± 1 034	2 266,84 ± 214,87	11,12 ± 1,19
<i>Accessorius latissimi dorsi</i>	1 × 2	5	5	231,20 ± 17,94	8 405 ± 576	1 897,45 ± 124,00	11,14 ± 0,24	245,80 ± 15,35	9 571 ± 1 265	2 016,89 ± 237,43	9,80 ± 0,47	
	2 × 1	5	5	287,20 ± 19,06	9 195 ± 1 474	2 098,94 ± 271,75	11,67 ± 1,48	265,60 ± 20,99	8 761 ± 355	1 773,91 ± 307,31	11,58 ± 0,78	
<i>Accessorius latissimi dorsi</i>	3 × 2	6	5	273,33 ± 36,78	8 433 ± 1 199	2 151,78 ± 395,53	11,13 ± 1,27	272,60 ± 30,75	9 030 ± 1 078	1 856,42 ± 150,95	12,40 ± 2,54	
	2 × 3	0	6					231,66 ± 16,95	8 413 ± 980	1 936,83 ± 312,98	10,00 ± 0,87	

TABLEAU 3

Valeurs moyennes suivant les races et leurs croisements des caractères

(Moyenne et écart-type)
Poids du muscle
Nombre total de fibres

Muscle	Race et croisement	Nombre d'individus		Mâle			Femelle	
		♂	♀	x_1	x_2	x_1	x_2	
		Poids du muscle (mg)		Nombre de fibres		Poids du muscle (mg)		Nombre de fibres
<i>Extensor carpi radialis longus</i>	Commun (1)	5	5	945,40 ± 86,12	20 556 ± 1 046	970,80 ± 89,41	21 252 ± 1 578	
	Néo-Zélandais (2)	5	5	1 025,20 ± 22,52	25 429 ± 1 642	949,60 ± 86,22	21 882 ± 3 468	
	Bouscat (3)	4	7	853,25 ± 31,53	24 331 ± 1 790	825,00 ± 14,11	24 098 ± 1 978	
	1 × 2	5	5	868,40 ± 49,82	23 563 ± 1 685	845,40 ± 76,49	24 428 ± 3 430	
	2 × 1	5	5	851,60 ± 52,43	23 486 ± 890	869,40 ± 105,24	23 078 ± 1 311	
	3 × 2	6	5	931,50 ± 40,05	25 993 ± 2 886	897,25 ± 78,75	25 389 ± 3 585	
	2 × 3	0	6			869,00 ± 38,69	22 420 ± 2 909	
	Commun (1)	5	5	48,20 ± 3,34	2 990 ± 218	49,80 ± 1,78	2 822 ± 107	
	Néo-Zélandais (2)	5	5	58,80 ± 8,25	3 663 ± 435	53,00 ± 8,33	3 458 ± 266	
	Bouscat (3)	4	7	48,75 ± 3,77	3 408 ± 280	48,85 ± 5,87	3 262 ± 334	
<i>Stylo-hyoïdeus</i>	1 × 2	5	5	51,80 ± 7,56	3 777 ± 379	53,80 ± 2,28	3 371 ± 331	
	2 × 1	5	5	51,40 ± 4,77	3 347 ± 87	49,00 ± 4,69	3 097 ± 178	
	3 × 2	6	5	47,66 ± 2,33	3 393 ± 544	45,50 ± 6,02	3 234 ± 299	
	2 × 3	0	6			46,50 ± 3,72	3 434 ± 318	

TABLEAU 4

Résultats de l'analyse de variance (valeurs de F)
pour les données relatives à l'ensemble des lapins mâles et femelles

Muscles	Caractères			
	x_1 Poids du muscle (mg)	x_2 Nombre total de fibres	x_3 (μm) ² Aire moyenne de section des fibres	x_4 Longueur moyenne des fibres (mm)
<i>Soleus</i>	10,11**	4,21**	1,80	1,73
<i>Accessorius latissimi dorsi</i>	5,38**	0,59	3,37**	5,12**
<i>Extensor carpi radialis longus</i>	7,69**	3,99**		
<i>Stylo-hyoideus</i>	3,86**	4,79**		

Seuils de signification : ** 0,01.

TABLEAU 5

Matrices des corrélations intra pour les muscles soleus et accessorius latissimi dorsi
des individus mâles et femelles

(* significatifs P < 0,05)

<i>Soleus</i> ♂					<i>Soleus</i> ♀				
	x_1	x_2	x_3	x_4		x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	1				x_1	1			
x_2	0,60*	1			x_2	0,40*	1		
x_3	0,30	— 0,12	1		x_3	0,21	— 0,62*	1	
x_4	0,50*	0,21	— 0,18	1	x_4	0,21	— 0,01	— 0,13	1

<i>Accessorius latissimi dorsi</i> ♂					<i>Accessorius latissimi dorsi</i> ♀				
	x_1	x_2	x_3	x_4		x_1	x_2	x_3	x_4
x_1	1				x_1	1			
x_2	— 0,03	1			x_2	0,28	1		
x_3	0,59*	— 0,16	1		x_3	0,08	— 0,61*	1	
x_4	0,04	— 0,20	— 0,11	1	x_4	0,54*	0,04	— 0,35*	1

TABLEAU 6

Valeurs de *F* correspondant aux distances généralisées de Mahalanobis calculées, entre les valeurs moyennes des individus des différents groupes, sur les caractères des muscles soleus (au-dessous de la diagonale) et *accessorius latissimi dorsi* (au-dessus de la diagonale).

