

ÉTUDE DU CARACTÈRE CULARD

III. — ANATOMIE MICROSCOPIQUE COMPARÉE DU TISSU MUSCULAIRE DE MÂLES *charolais* NORMAUX ET CULARDS

J. OUHAYOUN, A. BEAUMONT

*Station centrale de Génétique animale,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

*Laboratoire de Biologie animale,
Faculté des Sciences, 12, rue Cuvier, - Paris (5^e)*

SOMMAIRE

La présente note rapporte les résultats enregistrés dans nos travaux d'histologie quantitative réalisés dans le but de déterminer l'origine de l'hypertrophie musculaire des bovins culards, de race *charolaise*.

Un dénombrement des fibres et une mesure de leur surface ont été effectués sur coupes transversales des muscles sterno-hyoïdien (*sternohyoideus*) et gros anconé (*caput longum tricipitis brachii*) prélevés sur des mâles normaux et culards de trois, quinze et vingt mois.

Les résultats de cette étude biométrique comparée semblent montrer que l'hyperplasie des fibres est seule responsable de l'hypertrophie de certains groupes musculaires des culards.

I. — INTRODUCTION

L'hypertrophie musculaire, manifestation phénotypique la plus visible, et économiquement la plus intéressante du caractère culard, s'accompagne de nombreuses modifications affectant l'ensemble des régions anatomiques et des tissus (LAUVERGNE et *al.*, 1963).

D'après des recherches effectuées par SMITH (1949) et ASHDOWN, cité par MAC KELLAR (1960), l'hypertrophie musculaire serait due, non à un accroissement des dimensions individuelles des fibres musculaires, mais à une augmentation de leur nombre.

Nous exposons, ici, les résultats d'une étude histologique quantitative de deux muscles. Ils précisent les observations de ces deux auteurs et permettent l'interprétation de l'hypertrophie musculaire des bovins culards (¹).

II. — MATÉRIEL ET TECHNIQUES

A. — *Matériel animal*

Cette étude porte sur trois lots d'animaux mâles, non castrés, de race *charolaise*, abattus au C. N. R. Z., respectivement à trois mois (2 culards, 3 normaux), quinze mois (13 culards, 12 normaux) et vingt mois (9 culards, 9 normaux).

Les culards et les normaux sont classés au moyen de la « table de pointage » élaborée à partir d'indications fournies par RAIMONDI (1957).

Les muscles examinés sont : le gros anconé (*caput longum tricipitis brachii*) et le sternohyoïdien (*sternohyoideus*). Le gros anconé fait partie de la « boule de macreuse », morceau de boucherie, qui est hypertrophié chez les culards. Le sternohyoïdien, par contre, ne présente pas de signes d'hypertrophie.

Les caractéristiques suivantes de ces muscles sont étudiées :

- striation transversale ;
- densité de fibres par unité de surface de sections transversales de faisceaux ;
- surface de sections transversales de fibres.

B. — *Techniques histologiques*

1. *Prélèvement.*

Dans le but d'éliminer une cause possible de variation des résultats, les échantillons de chacun des deux muscles sont prélevés dans la même zone préalablement repérée anatomiquement.

2. *Fixation.*

Les échantillons de tissu musculaire sont fixés, dans un délai de dix à quarante minutes après abattage, au Bouin-Hollande sublimé. La fixation (vingt-quatre heures) est suivie :

- d'un lavage à l'eau (environ vingt heures) ;
- d'une déshydratation (trois bains d'une heure dans l'alcool à 95° et trois bains d'une heure dans l'alcool absolu) ;
- d'une inclusion dans la cytoparaffine (trois bains de quinze minutes dans le toluène et deux bains de deux heures dans la paraffine à 59°).

3. *Coloration.*

a) *Striation transversale.* — Les disques anisotropes « A » sont colorés par l'hématoxyline de REGAUD, sur coupes longitudinales de six microns d'épaisseur.

b) *Section transversales de fibres.* — La réaction argentaffine de GORDON et SWEET (PEARSE, 1961), modifiée (tabl. 1), est appliquée à des coupes transversales de cinq microns d'épaisseur. La réticuline, qui gaine chaque fibre, est imprégnée d'argent ; les myofibrilles ne sont pas apparentes (fig. 1).

C. — *Mesures*

1. *Striation transversale.*

Le dénombrement des disques anisotropes est effectué au microscope (grandissement 1 280). Vingt segments de fibres de cent microns de longueur sont examinés, par animal, sur une coupe. Ils sont choisis, soit sur une même fibre à des niveaux différents, soit sur des fibres voisines.

