

ANATOMIE MICROSCOPIQUE COMPARÉE DU TISSU MUSCULAIRE SQUELETTIQUE DE PORCS *LARGE-WHITE ET PIÉTRAIN*

B.L. DUMONT et O. SCHMITT

avec la collaboration de Thérèse DEGAS, Brigitte GATEBOIS et Joséphine ROUSSEL.

*Laboratoire de Recherches sur la Viande,
Centre national de Recherches zootechniques, 78-Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

RÉSUMÉ

La structure des muscles demi-membraneux et anconé externe a été comparée chez quatre porcs *Large-White* et trois *Piétrain*, de poids de carcasse voisin. On a observé une nette différence, au sein de chaque race, entre les deux muscles et, pour chaque muscle, l'influence de la race ne s'est pas manifestée pareillement. Le muscle demi-membraneux présente, chez le *Piétrain* une hypertrophie en masse et en volume qui s'explique par une augmentation du diamètre moyen des fibres musculaires (88,70 μ contre 78,76 μ) et de la surface des myoskhènes. Le nombre de faisceaux primaires est semblable dans les deux races. Par contre, le muscle anconé externe, dont les fibres musculaires sont un peu plus réduites, dont les myoskhènes et les faisceaux primaires sont, compte tenu de sa masse, relativement plus nombreux, ne présente pas de caractère d'hypertrophie chez le *Piétrain*.

L'intérêt de l'analyse microscopique de la section totale du muscle, à des fins génétiques, est discuté. Cette méthode permet non seulement les études comparées du développement musculaire, mais aussi la mise en évidence des fibres musculaires de section arrondie qui paraissent nettement plus abondantes, dans l'un et l'autre muscle, chez le *Piétrain* que chez le *Large-White*.

INTRODUCTION

Les études concernant l'anatomie microscopique du tissu musculaire squelettique des animaux domestiques n'ont intéressé, jusqu'à maintenant, que quelques caractères des fibres musculaires considérées dans des échantillons de petite taille. On a pu ainsi préciser, pour différents types d'animaux, le diamètre des fibres, leur densité et, plus récemment, leur équipement enzymatique.

L'analyse de tels échantillons (de taille généralement inférieure à cinq millimètres) ne donnait qu'une vue très fragmentaire de la structure du muscle. L'in-

roduction d'une nouvelle méthode d'exploration reposant sur l'analyse histologique de l'ensemble de la surface de section des muscles (SCHMITT et DUMONT, 1969) permet d'aborder maintenant les études de la structure musculaire en vraie grandeur et de préciser, en particulier, les relations existant entre la nature de la trame du tissu conjonctif et le développement des fibres.

On peut de la sorte caractériser les unités d'organisation, appelées myoskhènes, que paraît révéler l'examen de la trame conjonctive relativement homogène qui sépare certains groupes de faisceaux lorsqu'on examine la coupe d'un muscle à un très faible grossissement. Le présent travail rapporte les résultats obtenus par application de cette technique à la comparaison de muscles de porcs *Large-White* et *Piétrain*, entre lesquels il existe, pour des sujets de même poids, des différences dans l'importance relative et le volume des muscles (DUMONT *et al.*, 1969). Il a été montré que la manifestation de ces caractères chez le *Piétrain*, qui présentent des analogies avec ceux constatés chez le type « culard » dans l'espèce bovine (LAUVERGNE *et al.*, 1963), résulterait d'un déterminisme génétique simple (OLLIVIER et LAUVERGNE, 1967), par intervention d'un gène majeur à très forte action potentielle (OLLIVIER, 1968) dont les conséquences sur la structure musculaire n'avaient pas encore été explorées.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

On a considéré quatre animaux de race *Large-White* (3 mâles castrés et une femelle) et trois mâles castrés de race *Piétrain* dont les principales caractéristiques de carcasse sont indiquées dans le tableau I. Les sujets *Large-White* qui provenaient des troupeaux de la Station de Recher-