	1	2	3	1 × 2	2 × 1	2 × 3	3 × 2
1	0	NS 4,72* 9,49**	NS 4,30* 8,28**	NS 5,96* 6,00**	NS — —	NS — —	NS — —
2	5,16* NS 8,31**	0	NS 4,09* 6,70**	NS — —	NS 9,23** NS	NS — —	NS 10,47** NS
3	NS — —	NS 4,63* 10,12**	0	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —
1 × 2	NS — —	NS 8,85** NS	NS — —	0	NS — —	NS — —	NS — —
2 × 1	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	0	NS — —	NS — —
2 × 3	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	0	NS — —
3 × 2	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	0

1^{re} ligne : Muscles des lapins mâles ;
 2^e ligne : Muscles des lapins femelles ;
 3^e ligne : Muscles des lapins mâles + femelles.
 Seuils de signification :
 * 5 p. 100 ;
 ** 1 p. 100 ;
 NS (non significatif).

du muscle et la longueur des fibres. Par contre, les individus femelles présentent une corrélation négative entre le nombre de fibres et l'aire moyenne de section transversale des fibres.

En ce qui concerne le muscle *accessorius latissimi dorsi* il y a une corrélation positive significative entre le poids du muscle et l'aire moyenne de section transversale des fibres chez les individus mâles et entre le poids du muscle et la longueur des fibres chez les individus femelles. A nouveau ces derniers présentent une corrélation négative entre le nombre de fibres et l'aire moyenne de section transversale des fibres.

C'est sur ces matrices de corrélation intra que sont menés les calculs de l'analyse factorielle discriminante.

L'objet de cette analyse est de séparer les 7 groupes de lapins d'après les caractères mesurés sur les divers muscles étudiés et de rechercher l'existence d'une dépendance entre les caractères musculaires étudiés et les 7 groupes de lapins. Pour cela, on calcule de nouvelles variables (vecteurs canoniques), combinaison linéaire des variables initiales.

Au préalable, pour connaître les groupes dont les vecteurs moyens sont significativement différents deux à deux, on utilise le carré de la distance généralisée (D^2) de MAHALANOBIS, qui, à un coefficient multiplicatif près, suit une loi de F avec p et $(n_1 + n_2 - p - 1)$ degrés de liberté (où n_1 et n_2 sont les effectifs de 2 groupes et où p est le nombre de caractères).

Ces groupes sont représentés dans un repère formé par les 2 premiers vecteurs canoniques F_1 et F_2 . Ce plan a le meilleur pouvoir discriminant chez les individus mâles, femelles et leur ensemble puisqu'il rend compte de plus de 75 p. 100 de la somme des variances intergroupes des variables initiales. En outre, la projection des caractères initiaux est représentée sur ce plan au moyen de leurs coordonnées dans F_1 et F_2 . Le caractère x_i ($i = 1, 2, 3$ et 4) intervient d'autant plus dans la description des nuages de points dans le plan discriminant que la longueur de sa projection, calculée à l'aide de sa corrélation avec les vecteurs canoniques F_1 et F_2 , est voisine de 1.

Les résultats des calculs des distances généralisées (D^2) de MAHALANOBIS et des calculs des vecteurs canoniques sont présentés dans les tableaux 6 et 7 pour les muscles *soleus* et *accessorius latissimi dorsi* et dans les tableaux 8 et 9 pour les muscles *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus*.

La représentation graphique des résultats de l'analyse factorielle discriminante pour le muscle *soleus* est donnée dans la figure 1.

On remarque dans le cas du muscle *soleus* des lapins mâles (fig. 1 A) que ce sont surtout les caractères x_1 , x_2 et, à un moindre degré, le caractère x_3 qui interviennent dans la description des groupes. Par contre, le caractère x_4 faiblement corrélé avec F_1 et F_2 n'y joue pas le rôle. Ainsi, le muscle *soleus* des lapins mâles *Néo-Zélandais* se caractérise par un poids élevé et par un plus grand nombre de fibres. A l'opposé, le muscle des individus mâles *Communs* se caractérise par un poids faible et par un nombre de fibres inférieur. Les individus de ces 2 groupes ont des valeurs sur x_3 pratiquement identiques.