(¹) Ces résultats ont déjà été partiellement exposés aux journées d'études de la Commission de Génétique de la Fédération européenne de Zootechnie à Lisbonne (OUHAYOUN et al., 1964) et à Édimbourg (ANONYME, 1966). Ils ont fourni la matière d'un diplôme d'études supérieures présenté à la Faculté des Sciences de Paris (OUHAYOUN, 1966).

TABLEAU I

Modifications apportées à la réaction argentaffine de GORDON et SWEET

Traitements		Technique GORDON et SWEET	Technique adaptée ou modifiée
Oxydation permanganique		4 à 7 mn	2 mn (1)
Décoloration oxalique		1 mn	4 mn (1)
Mordançage alun de fer 2 %		2 à 15 mn	5 mn (1)
Impré- gnation à l'argent	Concentration $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	80 mEq/litre	8 mEq/litre (2)
	Temps	5 à 7 s	2 mn
Révélation au formol		solution aqueuse 4 %	solution alcoolique 4 % (3)

(1) simple adaptation des temps au matériel utilisé.

(2) les coupes résistent mieux au bain d'hydroxyde d'argent ammoniacal dilué.

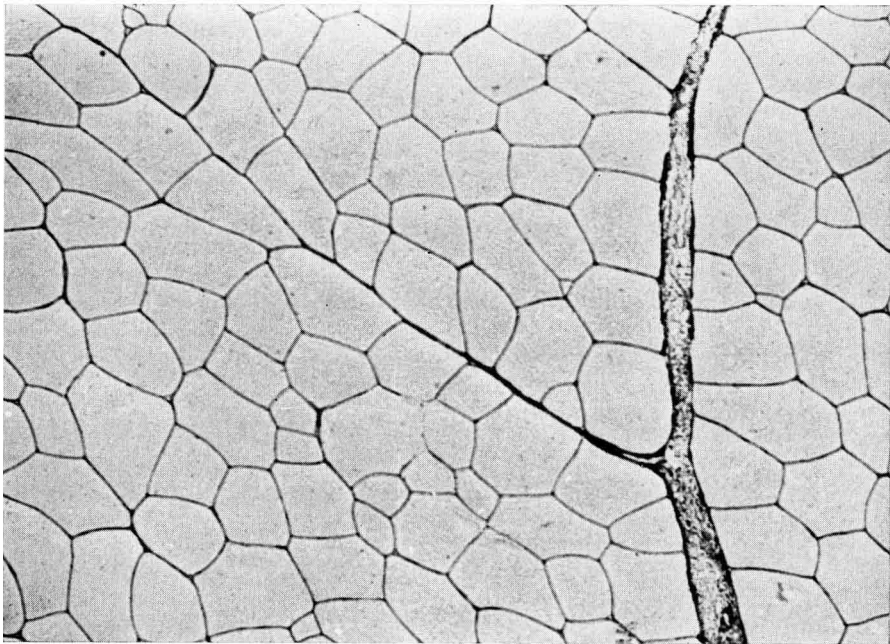
(3) la révélation de la réticuline par réduction de $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ par le formol est plus progressive en milieu alcoolique.

FIG. 1. — Sections transversales de fibres musculaires (G : 200)
Imprégnation à l'argent de la réticuline

2. *Densité de fibres par unité de surface de sections transversales de faisceaux.*

Les fibres sont dénombrées sur l'écran d'un lanamètre (grandissement 500), au moyen d'un électrototalisateur marqueur, dans des champs de $1,2.10^5 \mu^2$ de surface. Pour chaque animal, dix champs microscopiques sont tirés au hasard parmi ceux qui satisfont aux trois critères suivants :

- absence de lacunes cytoplasmiques ;
- absence de larges travées de collagène ;
- réseau de réticuline intact et dont l'aspect traduit un angle de coupe rigoureusement transversal.

3. *Surface de sections transversales de fibres.*

Trois photographies de sections transversales de faisceaux musculaires, présentant les mêmes qualités que précédemment, sont tirées, pour chaque animal, sur papier calibré (195 mg/cm^2), au grandissement 600. La surface des fibres échantillonnées au hasard parmi ces trois clichés est déterminée, après découpage soigneux, par gravimétrie (erreur absolue de cette mesure : $0,5 \text{ mg}$, soit $0,7 \mu^2$).

