

B.L. DUMONT

Laboratoire de recherches sur la viande de l'INRA - CNRZ, 78350 Jouy en Josas, France

La viande est une population de fibres musculaires de différents types métaboliques et contractiles dont l'organisation est structurée par du tissu conjonctif. Le schéma de distribution de ce tissu au sein du muscle est maintenant bien établi. Chaque fibre est enveloppée et intimement protégée par un premier élément du conjonctif, l'endomysium, lui-même recouvert par du périmysium. Entre les fibres, le périmysium constitue un réseau qui assure leur cohésion et leur regroupement en faisceaux (ROWE, 1981). Le premier ordre de faisceaux que l'on observe dans le muscle est habituellement dénommé faisceau primaire. Ces faisceaux sont réunis entre eux par un réseau de périmysium dont l'architecture est relativement complexe et doit être décrite par un grand nombre de caractères (SCHMITT *et al* 1979). On a montré l'intérêt de la description des caractères morpho-anatomiques du périmysium tant pour différencier les types de muscles (DUMONT *et al* 1977, SCHMITT 1978, SCHMITT *et al* 1980) que pour étudier les relations existant entre le périmysium et les propriétés de texture des viandes et notamment leur dureté/tendreté (DUMONT *et al* 1977, DUMONT 1983). Les perspectives d'utilisation de ces caractères pour la qualification des viandes en pratique restent à étudier. Le présent travail rapporte les résultats d'une étude envisagée dans ce but dans le cas de la viande bovine et discute les possibilités d'utilisation des images du périmysium dans l'industrie des viandes.

MATERIEL ET METHODES

On a considéré de la viande de taurillons de race Normande de 16 mois et d'un poids vif de 520 Kg. Les animaux (N = 4) ont été abattus au CNRZ et soumis à un refroidissement lent pendant 24 heures pour éviter le phénomène de cryochoc (ou "cold shortening"). Les carcasses (de 290 Kg) ont été ensuite conservées pendant une semaine à + 2°C puis découpées et on a prélevé, de façon standardisée des échantillons sur les muscles suivants :

- Adductor, (AD)

- Psoas major, (PM)
 - Rhomboideus, (RH)
 - Semitendinosus (ST)
 - Splenius, (SP)
 - Teres major, (TM)
 - T. brachii cap. laterale (TB).
- Sur une tranche médiane de 12 mm d'épaisseur on a prélevé des éprouvettes de 12,7 mm de diamètre pour mesurer la force de cisaillement (Fen NEWTON) de la viande crue à l'aide de l'appareil de Warner-Bratzler. Sur des tranches adjacentes, de part et d'autre de la tranche médiane :
- d'une part on a débarassé le muscle de son épimysium puis on l'a lyophilisé ; sur produit sec on a déterminé la teneur en azote total selon KJELDHAL et la teneur en hydroxyproline. La valeur du rapport $C \{(N \text{ hydroxyproline}/N \text{ total}) \times 1000\}$ a été retenue pour caractériser la teneur en collagène.
 - d'autre part, on a procédé selon la méthode de SCHMITT et DUMONT 1969, à l'inclusion histologique pour obtention des coupes de 10 à 15 μm d'épaisseur de l'ensemble de la surface de section du muscle ; après coloration à la picrofuschine de VAN GIESON les coupes ont été projetées sur grand écran et les différents caractères du pérимыsium ont été mesurés et jugés par le personnel du laboratoire d'histologie selon la méthode mise au point par leurs soins (tableau 1).
- Les données obtenues ont été analysées par la méthode d'analyse multidimensionnelle des données centrées (LEFEBVRE 1976) en deux étapes :
- a) une première analyse (A1) a porté sur les 26 caractères morphoanatomiques du pérимыsium ;
 - b) dans un second temps (A2) l'analyse a pris en compte en plus des caractères morphoanatomiques du pérимыsium la valeur de la force de cisaillement (F) et la teneur en collagène (C).
- RÉSULTATS**
- Dans la première analyse (A1) le pourcentage de variation expliqué par les différents axes successifs atteint, pour les cinq premiers axes 74 pour cent, comme l'indique le tableau 2 qui précise, pour chaque axe, les variables les plus discriminantes déterminant pratiquement chacun des axes. Dans le cas où 2 variables jouent un rôle important celle qui intervient secondairement dans la détermination de l'axe est indiquée entre parenthèses. Le tableau 2 indique aussi la part apportée par chacun des axes à l'explication de la variation.
 - Sur chacun des axes les muscles se disposent en groupes, se distinguant plus ou moins nettement des autres. Le tableau 3 indique sur quel axe (1, 2 ou 3) sont réalisées les séparations entre muscles. On voit ainsi que dans l'espace des trois premiers axes la plupart des muscles se distinguent très nettement les uns des autres. La séparation la plus nette concerne ST et TB. AD ne se distingue pas de PM, ni de SP.
 - On doit noter aussi que, dans chaque type de muscle, on observe une dispersion des individus qui traduit une certaine hétérogénéité des résultats de ce muscle.
 - Les relations entre caractères morphoanatomiques apparaissent déjà au tableau 2 en ce qui concerne les