En ce qui concerne le muscle *soleus* des lapins femelles (fig. 1 B) les caractères x_3 et x_4 ont la même importance dans la discrimination des groupes. Ainsi, le muscle *soleus* des individus femelles *Néo-Zélandais* présente, à nouveau, le poids le plus élevé avec un nombre de fibres important et des fibres de grande longueur. Le muscle *soleus* des individus *Bouscat* a un poids moins élevé avec un nombre de fibres plus faible, mais la longueur des fibres reste du même ordre de grandeur que chez les *Néo-Zélandais*. Le muscle *soleus* des individus du groupe (1 × 2) se distingue de celui des autres groupes surtout par des fibres de plus petite longueur.

En regroupant les données relatives aux muscles *soleus* des individus mâles et femelles (fig. 1 C) on observe, que ce sont surtout les caractères x_1 et x_2 qui sont importants dans la discrimination des groupes. Le *soleus* des individus *Néo-Zélandais* a un poids supérieur à celui des autres groupes et un nombre de fibres plus élevé. Les *soleus* des individus *Bouscat* et *Commun* ont des poids plus faibles et un nombre de fibres inférieur. Les caractères x_3 et x_4 sont peu importants dans la description du muscle *soleus* des groupes, ils sont presque orthogonaux au plan discriminant.

TABLEAU 7
Étude des vecteurs canoniques

Muscles	Soleus						Accessorius latissimi dorsi					
	F ₁			F ₂			F ₁			F ₂		
Composantes canoniques	♂	♀	♂ + ♀	♂	♀	♂ + ♀	♂	♀	♂ + ♀	♂	♀	♂ + ♀
Caractères												
Valeurs propres λ de $W^{-1} \cdot B^*$	6,725	8,757	12,145	3,589	4,599	4,246	4,131	6,329	7,123	2,992	3,514	3,910
% variation $\frac{\lambda}{\sum \lambda}$	62,22	52,23	67,21	33,30	27,43	23,49	52,51	51,28	55,21	38,03	28,47	30,30
x_1 Poids du muscle (mg)	1,520	—	1,315	0,691	0,416	0,667	0,792	0,480	0,751	0,089	0,762	0,282
x_2 Nombre total de fibres	—	0,301	0,691	—	1,043	—	1,408	—	0,767	—	0,382	—
x_3 Aire moyenne de section des fibres (μm^2)	—	0,524	0,578	—	0,324	—	0,267	—	1,266	—	0,413	—
x_4 Longueur moyenne des fibres (mm)	—	0,619	0,730	—	0,315	—	0,241	—	0,248	—	0,129	—

* W : Matrice des corrélations intra groupe.

B : Matrice des variances et covariances inter groupes des variables normées intra groupe.

La représentation graphique des résultats de l'analyse factorielle discriminante relative au muscle *accessorius latissimi dorsi* est donnée dans la figure 2.

Aucune distance séparant les valeurs moyennes des individus des divers groupes, sur les caractères du muscle *accessorius latissimi dorsi* des lapins mâles, n'est significative et aucun groupe ne se distingue des autres (tabl. 6),