III. — RÉSULTATS

A. — *Striation transversale du muscle sternohyoïdien des animaux de quinze mois. Test de fidélité d'action du fixateur*

Les deux nombres moyens de disques « A » par tronçon ne sont pas statistiquement différents (tabl. 2). Les striations sont donc identiques chez les taurillons normaux et culards. En outre, la faible valeur du coefficient de variation attaché à chacune des deux séries d'énumération ($V_c = 3,28 \text{ p. } 100$, $V_N = 3,86 \text{ p. } 100$) montre

TABLEAU 2

Striation transversale du muscle sternohyoïdien des taurillons normaux et culards de quinze mois

Type	Nombre d'animaux	Nombre de tronçons de 400μ	Nombre moyen de disques A par tronçon	Écart-type	t ⁽¹⁾
Culard	13	260	51,645	4,697	0,68 NS
Normal.	12	240	51,729	4,999	

(1) NS : écart non significatif ($P > 0,05$).

que le fixateur a une action très fidèle sur les échantillons frais de tissu musculaire. Dans la suite de cet exposé, les dimensions mesurées sont considérées comme liées aux dimensions à l'état frais par un coefficient de proportionnalité caractéristique du fixateur, inconnu mais constant et identique chez les deux types d'animaux.

B. — *Densité de fibres par unité de surface de sections transversales de faisceaux*

1. *Muscle sternohyoïdien.*

Les résultats de son étude sont rapportés dans le tableau 3. Ils révèlent que le muscle sternohyoïdien des culards est composé de fibres plus nombreuses que celui des témoins normaux.

a) *Animaux de trois mois.*

Les écarts entre les densités de fibres moyennes individuelles des culards et des normaux sont compris entre 13,5 et 40,7 p. 100 de la plus forte moyenne des normaux (fig. 2).

b) *Animaux de quinze mois.*

L'interprétation des distributions de fréquence des champs microscopiques en fonction de leur densité de fibres (fig. 3) avait conduit à attribuer une structure particulière au muscle sternohyoïdien des culards (OUHAYOUN et al., 1964). Or, celui-ci ne comporte pas deux populations de fibres, l'une commune aux deux types d'animaux, l'autre composée de fibres de petite section, propre aux culards. En effet, le deuxième mode de la distribution des culards est dû aux données de dénombrement particulièrement élevées de trois individus seulement (fig. 2).

c) *Animaux de vingt mois.*

Les deux lots, à l'exception de deux individus (un normal et un culard), sont bien séparés : les culards se caractérisent par des densités de fibres supérieures de 20 à 184 p. 100 à celles des normaux.

2. *Muscle gros anconé.*

La différence entre les densités moyennes de fibres du muscle gros anconé des animaux culards et normaux de trois mois n'est pas significative.

Chez les animaux de vingt mois, par contre, cette différence, bien que n'atteignant pas l'ampleur notée dans le cas du muscle sternohyoïdien des animaux de même âge ($t = 13,57$), est hautement significative.

C. — *Surface de sections transversales de fibres*

1. *Muscle sternohyoïdien.*

Les sections moyennes des fibres des sujets culards sont inférieures à celles des normaux (tabl. 4). L'écart est plus important à vingt mois qu'à trois mois, ce qui suggère que les dynamiques de croissance des fibres musculaires sont différentes chez les deux types d'animaux. Entre ces deux âges, la section moyenne des fibres des sujets culards s'accroît de 108 p. 100, alors que celle des normaux augmente de 160 p. 100.

2. *Muscle gros anconé.*

Les différences entre les sections moyennes des fibres des sujets normaux et culards ne sont pas significatives.

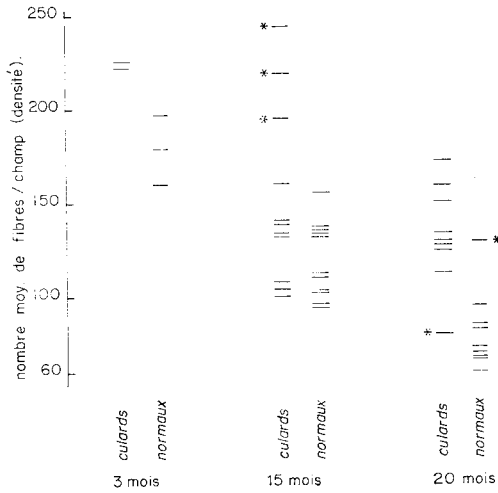


FIG. 2. — *Muscle sternohyoïdien* : densité de fibres par unité de surface ($1,2 \cdot 10^5 \mu^2$) de sections transversales de faisceaux, valeurs moyennes individuelles. Trois culards de quinze mois, un culard et un normal de vingt mois présentent des densités de fibres aberrantes (*)