TABLEAU I
Caractéristiques des animaux de l'expérience

Race	Numéro et sexe des animaux		Poids de la demi-carcasse (kg)	Longueur de la carcasse (cm)	Épaisseur du lard (mm)	% de muscles
<i>Large-White</i> . . .	1	mâle castré . .	34,4	99,0	23	47,7
	2	mâle castré . .	35,1	98,5	22	49,3
	3	mâle castré . .	35,8	99,0	26	49,2
	4	femelle	36,5	99,5	25	48,3
<i>Piétrain</i>	5	mâle castré . .	37,0	87,0	26	53,2
	6	mâle castré . .	34,0	86,6	19	65,5
	7	mâle castré . .	30,1	87,2	19	60,8

ches sur l'Élevage des porcs furent sacrifiés aux abattoirs du C.N.R.Z. et, après ressuyage, stockés à + 4 °C. Les sujets *Piétrain* issus d'élevages privés du Nord de la France furent abattus aux abattoirs des établissements CABY à Saint-André-les-Lille (59) puis, 36 heures après leur sacrifice, transportés dans notre service où ils furent stockés à + 4 °C. Trois jours après l'abattage la moitié gauche des animaux fut pesée, mesurée et disséquée. La longueur de la carcasse était définie par la distance séparant le bord antérieur de la symphyse ischio-pubienne du milieu du bord antérieur de la première côte. L'épaisseur du lard était la moyenne des épaisseurs au niveau du dos (épaisseur minimum) et au niveau du rein (au-dessus du milieu du fessier moyen).

A l'issue de la dissection quinze muscles furent prélevés aux fins d'études histologiques, parmi lesquels figuraient le muscle demi-membraneux (*M. Semi membranosus*) et le muscle anconé externe (*M. Triceps brachii caput laterale*). On a appliqué à ces muscles la technique de préparation précédemment décrite (SCMHRIT et DUMONT, 1969) en utilisant comme colorant la picrofuch sine de VAN GIESON. On a considéré des coupes de 15μ d'épaisseur, pratiquées dans la partie médiane des muscles au niveau de leur plus grand développement en volume qui a été apprécié par la prise du contour des muscles au moment de la préparation des échantillons, après congélation rapide et avant la fixation.

Après coloration, en utilisant les coupes comme négatifs, on a obtenu des positifs géants sur papier calibré. Compte tenu de la rétraction présentée par l'échantillon au cours de son traitement histologique, le grandissement linéaire par rapport aux dimensions de l'échantillon frais fut de 10. Après avoir procédé à l'identification des différents myoskhènes, on a évalué leur surface individuelle par découpage des photographies et par pesée. Les faisceaux primaires de fibres musculaires ont été comptés, dans chaque myoskhène, sur une reproduction photographique de même dimension. Le plus grand diamètre des sections de fibres musculaires d'un grand et d'un petit myoskhène pour chacun des muscles a été mesuré. A cet effet on a réalisé un autre type de tirage sur papier à un grandissement linéaire de l'ordre de 130. Enfin à partir de photographies de la surface totale du muscle obtenu à un grandissement linéaire de 20, on a déterminé le nombre de fibres dites « géantes » présentes dans chacun des myoskhènes.

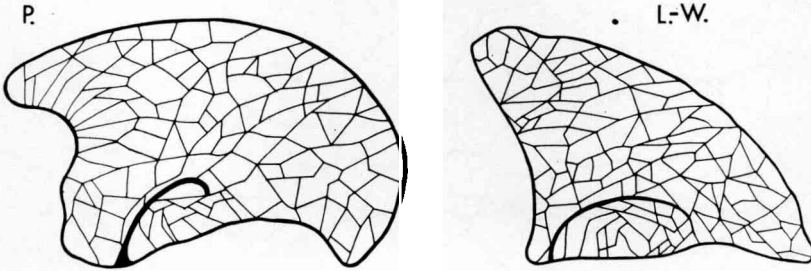
La mesure du diamètre des fibres et la détermination des fibres « géantes » ont été réalisées sur trois animaux dans chaque race (animaux 1, 3, 4 dans la race *Large-White*, animaux 5, 6 et 7 dans la race *Piétrain*).