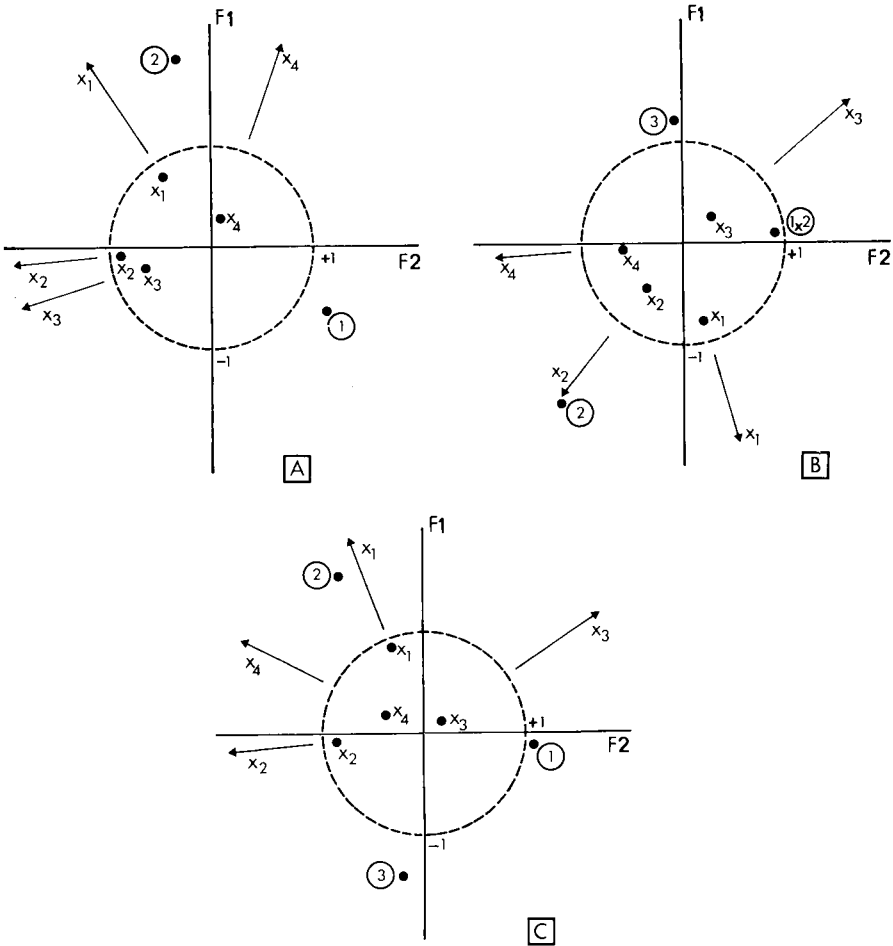


FIG. 1. — Représentation des groupes, des projections des axes initiaux dans le plan des deux premières composantes canoniques et degré d'importance des caractères dans le plan discriminant (cercle de rayon 1)

- A : Muscle soleus ♂ ;
 B : Muscle soleus ♀ ;
 C : Muscle soleus ♂ + ♀.

Par contre, les résultats relatifs au muscle *accessorius* des lapins femelles (fig. 2 A) montrent que, dans l'ordre d'importance, les caractères x_3 , x_1 et x_4 interviennent dans la description du muscle des divers groupes, le caractère x_2 , faiblement corrélé avec F_1 et F_2 , n'y jouant pas de rôle. Le muscle *accessorius latissimi dorsi* des individus

du groupe *Néo-Zélandais* se caractérise par des fibres de grande aire de section transversale et de faible longueur, celui des individus de la race *Commune* et des croisements (3×2) et (2×1) se caractérise par des poids musculaires élevés en relation avec des fibres de grande longueur. Enfin, le muscle *accessorius latissimi dorsi*, des individus de la race *Bouscat* et du croisement (1×2) se caractérise par un faible poids en relation avec des valeurs peu élevées de la longueur et de l'aire de section des fibres.

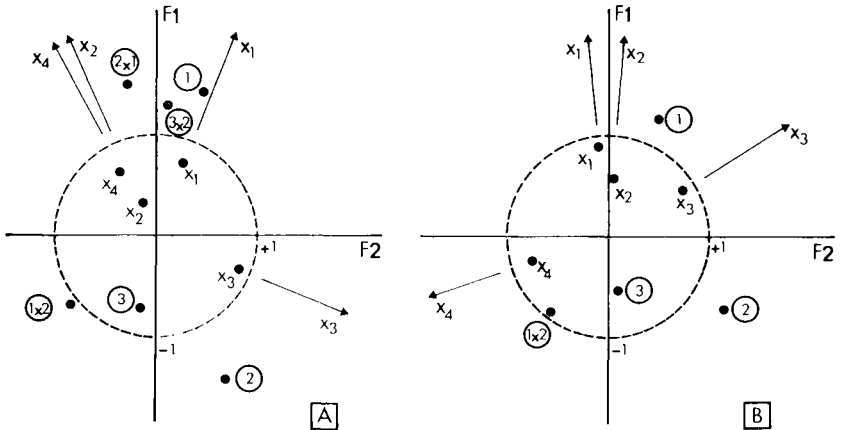


FIG. 2. — Représentation des groupes, des projections des axes initiaux dans le plan des deux premières composantes canoniques et degrés d'importance des caractères dans le plan discriminant (cercle de rayon 1)

A : Muscle *accessorius latissimi dorsi* ♀ ;
 B : Muscle *accessorius latissimi dorsi* ♀ + ♂.

En regroupant les données relatives aux muscles *accessorius* des individus mâles et femelles (fig. 2 B) on constate que ce sont, à nouveau, les caractères x_3 , x_1 et x_4 qui interviennent dans la description du muscle des divers groupes. Les muscles *accessorius* des races *Commune* et *Néo-Zélandaise* présentent les mêmes caractéristiques que précédemment. Par contre, il y a, après introduction des données concernant les lapins mâles une rotation du caractère x_4 vers les groupes *Bouscat* et (1×2), dont les muscles présentent, en particulier pour ce dernier, un léger accroissement de la longueur des fibres.

En ce qui concerne les muscles *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoideus*, pour lesquels seulement deux caractères ont été étudiés, le poids du muscle et le nombre de fibres, les faits suivants ont été observés :

Chez les lapins mâles les caractères du muscle *extensor carpi radialis longus* des individus de la race *Néo-Zélandaise* sont différents de ceux des individus de la race *Commune* par un nombre de fibres supérieur et par un poids plus élevé et de ceux des individus de la race *Bouscat* par un poids musculaire plus élevé. Le muscle *extensor* des individus du croisement (3×2) présente comme celui des lapins *Néo-Zélandais* un nombre de fibres élevé.

Chez les lapins femelles les caractères du muscle *extensor carpi radialis longus* des individus de la race *Bouscat* sont différents de ceux des individus des races *Néo-*

Zélandaise et *Commune* par des oppositions surtout entre les poids des muscles et, à un moindre degré, les nombres de fibres ; les individus *Bouscat* possédant les muscles les plus légers mais avec un nombre de fibres élevé.