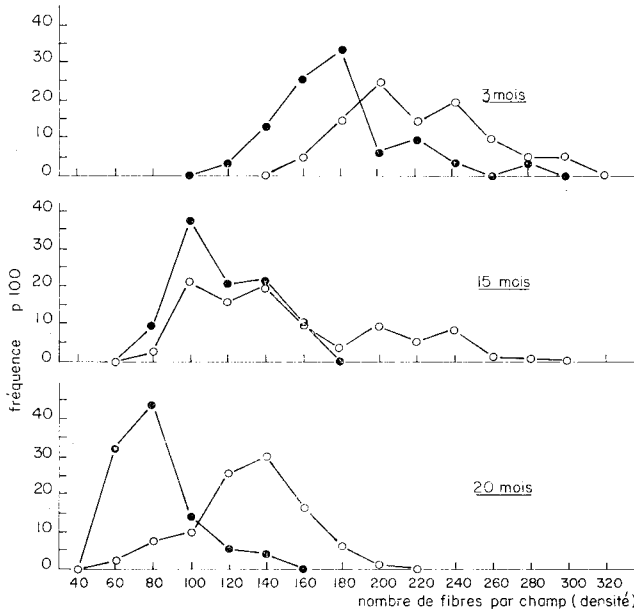


FIG. 3. — *Muscle sternohyoïdien* : distribution de fréquence des champs microscopiques ($1,2 \cdot 10^5 \mu^2$) en fonction de leur densité de fibres (intervalle de classe : 20 fibres)

TABEAU 3
Dénombrement des fibres par unité de surface ($1,2 \cdot 10^5 \mu^2$) de sections transversales de faisceaux musculaires

Muscle	Age (mois)	Type	Nombre d'animaux	Nombre de champs	Nombre moyen de fibres par champ : \bar{D}	Écart-type	t (1)	$\frac{\bar{D}_N}{\bar{D}_c}$
Sterno-hyoïdien	3	culard normal	2	20	222,700	34,764	4,58**	0,797
			3	30	177,500	33,193		
	15	culard normal	41	410	151,018	49,152	6,31**	0,784
			41	440	118,518	22,806		
	20	culard normal	9	90	132,522	28,831	13,57**	0,616
			9	90	81,655	20,700		
Gros auconé	3	culard normal	2	20	155,200	25,641	0,86 NS	0,954
			3	30	148,166	30,905		
	20	culard normal	9	90	57,583	16,429	3,05**	0,883
			9	90	50,900	11,904		

(1) **: écart hautement significatif ($P < 0,01$).

NS : écart non significatif ($P > 0,05$).

TABLEAU 4
Surface des sections transversales de fibres musculaires

Muscle	Age (mois)	Type	Nombre d'animaux	Nombre d'observations	Surface moyenne S (μ^2)	Écart-type (μ^2)	t (1)	$\frac{S_{\sigma}}{S_N}$																																																		
Sterno-hyoïdien	3	culard normal	2	200	438,438	266,700	6,54**	0,792																																																		
			3	300	552,916	260,391			45	culard normal	9	900	756,061	590,925	4,25**	0,834		9	900	905,872	467,263	20	culard normal	9	900	910,552	568,841	11,78**	0,633		9	900	1 436,886	791,027	Gros anconé	3	culard normal	2	480	702,425	451,408	0,24 NS	1,012		3	720	693,580	444,172	20	culard normal	9	675	2 209,519	1 346,877	1,39 NS	0,942		9
	45	culard normal	9	900	756,061	590,925	4,25**	0,834																																																		
			9	900	905,872	467,263			20	culard normal	9	900	910,552	568,841	11,78**	0,633		9	900	1 436,886	791,027	Gros anconé	3	culard normal	2	480	702,425	451,408	0,24 NS	1,012		3	720	693,580		444,172	20	culard normal	9	675	2 209,519	1 346,877	1,39 NS	0,942		9	675	2 343,152	1 148,555									
	20	culard normal	9	900	910,552	568,841	11,78**	0,633																																																		
			9	900	1 436,886	791,027			Gros anconé	3	culard normal	2	480	702,425	451,408	0,24 NS	1,012		3	720	693,580		444,172	20	culard normal	9	675	2 209,519	1 346,877	1,39 NS	0,942		9	675	2 343,152	1 148,555																						
Gros anconé	3	culard normal	2	480	702,425	451,408	0,24 NS	1,012																																																		
			3	720	693,580	444,172				20	culard normal	9	675	2 209,519	1 346,877	1,39 NS	0,942		9	675	2 343,152	1 148,555																																				
	20	culard normal	9	675	2 209,519	1 346,877	1,39 NS	0,942																																																		
			9	675	2 343,152	1 148,555																																																				

(1) ** : écart hautement significatif ($P < 0,01$).