TABEAU 1 - CARACTERES MORPHO - ANATOMIQUES DE LA TRAME PERIMYSIALE

N° de la variable	Nature des variables	Mode d'appréciation	
		objectif	subjectif
1.	Importance du tissu conjonctif pérимыsial total		X
2.	Densité du tissu conjonctif pérимыsial total		X
3.	Degré de structuration		X
4.	Structuration atypique		X
5.	Répartition de l'épaisseur de la trame		X
6.	Epaisseur moyenne de la trame principale		X
7.	Type de forme parmi les faisceaux principaux		X
8.	Forme dominante des faisceaux principaux		X
9.	Dimension des faisceaux principaux		X
10.	Présence de faisceaux principaux de petite taille		X
11.	Importance des faisceaux principaux de petite taille		X
12.	Relation forme - dimension des faisceaux principaux		X
13.	Uniformité de l'épaisseur de la trame principale		X
14.	Forme des sommets		X
15.	Fréquence des noeuds		X
16.	Taille des noeuds		X
17.	Hétérogénéité de la trame pérимыsiale secondaire		X
18.	Finesse des trames pérимыsiales secondaires		X
19.	Présence d'étoiles conjonctives		X
20.	Nombre des vaisseaux sanguins	X	X
21.	Taille des vaisseaux sanguins		X
22.	Taches conjonctives		
23.	Taille moyenne des faisceaux principaux selon la largeur du muscle	X	
24.	Taille moyenne des faisceaux principaux selon l'épaisseur du muscle	X	
25.	Densité moyenne des faisceaux principaux selon la largeur du muscle	X	
26.	Densité moyenne des faisceaux principaux selon l'épaisseur du muscle	X	

* cf SCHMITT et al, 1979

TABLEAU 2 : IMPORTANCE DES DIFFERENTS CARACTERES DANS LA DETERMINATION DES AXES

Axe	Analyse A ₁		Analyse A ₂	
	Contribution (%)	Variables explicatives	Contribution (%)	Variables explicatives
Axe 1	29,2	12 // 11	27,3	12 // 11
Axe 2	18,2	15(11)// (9)23	17,7	15(11)// (9)23
Axe 3	9,7	20 // 18	10,7	20 // (18)28
Axe 4	9,7	20 // 17	8,8	20 // 17
Axe 5	7,8	11 // 16	7,4	11 // 16