RÉSULTATS

Pour chacun des muscles, les 3 principales caractéristiques macro- et microscopiques sont rassemblées dans les tableaux 2 et 3 et sont illustrées dans les figures 1 et 2.

Les caractères propres aux faisceaux primaires sont représentés dans les figures 3, ainsi que dans les tableaux 4 et 5.

DEMI-MEMBRANEUX



ANCONÉ EXTERNE

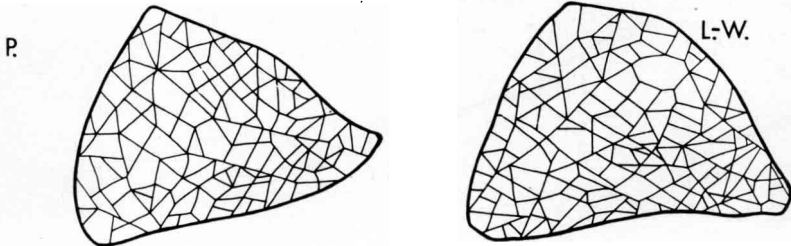


FIG. 1. — Structure schématique de la trame de tissu conjonctif délimitant les myoskhènes chez le Piétrain (P) et le Large-White (L.-W) dans le cas du muscle demi-membraneux ($\times 0,55$) et du muscle anconé externe ($\times 0,88$).

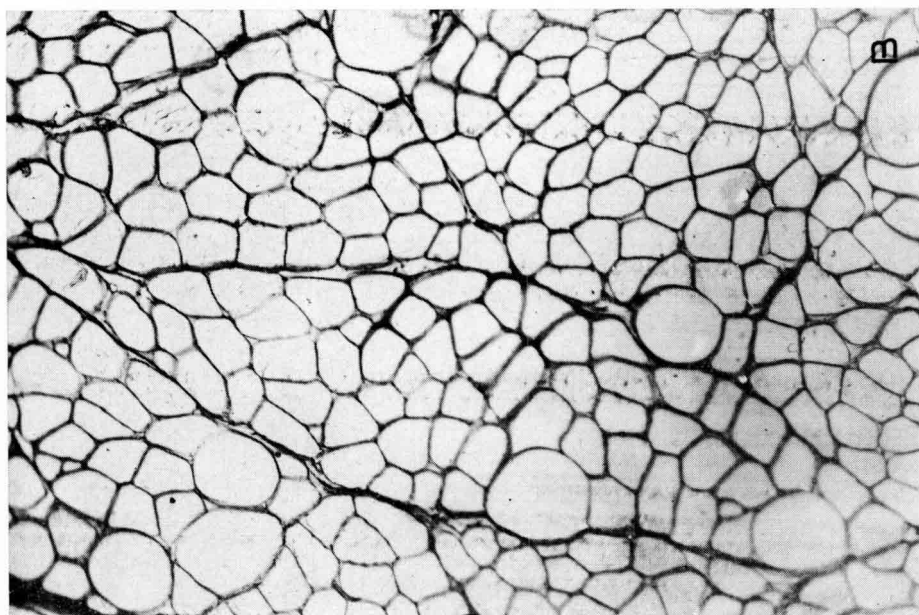
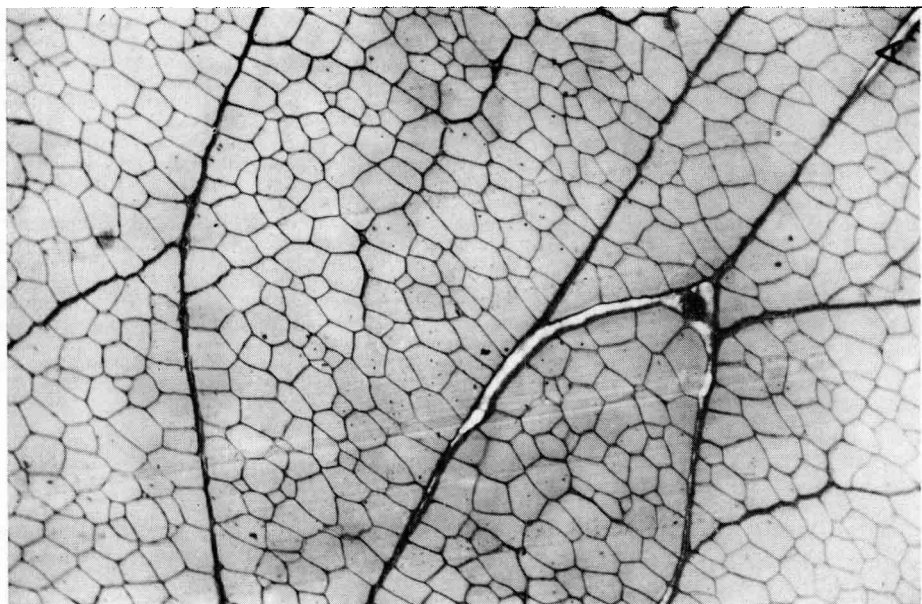