NS : écart non significatif ($P > 0,05$).

Une décomposition de la variance sur un modèle hiérarchique à trois niveaux : type, animal, photographie, est réalisée sur les données de surface des sections de fibres du muscle sternohyoïdien des animaux de quinze et vingt mois, et du muscle gros anconé des animaux de vingt mois (tabl. 5).

Dans les trois cas, le pourcentage de la variance générale attribuable aux facteurs incontrôlés est très fort. L'effet du type (culard ou normal) n'est sensible que pour les sections de fibres du muscle sternohyoïdien, et notamment celles des animaux de vingt mois.

TABLEAU 5

Estimation de la variance attribuable aux différentes sources, en pourcentage de la variance générale, pour les données de surface des sections transversales de fibres musculaires.

Muscle	Age (mois)	Sources de variation			
		Type	Animal	Photo	Résiduelle
Sternohyoïdien.....	15	1,17	22,15	4,11	72,55
	20	21,22	14,38	3,74	60,64
Gros anconé	20	nulle	19,68	3,17	77,14

IV. — DISCUSSION ET CONCLUSION

Les deux techniques d'étude du tissu musculaire mises en œuvre ici (dénombrements des fibres par unité de surface de sections transversales de faisceaux et mesures de sections transversales de fibres) conduisent à des résultats analogues.

Les fibres du muscle gros anconé, qui est hypertrophié chez les culards, ont des sections moyennes semblables chez les deux types d'animaux, aux âges considérés. Par contre, le muscle sternohyoïdien des culards présente des fibres de section moyenne inférieure à celle des normaux, la différence s'accroissant entre trois et vingt mois (fig. 4).

SMITH (1949), aux États-Unis, rapporte que les fibres musculaires des culards ne sont pas hypertrophiées, sans autres détails.

ASHDOWN (1967), en Grande-Bretagne, précise, quant à lui, que sept muscles (*semi tendinosus*, *gluteus medius*, *diaphragm pars sternalis*, *diaphragm pars costalis*, *latissimus dorsi*, *biceps femoris*, *obliquus abdominis externus*), prélevés sur un veau de 188 lb vif, très nettement culard, ne possèdent pas de fibres hypertrophiées. Cependant, comme chacun de ces muscles est plus volumineux, chez cet animal, que son homologue chez les témoins normaux de même âge, ASHDOWN, comme SMITH (1949), suggère l'existence d'une hyperplasie des fibres. C'est également la conclusion de la présente étude.

A partir de ces résultats, un certain nombre d'hypothèses peuvent être formulées sur les processus de développement et de croissance du système musculaire des culards.

Tout d'abord, l'hyperplasie probablement générale des fibres musculaires, chez ce type d'animal, serait due à une multiplication anormalement active des myoblastes. Elle conférerait une potentialité d'hypertrophie à tous les muscles.

Cependant, cette hypertrophie ne s'exprimerait qu'au niveau de certains muscles, ceux qui ont une activité mécanique particulière ou qui sont les mieux placés par rapport aux gradients de croissance du système musculaire (le gros anconé et les muscles étudiés par ASHDOWN, en particulier).

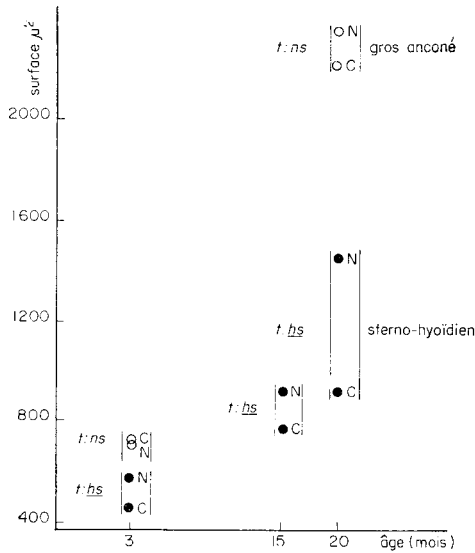


FIG. 4. — Muscles sterno-hyoïdien et gros anconé : surfaces moyennes des sections transversales de fibres
Évolution en fonction de l'âge des animaux
(N : normal, C : culard)

Ces muscles se distinguent déjà chez l'animal normal, par des fibres de plus grosse section. En effet, la section moyenne des fibres du gros anconé est, à trois mois, supérieure de 25 p. 100 à celle des fibres du sterno-hyoïdien ; à vingt mois, cette différence atteint 63 p. 100.