TABLEAU 8

Valeurs de *F* correspondant aux distances généralisées de Mahalanobis calculées, entre les valeurs moyennes des individus des différents groupes, sur les caractères des muscles extensor carpi radialis longus (au-dessous de la diagonale) et Stylo-hyoideus (au-dessus de la diagonale).

	1	2	3	1 × 2	2 × 1	2 × 3	3 × 2
1	0	5,44* NS 10,41**	NS — —	NS — —	NS — —	NS 8,02* 9,10**	NS — —
2	9,55** NS —	0	NS — 4,91*	NS — —	NS — —	NS NS 7,12**	6,08* NS NS
3	NS 10,53** 20,46**	10,92** 7,32* 16,64**	0	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —
1 × 2	NS — —	NS — —	NS — —	0	NS — —	NS — —	NS — —
2 × 1	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	0	NS — —	NS — —
2 × 3	NS — —	NS — 5,83*	NS — —	NS — —	NS — —	0	NS — —
3 × 2	8,65** NS 14,38**	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	NS — —	0

1^{re} ligne : Muscles des lapins mâles ;

2^e ligne : Muscles des lapins femelles ;

3^e ligne : Muscles des lapins mâles + femelles.

Seuils de signification :

* 5 p. 100 ;

** 1 p. 100 ;

NS (non significatif).

En regroupant les données relatives aux lapins mâles et femelles, on constate à nouveau que le muscle *extensor carpi radialis longus* des individus de la race *Commune* a un nombre de fibres inférieur à celui des individus de la race *Néo-Zélandaise* et du produit du croisement de cette dernière avec la race *Bouscat*. Enfin les lapins

TABLEAU 9
Étude des vecteurs canoniques

Muscles	Extensor carpi radialis longus						Stylo-hyoïdeus					
	F ₁			F ₂			F ₁			F ₂		
Caractères	♂	♀	♂ + ♀	♂	♀	♂ + ♀	♂	♀	♂ + ♀	♂	♀	♂ + ♀
Composantes canoniques												
Valeurs propres λ de $W^{-1} \cdot B^*$	8,981	6,224	11,588	5,203	0,423	2,755	3,034	3,423	4,921	2,318	1,753	3,240
% variation $\frac{\lambda}{\sum \lambda}$	63,31	93,63	80,79	36,68	6,36	19,20	56,68	66,13	60,29	43,31	33,86	39,70
x_1 Poids du muscle (mg)	0,933	0,986	0,983	0,358	0,463	0,398	0,719	0,319	0,289	0,924	0,981	1,038
x_2 Nombre total de fibres	0,342	— 0,816	— 0,704	— 0,939	0,721	0,793	0,443	— 1,030	0,854	— 1,096	0,065	— 0,657

* W : Matrice des corrélations intra groupe.

B : Matrice des variancées et covariancées inter groupes des variables normées intra groupe.

Bouscat possèdent un muscle *extensor carpi radialis longus* de faible poids mais avec un nombre de fibres élevé. La représentation graphique de ces résultats est donnée dans la figure 3 A.