FIG. 2. — *Fibres musculaires caractéristiques de porcs Large-White (haut) et Piétrain (bas).*

Les tableaux 6 et 7 indiquent les paramètres concernant les fibres musculaires.

DISCUSSION

L'examen du tableau 2 fait apparaître que le muscle demi-membraneux est, chez les sujets *Piétrain*, plus lourd (en valeur absolue et en valeur relative) et plus développé dans sa partie médiane qu'il ne l'est chez les *Large-White*. Ceci

TABLEAU 2

Caractéristiques des muscles demi-membraneux

Numéro des animaux	1	2	3	4	5	6	7
Race	<i>Large-White</i>				<i>Piétrain</i>		
Poids du demi-membraneux en grammes	675	758	768	712	917	1020	848
Importance relative du demi-membraneux dans la musculature en %	4,26	4,49	4,48	4,13	4,78	4,65	4,75
Surface de section en cm ²	49,1	40,5	42,4	45,0	67,2	60,5	51,4
Nombre de myoskhènes	115	114	125	123	129	113	118
Nombre de faisceaux primaires	22.330	21.029	23.919	24.420	23.485	21.549	23.900
Surface moyenne des myoskhènes en dixième de mm ²	4 373	3 950	4 063	4 038	5 621	5 479	4 908

TABLEAU 3

Caractéristiques des muscles anconés externes

Numéro des animaux	1	2	3	4	5	6	7
Race	<i>Large-White</i>				<i>Piétrain</i>		
Poids de l'anconé externe en grammes	104	122	114	138	133	153	114
Importance relative de l'anconé externe dans la musculature en %	0,67	0,72	0,66	0,80	0,69	0,68	0,64
Surface de section en cm ²	11,7	13,0	14,2	18,5	15,1	17,3	11,2
Nombre de myoskhènes	154	171	144	168	164	133	151
Nombre de faisceaux primaires	12 075	20.199	11.354	18.147	16.643	22.005	17.579
Surface moyenne des myoskhènes en dixième de mm ²	798	745	932	1 109	952	1 047	705

conduit à considérer ce muscle comme étant particulièrement sujet à l'hypertrophie. A l'inverse, les résultats du tableau 3 montrent que le développement pondéral et volumique du muscle anconé externe est très voisin dans les deux races. L'hypotrophie, chez les *Piétrain*, du muscle anconé externe n'est d'ailleurs pas exclue.

C'est le caractère opposé dans leur développement musculaire qui nous a conduits à retenir ces deux muscles, en premier lieu, dans l'étude des caractéristiques microscopiques de la musculature des porcins (en tenant compte par ailleurs du fait que nous ne nous intéressons — sur un plan de la valeur technologique des animaux — qu'aux muscles présentant des masses au moins égales à 0,5 % du poids de la musculature).