La différence de croissance des fibres des divers muscles est accentuée chez le culard. L'allométrie musculaire, normale de l'espèce, est ainsi amplifiée. En effet, les surfaces moyennes des fibres du gros anconé sont, à trois mois et à vingt mois, respectivement supérieures de 60 et 143 p. 100 à celles du sterno-hyoïdien. Ceci signifie, en d'autres termes, que les fibres du gros anconé ont des croissances moyennes égales chez les deux types d'animaux, alors que celles du sterno-hyoïdien ont une croissance ralentie chez les culards.

Reçu pour publication en décembre 1967.

SUMMARY

STUDY OF THE DOUBLE-MUSCLED CHARACTER
III. — MICROSCOPICAL COMPARISON OF MUSCLES FROM NORMAL
AND DOUBLE-MUSCLED « CHAROLAIS » STEERS

The histological muscular structure of double-muscled and normal steers was compared in three batches of *charolais* steers at 3, 15 and 20 months of age.

Samples were cut out of 2 muscles : the great ancon (*caput longum tricipitis brachii*) which enlarged in double-muscled animals ; and the sternohyoïdian, which shows no such hypertrophy.

The fibers of the sternohyoïdian muscle of double-muscled animals are thinner than in the controls, the difference being the greater as the animal is older. The great ancon muscle shows no noticeable difference from the control in microscopical structure, at 3 and 20 months of age (tables 3 and 4).

Our results, in accordance with SMITH's (1949) and ASHDOWN's (1967) seem to show that double-muscled animals are characterized by a peculiar growth and development of their muscular system.

First, a faster reproduction of myoblasts would lead to an hyperplasia of fibres, which could potentially give way to hypertrophia of all muscles. Some muscles, like the great ancon, depending upon their mechanical activity or their position in relation to the developmental gradient of the muscular system, would express hypertrophia as normal growth of their more numerous fibres. On the contrary, the fibres of muscles less favourably situated would remain very thin throughout the animal's life, because of their delayed and slower growth ; and these muscles, like the sternohyoïdian, would show no hypertrophia.

Thus, the differences in growth of fibres between the various muscles already existing in normal steers would be increased in double-muscled animals.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1966. Document de travail sur les recherches françaises concernant le caractère culard. *Journées d'études de la Fédération Européenne de Zootechnie*, Édimbourg, 10-12 août. 35 pp., ronéoté.
- ASHDOWN R. R., 1967. Communication personnelle : détails des travaux évoqués par Mc KELLAR (1960).
- LAUVERGNE J.-J., VISSAC B., PERRAMON A., 1963. Étude du caractère culard, I. Mise au point bibliographique. *Annls. Zootechn.*, **12**, 135-156.
- MAC KELLAR J. C., 1960. The occurrence of muscular hypertrophy in *South Devon Cattle*. *Vet. Rec.*, **72**, 507-510.
- OUIHAYOUN J., HULOT Françoise, ARNAL Thérèse., GILLOIS M., BEAUMONT A., 1964. Note préliminaire sur l'étude histologique des bovins culards. *Journées d'études de la Fédération Européenne de Zootechnie*. Lisbonne. octobre, 9 pp. ronéoté.
- OUIHAYOUN J., 1966. *Anatomie microscopique comparée du tissu musculaire de taureaux de race charolaise, des types normal et culard*. Diplôme d'études supérieures, Fac. Sci., Paris, 40 pp. ronéoté.
- PEARSE A. G. E., 1961. *Histochemistry, theoretical and applied*. 2nd ed., 817-818. J. and A. Churchill, London.
- RAIMONDI R., 1957. Studio sui bovini *piemontesi* « a groppa doppia ». *Annali Accad. Agric. Torino*, **99**, 60 pp.
- SMITH W. N., 1949. *The occurrence of the double-muscled character in beef cattle*. M. Sci., Thes., Kansas St. Coll. agr. Appl. Sci., 65 pp. ronéoté.

I. N. R. A.
BIBLIOTHEQUE UO 359
DOMAINE DE CROJEL
63039
CLERMONT-FD CEDEX :