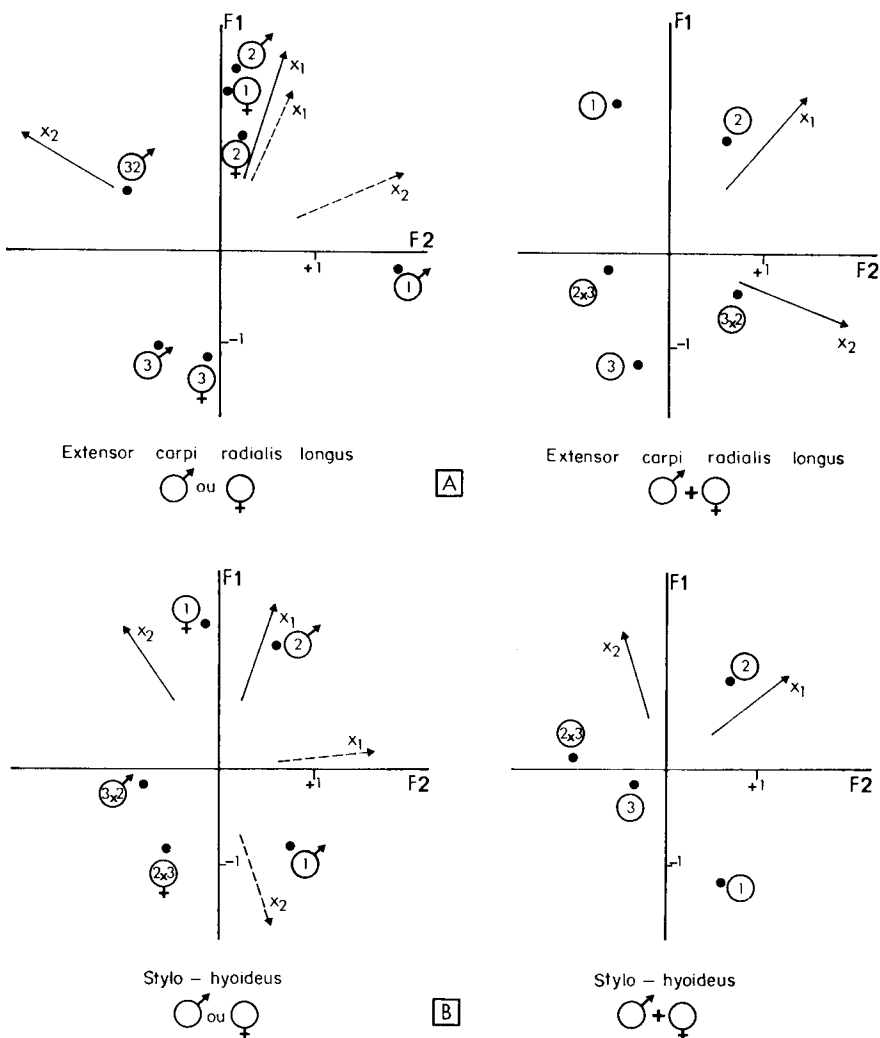


FIG. 3. — Représentation des groupes et des directions des projections des variables dans le plan discriminant (F_1 , F_2)

—————→ Mâles,
 - - - - -→ Femelles.

Les caractères des muscles *stylo-hyoideus* des lapins mâles *Néo-Zélandais* sont différents de ceux des lapins *Commun* par un plus grand nombre de fibres et de ceux des individus du croisement (3 × 2) par un poids supérieur. Chez les lapins femelles les caractères du muscle *stylo-hyoideus* des individus du croisement (2 × 3) sont différents de ceux des individus de la race *Commune* par un plus grand nombre de fibres. Enfin, en regroupant les données relatives aux individus mâles et femelles on observe,

à nouveau, que les caractères du muscle *stylo-hyoïdeus* des *Néo-Zélandais* sont différents de ceux des *Commun* et des *Bouscat*, par un plus grand nombre de fibres. Les lapins du croisement (2×3) ont des muscles *stylo-hyoïdeus* différents de ceux des lapins *Commun* et *Néo-Zélandais* surtout par le poids du muscle et, à un moindre degré, par le nombre de fibres. La représentation graphique de ces résultats est donnée dans la figure 3 B.

Cette analyse permet d'aboutir aux conclusions générales suivantes : Pour le muscle *soleus*, c'est le caractère « nombre total de fibres » qui est différent entre les 3 races. Il présente les valeurs les plus élevées chez les lapins *Néo-Zélandais* et les plus faibles chez les lapins *Communs*. Le muscle *soleus* des produits des croisements présente des caractères intermédiaires ou proches de ceux des races, dont ils sont issus.

Par contre, pour le muscle *accessorius latissimi dorsi*, ce sont les dimensions des fibres qui sont différentes entre les 3 races et certains croisements, mais uniquement chez les lapins femelles. Le muscle des individus *Néo-Zélandais* se caractérise par des fibres de grande aire de section transversale et celui des individus *Communs* par un poids plus élevé en liaison avec des fibres de grande longueur. Les muscles des lapins hybrides ne présentent pas de caractères intermédiaires de ceux des parents, dont ils sont issus.

Enfin, les muscles *extensor carpi radialis longus* et *stylo-hyoïdeus* des individus de la race *Néo-Zélandaise* sont différents de ceux des individus de la race *Commune* par un plus grand nombre de fibres, sauf en ce qui concerne le muscle *extensor carpi radialis longus* des lapins femelles. Les muscles des individus *Bouscat* présentent des caractères intermédiaires entre ceux des *Néo-Zélandais* et des *Communs*.

D'autre part, il existe quelques différences, dans les caractères du muscle, liées au sexe. Ainsi, dans le cas du muscle *soleus*, les individus femelles présentent une variation de la longueur des fibres qui n'existe pas chez les mâles. Le muscle des lapins *Néo-Zélandais* a des fibres plus longues et celui du croisement (1×2) des fibres plus courtes que ceux des autres groupes. Seul le muscle *accessorius latissimi dorsi* des lapins femelles présente des variations, selon la race ou le croisement, des caractères poids du muscle, aire de section transversale et longueur des fibres.

DISCUSSION

Parmi les races étudiées, les lapins *Néo-Zélandais* et *Commun* présentent respectivement des muscles, à l'exception de l'*accessorius latissimi dorsi*, avec le plus grand nombre de fibres et le plus faible nombre de fibres. On constate ainsi, que la race *Néo-Zélandaise*, réputée améliorée pour la production de viande, a des muscles présentant une augmentation du nombre des fibres par rapport aux autres races. Dans le même ordre d'idée, HANRAHAN *et al.* (1973) ont observé dans leur étude de l'influence sur le tissu musculaire, de la sélection de lignées de souris pour un poids corporel élevé, que l'augmentation du poids des muscles des animaux était liée principalement à un accroissement du nombre des fibres musculaires.