I. — Muscle demi-membraneux

Les données du tableau 2 amènent à conclure qu'indépendamment du caractère d'hypertrophie exprimé par les animaux *Piétrain*, les paramètres fondamentaux de l'organisation musculaire liés aux faisceaux paraissent équivalents dans les deux races : le nombre des myoskhènes, le nombre de faisceaux primaires, et par suite le nombre moyen de faisceaux primaires par myoskhène sont voisins. Dans la figure 3, on peut voir aussi que la distribution de fréquence des myoskhènes en fonction du nombre de faisceaux primaires qu'ils renferment est pratiquement la même dans les deux races. Par contre, les caractéristiques liées aux fibres sont très différentes. Malgré leur hétérogénéité dans leur dimension et dans leur forme, les fibres des individus *Piétrain* ont en moyenne un diamètre supérieur de l'ordre de 10 microns à celle des sujets *Large-White*. Cette supériorité se traduit, entre autre, par un grossissement des myoskhènes qui, pour un même nombre de faisceaux présentent des surfaces plus grandes (cf. tableau 4). Les coefficients de régression de la surface des unités de structure sur le nombre de faisceaux primaires sont plus élevés chez les *Piétrain* et représentent une expression du degré

TABLEAU 4

Relations entre la surface des myoskhènes en dixième de mm^2 (Y) et le nombre de faisceaux primaires (x) qu'ils renferment

Muscle demi-membraneux

Numéro des animaux	Race	Nombre de couples d'observation	Equation de régression	Coefficient de corrélation
1	L.—W.	115	$Y = 21,56 x + 190$	+ 0,949
2	L.—W.	114	$Y = 20,87 x + 110$	+ 0,960
3	L.—W.	125	$Y = 21,74 x - 89$	+ 0,976
4	L.—W.	123	$Y = 20,88 x - 117$	+ 0,891
5	P.	129	$Y = 29,41 x + 268$	+ 0,976
6	P.	113	$Y = 28,46 x + 43$	+ 0,975
7	P.	118	$Y = 25,21 x - 210$	+ 0,965

d'hypertrophie du muscle, essentiellement due à l'augmentation de la taille des fibres. En considérant la répartition des myoskhènes en fonction de leur surface (fig. 3) on peut constater que l'intervalle de variation de la surface des myoskhènes

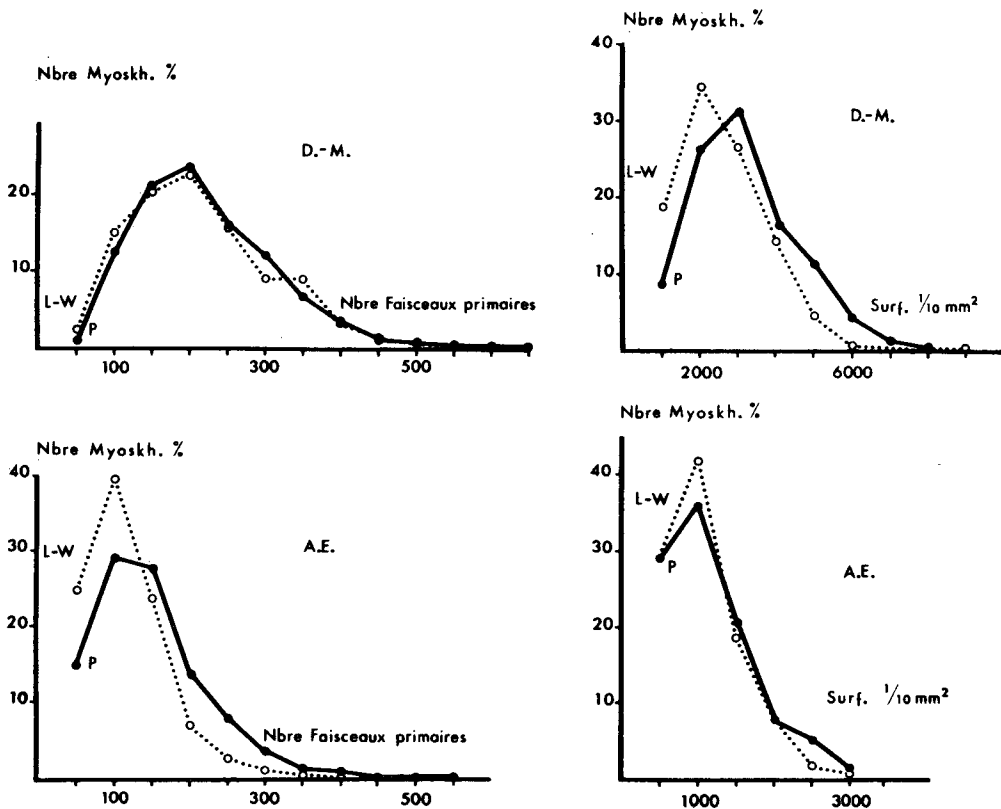


FIG. 3. — Répartition, en pourcentage, des myoskhènes chez le Large-White (L.W.) et le Piétrain (P) en fonction du nombre de faisceaux primaires qu'ils renferment (à gauche), et de leur surface (à droite), dans le cas du muscle demi-membraneux (D.-M.) et du muscle anconé externe (A.E.).

nes est voisin dans les deux races et relativement important. Toutefois, chez le *Piétrain*, le pourcentage des grands myoskhènes est plus élevé. Il est à noter que bien que la répartition des myoskhènes de grande et petite section, à l'intérieur du muscle, soit aléatoire (fig. 1), les grands myoskhènes sont relativement plus nombreux dans la portion postéro-interne du muscle. Cette zone correspond, précisément, aux directions privilégiées dans laquelle l'hypertrophie peut se manifester avec le plus d'ampleur (DUMONT *et al.*, 1969).

Il faut signaler d'autre part que l'examen comparé des surfaces de section musculaire totale révèle chez le *Piétrain* une trame de tissu conjonctif plus fine. Ce caractère est à rapprocher du plus grand développement volumique du muscle demi-membraneux dans cette race. En effet, l'analyse des propriétés de la trame générale du tissu conjonctif en fonction du développement d'un muscle quel-

conque nous conduit à faire l'hypothèse qu'à l'augmentation de la surface de ses fibres, de ses faisceaux primaires et, par voie de conséquence, de ses myoskhènes, correspond une distension de sa trame conjonctive originelle, conduisant à un amincissement des parois conjonctives qui limitent ses myoskhènes.

Dans le cas du muscle demi-membraneux de *Piétrain*, pour expliquer la finesse de la trame conjonctive, pourrait s'ajouter à l'effet du plus grand développement musculaire une moindre teneur en tissu conjonctif interne (périmysium) d'origine génétique, comme le laissent supposer les déterminations du taux d'hydroxyproline effectuées par BOCCARD (1968) sur le muscle entier, avec son épimysium.

TABLEAU 5

Relations entre la surface des myoskhènes en dixième de mm^2 (Y) et le nombre de faisceaux primaires (x) qu'ils renferment

Muscle anconé externe

Numéro des animaux	Race	Nombre de couples d'observation	Equation de régression	Coefficient de corrélation
1	L.—W.	154	$Y = 10,75 x - 41$	+ 0,969
2	L.—W.	171	$Y = 6,28 x - 23$	+ 0,965
3	L.—W.	114	$Y = 11,83 x - 3$	+ 0,984
4	L.—W.	168	$Y = 10,50 x + 36$	+ 0,994
5	P.	164	$Y = 9,99 x - 56$	+ 0,983
6	P.	133	$Y = 5,90 x + 67$	+ 0,966
7	P.	151	$Y = 6,27 x - 22$	+ 0,946

Ainsi, contrairement aux conclusions de SELIER et BOCCARD (1969), il apparaît que le développement musculaire et la réduction du collagène chez le *Piétrain* ne sont pas deux phénomènes indépendants.

Le tableau 7 met en évidence l'existence chez le *Piétrain* d'un très grand nombre de fibres d'un type particulier, appelées « giants fibers » par CASSENS *et al.* (1969) qui ont décrit d'autre part les propriétés histochimiques.