D'autre part, LUFF et GOLDSPIK (1970) en étudiant la variation du nombre total de fibres de 4 muscles, prélevés sur des souris adultes de 4 lignées différentes, ont observé qu'à l'intérieur d'une lignée, le nombre de fibres est stable (S. E. de l'ordre

de 2 p. 100 de la moyenne) alors qu'entre lignées ce caractère présente des différences importantes et significatives, sauf pour un des muscles étudiés l'*extensor digitorum longus*. En somme, le nombre total de fibres d'un muscle serait caractéristique d'une lignée. Ces résultats sont partiellement en accord avec ceux obtenus chez le Lapin dans la présente étude. En effet, s'il existe aussi une stabilité assez grande du caractère « nombre de fibres » à l'intérieur d'une race ou d'un croisement, ce caractère n'est pas toujours différent d'une race ou d'un croisement à l'autre.

Les lapins *Néo-Zélandais* et *Commun* ont une vitesse de croissance comparable et atteignent, adultes, un poids vif du même ordre de grandeur, alors que les lapins *Bouscat*, d'un format adulte plus grand, atteignent plus lentement un pourcentage donné de leur poids. Ils présentent donc, au poids d'abattage de 2 000 g un degré de maturité moins prononcé que les autres. Ceci expliquerait les valeurs plus faibles du poids du muscle observées chez les individus *Bouscat*. Cependant, le nombre de fibres étant définitivement fixé à la naissance ou dans les quelques jours qui suivent, ce caractère n'est pas influencé, au poids d'abattage situé vers 70 jours, par cette différence dans les degrés de maturité, qui peut, par contre, avoir une influence sur les dimensions des fibres.

Pour les divers muscles étudiés, excepté le *soleus*, il n'y a pas de corrélation significative entre le poids du muscle et le nombre de fibres. L'existence de cette corrélation est très variable. Ainsi (LUFF et GOLDSPIK, 1970), dans l'étude des variations du nombre de fibres, chez 4 lignées de souris, ont observé, qu'il n'y avait pas de corrélation positive entre le poids du muscle et le nombre des fibres, alors que, dans un travail antécédent (LUFF et GOLDSPIK, 1967) ils avaient constaté en étudiant les mêmes muscles mais chez des souris naines et géantes, qu'il y avait une corrélation positive entre le nombre de fibres et le poids musculaire. A l'opposé (HANRAHAN *et al.*, 1973) ont observé qu'il n'y avait pas, en général, de corrélation significative entre le nombre de fibres et le poids des muscles *anterior tibialis* et *sternomastoïdeus* de souris appartenant à des lignées sélectionnées pour un poids corporel élevé et faible.

Soulignons également la tendance, chez les individus femelles des différents croisements et races, à une variation en sens inverse du nombre des fibres et de leur section transversale mise en lumière par l'existence de corrélations négatives significatives. STAUN (1963) a fait une observation similaire pour le muscle *longissimus dorsi* de porcs de races différentes. Quand le nombre des fibres augmentait dans la section le diamètre des fibres diminuait et vice-versa.

En général, il n'existe pas de corrélation significative entre l'aire de section transversale des fibres et leur longueur, sauf pour le muscle *accessorius latissimi dorsi* des individus femelles de certains croisements et races, où il existe une faible corrélation négative entre ces caractères. Enfin, il n'y a jamais de corrélation significative entre le nombre des fibres et la longueur des fibres.

La longueur des fibres est importante à considérer, puisque les muscles de certains croisements et races présentent uniquement, parmi les dimensions des fibres, une variation de leur longueur sans variation de l'aire de section, comme, par exemple, dans le cas du muscle *soleus* des lapins femelles.

En général, à l'exception du muscle *extensor digitorum longus* des lapins femelles, il n'y a pas d'influence du sexe sur le nombre des fibres. HANRAHAN *et al.* (1973) ont fait une observation identique dans le cas des muscles *anterior tibialis* et *sternomastoïdeus* de souris mâles et femelles. Par ailleurs, l'observation des données individuelles

permet de remarquer qu'à l'intérieur de chaque race et croisement, il existe des individus qui présentent un caractère « nombre total de fibres » bien supérieur ou inférieur à la moyenne et cette caractéristique se retrouve au niveau des 4 muscles étudiés.

Nos résultats montrent qu'il n'existe pas une règle générale dans la variation des caractères de structure histologique des muscles. Pour certains muscles (*soleus*) les races et les croisements sont discriminés surtout par le nombre des fibres et pour d'autres muscles (*accessorius latissimi dorsi*) par les dimensions des fibres. La dissemblance dans la variation des caractères des muscles se retrouve dans les résultats de LUFF et GOLDSPINK (1970), où, pour les 4 muscles de souris de lignées différentes, seul l'*extensor digitorum longus* présentait un caractère « nombre de fibres » non différent entre lignées. Par contre, ces mêmes auteurs observaient, dans le cas de l'étude des muscles de souris naines et géantes, que c'était le *soleus* qui ne présentait pas de variation du nombre des fibres.