Anatomiquement, plus que la taille, c'est essentiellement la forme qui permet de les distinguer facilement des autres fibres. Elles présentent en effet un contour curviligne, circulaire ou elliptique qui contraste avec la forme polygonale des autres fibres (fig. 2). Ces fibres sont présentes chez les *Large-White* en très faible nombre. On a noté entre 10 et 100 fibres environ dans l'ensemble de la section transversale des muscles demi-membraneux de *Large-White* qui renferment environ entre 800 000 et 1 million de fibres musculaires. On peut donc estimer que la fréquence de ces fibres est de l'ordre de 1/10 000 à 1/100 000. Dans le cas du *Piétrain*, la fréquence de ces fibres est comprise entre 0,4 et un p. 100. On peut supposer que la plus grande fréquence des fibres arrondies (dites « géantes ») constatée chez les sujets *Piétrain* serait un caractère propre à la race.

2. — *Muscle anconé externe*

Bien que sa masse relative soit assez voisine d'un animal à l'autre (surtout chez le *Piétrain*), sa masse absolue est très variable et entraîne, parmi les animaux, des variations pour les caractères qui lui sont liés. C'est le cas du nombre de faisceaux primaires. Par contre, le nombre de myoskhènes paraît, comme dans le cas du muscle demi-membraneux, indépendant de la masse et, par suite, présente des valeurs voisines dans les deux races. Ce nombre relativement important en égard à la surface de section, traduit par rapport au muscle demi-membraneux un plus grand développement de la trame conjonctive, ce qui est en accord avec les résultats de BOCCARD (1968) portant sur la détermination de l'hydroxyproline des deux muscles, et une structuration plus prononcée que met en évidence la figure 1. Par contre, l'examen histologique de la section montre que la trame de tissu conjonctif est comparable dans les deux races. Cette situation ne devrait normalement pas entraîner des différences aussi sensibles de teneur en hydroxyproline entre race que celles qu'a indiquées BOCCARD (1968), à moins que la teneur en collagène de la trame colorée par la picrofuchsine soit différente dans les deux races, ou encore que l'importance de l'épimysium dont tiennent compte les déterminations chimiques mais que ne prend pas en considération l'analyse histologique, soit beaucoup moins prononcée chez le *Piétrain*.

La surface des myoskhènes est étroitement liée au nombre des faisceaux primaires qu'ils renferment. Les distributions des myoskhènes en fonction du nombre des faisceaux qu'ils contiennent sont très différentes dans les deux races (fig. 3), les *Large-White* possédant plus de myoskhènes contenant peu de faisceaux primaires.

En moyenne les fibres musculaires du *Large-White* sont un peu plus petites que celles du *Piétrain*, ce qui conduit, compte tenu des observations précédentes, à postuler que dans le cas de l'anconé externe les *Large-White* doivent présenter un nombre total de fibres musculaires supérieur à celui des *Piétrain*.

La présence de fibres dites « géantes » a été constatée chez tous les animaux à l'exception du numéro 5 où aucune fibre de ce type n'a pu être décelée (tableaux 6 et 7).

TABLEAU 6

Caractéristiques des fibres musculaires des porcs Large-White

Muscle	Diamètre des fibres musculaires		Nombre de fibres « géantes » par cm ²	
	N	moyenne	N° anim.	
Demi-membraneux . . .	48.598	78,76 μ	1	2
			3	< 1
			4	< 1
Anconé externe	25.074	73,59 μ	1	1
			3	2
			4	3

TABLEAU 7

Caractéristiques des fibres musculaires des porcs Piétrain

Muscle	Diamètre des fibres musculaires		Nombre de fibres « géantes » par cm ²	
	N	moyenne	N° anim.	
Demi-membraneux . . .	39 437	88,70 μ	5	104
			6	115
			7	81
Anconé externe. . . .	19 847	78,80 μ	5	0
			6	81
			7	42

CONCLUSIONS

Moyennant quelques réserves quant à la généralisation des résultats obtenus sur un nombre restreint d'animaux, on peut toutefois raisonnablement conclure :

1. qu'il existe une différence nette, au sein de chaque race, entre les deux muscles considérés;
2. que, pour chaque muscle, l'influence de la race ne se fait pas sentir de la même façon.

A cet égard, il est intéressant de souligner que les différences de structure musculaire observées entre les deux races permettent d'expliquer l'origine des différences relevées lors des études anatomiques, pour ce qui est de la manifestation de l'hypertrophie.

L'utilité de l'analyse histologique de la structure musculaire totale dans la caractérisation des types génétiques paraît ainsi démontrée.

Il serait nécessaire, en particulier, de préciser l'influence des facteurs génétiques sur l'apparition, dans les différents types de muscles, de fibres « géantes » dont la liaison avec la sensibilité au « stress » et avec la myopathie exsudative et dépigmentaire a été récemment avancée (CASSENS *et al.*, 1969).

Reçu pour publication en juillet 1970.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Monsieur ZERT, Directeur de l'Institut technique du Porc pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée dans l'obtention des animaux *Piétrain* et les Ets CABY qui nous les ont fournis, d'après des spécifications très précises.

Nous sommes très reconnaissants à MM. OLLIVIER et OUHAYOUN des critiques et suggestions qu'ils nous ont faites à la lecture du manuscrit.

SUMMARY

COMPARATIVE STUDY OF MUSCULAR STRUCTURE
IN PIGS OF *LARGE WHITE* AND *PIÉTRAIN* BREED

The structure of muscular tissue in pigs has been studied by considering *Semi membranosus* and *Triceps brachii caput laterale* from four *Large-White* and three *Piétrain*, of similar carcass weight. A great difference was found between the two muscles within each breed. The type of breed has not the same effect upon both muscles. In *Piétrain* pigs *Semi membranosus* muscle shows an hypertrophy, which is accompanied by increase of the diameter of the muscle fiber (88,70 μ versus 78,76 μ), in the myoskhène area, though the number of muscular bundles is practically the same as in *Large-Whites*. On the contrary, *Triceps brachii caput laterale* shows no sign of hypertrophy.

The interest of comparative studies of muscular structure in the field of genetics for meat selection is discussed. Such studies could make clear not only the relationship between muscle and connective tissue development, but also point out the frequency of round (or « giant ») fibers which seem to be more numerous in the *Piétrain* than in the *Large-White* breed.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOCCARD R., 1968. Variation de la teneur en hydroxyproline de muscles de Porcs *Large-White* et *Piétrain*. Ann. Zootech., **17**, 71-75.
- CASSENS R.G., COOPER C.C., BRISKEY E., 1969. The occurrence and histochemical characterization of giant fibers in the muscle of growing and adult animals. Acta Neuropath., **12**, 300-304.
- DUMONT B.L., SCHMITT O., ROY G., 1969. Développement musculaire comparé de porcs *Piétrain* et *Large-White*. Rec. Méd. vét., **145**, 937-948.
- LAUVERGNE J.J., VISSAC B., PERRAMON A., 1963. Etude du caractère culard. I. Mise au point bibliographique. Ann. Zootech., **12**, 133-156.
- OLLIVIER L., LAUVERGNE J.J., 1967. Etude du déterminisme héréditaire de l'hypertrophie musculaire du Porc de *Piétrain* : premiers résultats. Ann. Méd. vét., **111**, 104-109.
- OLLIVIER L., 1968. Etude du déterminisme héréditaire de l'hypertrophie musculaire du Porc de *Piétrain*. Ann. Zootech., **17**, 393-407.
- SCHMITT O., DUMONT B.L., 1969. Méthodes d'analyse de la structure musculaire. Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys., **9**, 123-134.
- SELLIER P., BOCCARD R., 1969. Développement musculaire et taux d'hydroxyproline du muscle dans les races porcines *Large-White* et *Piétrain*. Ann. Génét. Sél. anim., **1**, 179.
-