Reçu pour publication en juillet 1973.

REMERCIEMENTS

Nous remercions M. MILLIER (Station de Biométrie, Centre national de Recherche forestière) et ses collaborateurs pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous apporter.

SUMMARY

STUDY OF THE VARIATION OF THE NUMBER AND DIMENSIONS OF MUSCLE FIBERS IN THREE BREEDS OF RABBITS AND THEIR RECIPROCAL CROSSES

The object of the study is to analyze the variation of certain histological characteristics of the *soleus*, *accessorius latissimi dorsi*, *extensor carpi radialis longus* and *stylo-hyoideus* muscles in three breeds of rabbits (*Common gray*, *New Zealand*, *Blanc de Bouscat*).

The characters studied are muscle weight, total number of muscle fibers and their average dimensions (area of transversal section and length). The first two characters are measured on the 4 muscles; the last 2 are measured only on the *soleus* and *accessorius latissimi dorsi* muscles.

An analysis of variance of the data obtained shows, that in the case of the muscles, *soleus*, *extensor carpi radialis longus* and *stylo-hyoideus* the appartenance to a given breed or cross affects the total number of fibers and muscle weight and in the case of the *accessorius latissimi dorsi* affects the fiber dimension and weight of muscle. Breeds and crosses may then be separated by discriminant factorial analysis in which the variables responsible for this separation are defined.

Results of this analysis for the *soleus* muscle show that the « total number of fibers » character differs among the three breeds. Its highest values are found in *New Zealand* rabbits and its lowest in *Common* rabbits. In crosses, the *soleus* muscle presents characters intermediary or similar to those of the breeds of which the crosses are issued.

On the other hand, for the *accessorius latissimi dorsi* muscle, it is fiber dimension which differs among the three breeds and some crosses, but only in female rabbits. The muscle of *New Zealand* individuals is characterized by fibers having a large transversal section area and that of *Common* individuals by a higher weight correlated with longer fibers. Muscles of hybrids do not present the intermediary characteristics of those of the parents of which they are issued.

Finally, except for the *extensor carpi radialis longus* muscle in female rabbits, the *extensor carpi radialis longus* and *stylo-hyoideus* muscles of individuals of the *New Zealand* breed differ from those of *Common* individuals by having a greater number of fibers. Muscles of *Bouscat* rabbits present characters intermediary between those of *New Zealand* and *Common*. The results of this study show that the histological characters of a muscle, especially the number of fibers, may present variations of genetic origin among breeds of rabbits.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DOROZYNSKA D., LISZKA E., 1970. Measurements of muscle fibre transverse sections in rabbits of both early and late maturity and their crossbreeds. *Acta agr. silvest. Ser. zootech., Krakow*, **10**, 73-82.
- HAMMOND J., APPLETON A. B., 1932. *Growth and development of mutton qualities in the sheep*. Oliver and Boyd, Edinbourg, 595 p.
- HANRAHAN J. P., HOOPER A. C., Mc CARTHY J. C., 1973. Effects of divergent selection for body weight on fibre number and diameter in two mouse muscles. *Anim. Prod.*, **16**, 7-16.
- JOUBERT D. M., 1956. An analysis of factors influencing postnatal growth and development of the muscle fibre. *J. agric. Sci. Camb.*, **47**, 59-102.
- LUFF A. R., GOLDSPIK G., 1967. Large and small muscles. *Life Sci.*, **6**, 1821-1826.
- LUFF A. R., GOLDSPIK G., 1970. Total number of fibres in muscles of several strains of mice. *J. Anim. Sci.*, **30**, 891-893.
- MAUCH A., MARINESCO J., 1934. *Ann. Inst. nat. Zootech., Roumain*, **3**, 154, in: *Anim. Breed. Abstr.*, **19**, 1.
- MIZUNO T., HIKAMI Y., 1967. Growth of muscle fibre in chick embryos. *Jap. J. Zootech. Sci.*, **38**, 553-558.
- NOUGUÈS J., 1972. Étude de l'évolution du nombre des fibres musculaires au cours de la croissance postnatale du muscle chez le Lapin. *C. R. Soc. Biol.*, **166**, 165-172.
- NOUGUÈS J., 1973. Étude histologique de la croissance postnatale des muscles *soleus* et *accessorius latissimi dorsi* chez le Lapin *Commun.* *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **13**, 37-50.
- SMITH J. H., 1963. Relation of body size to muscle cell size and number in the chicken. *Poult. Sci.*, **42**, 282-290.
- STAUN H., 1963. Various factors affecting number and size of muscle fibres in the pig. *Acta. Agric. Scand.*, **13**, 293-322.
-