oppositions entre variables. L'analyse détaillée des positions des variables dans l'espace tridimensionnel des 3 axes 1, 2, 3 (non représenté ici, en raison des difficultés matérielles de sa réalisation graphique) révèle aussi des proximités remarquables entre les variables, principalement celles des ensembles (14, 25, 26), (8, 13), (9, 23, 24), (3, 10), (5, 19, 22). On relève aussi des oppositions caractéristiques (//) comme celles des ensembles (12//20), (9, 23, 24//14, 25, 26). Le pourcentage de variation expliqué par les différents axes est pour la seconde analyse A₂ du même ordre de grandeur (Tableau 2) que pour A₁. Les variables les plus discriminantes sont aussi les mêmes pour la détermination des axes 1, 2, 4 et 5. Ce n'est que pour l'explication de l'axe 3 que la variable 18 perd relativement un peu de son importance au profit de la variable 28 qui assure, en opposition avec la variable 20 une part importante de la détermination de l'axe 3.

Les séparations entre muscles (Tableau 3) sont, dans l'ensemble un peu plus marquées dans la seconde analyse que dans la première. Malgré tout il n'est toujours pas possible de distinguer SP de AD, ni de RH. La comparaison de la position des différents muscles dans l'espace tridimensionnel (non représenté ici pour les raisons matérielles indiquées) montre que pour A₂, par rapport à A₁, la position des muscles est peu modifiée sur l'axe 2, sauf pour TB qui s'écarte un peu plus de AD et PM. Sur l'axe 3 on observe, aussi, une remontée de AD qui se sépare nettement de TB.

La comparaison de la position des variables met en évidence en A₂ des proximités remarquables déjà

déjà apparue en A₁, comme (14, 25, 26), (3, 10), (5, 19, 22), (8, 13) ou (3, 10). Par contre l'association (23, 24) n'intéresse plus la variable 9. On retrouve aussi les oppositions déjà signalées en A₁, comme (12//20), mais dans l'opposition (14, 15, 26//11, 23, 24), la variable 9 ne figure plus et l'opposition ne concerne plus, pratiquement que 23, 24.

TABLEAU 3 : SEPARATION DES MUSCLES DANS LES DEUX ANALYSES

		ANALYSE A ₁					
		PM	RH	ST	SP	TM	TB
ANALYSE A ₂	AD		2	2		1,2	2
	1,3	PM	3	1,2	1	1,2	3
	2	2,3	RH	1,2	3	1,3	1
	2	1,2	1,2,3	ST	1,2	1	1,2,3
		1,3		2	SP	1	3
	1,2	1,2	1,3	1	1	TM	3
	1,2,3	2,3	1	1,2,3	1,2	3	TB

DISCUSSION

La variation existant dans la population de muscles étudiés repose sur les différences existant entre les caractères. La liste des variables du tableau 2 définissant les axes successifs classe, en quelque sorte, ces caractères selon leur pouvoir de séparation à l'intérieur de la population. Les caractères de la trame périnysiale principale sont à envisager en premier sur les axes 1 et 2. L'examen de la surface de section renseigne sur la forme et les dimensions des faisceaux principaux (FP). Selon les cas les FP peuvent avoir des formes et (ou) des dimensions voisines ou au contraire

présenter des formes très différentes et des dimensions variables. Dans l'échantillon considéré ici on observe sur l'axe 1 une liaison entre la fréquence élevée de FP de petite taille et l'homogénéité apparente - qui est celle d'une trame isomorphe et isométrique. L'aspect des muscles qui ont peu de FP de petite taille est hétérogène. L'augmentation de la dimension moyenne des FP va de pair avec la diminution de la fréquence relative des "noeuds" correspondant aux renflements et épaississements rencontrés à la jonction des différents FP. A l'inverse, la réduction de la taille moyenne des FP s'accompagne d'un accroissement de la fréquence des noeuds.

Les axes 3 et 4 font intervenir les caractères de la trame périnysiale secondaire. L'augmentation du nombre des vaisseaux sanguins visibles (à un grandissement X10) va dans le même sens que la réduction de l'épaisseur de la trame périnysiale secondaire et que la diminution de son hétérogénéité.

Sur l'axe 5 l'accroissement de la fréquence des FP de petite taille s'accompagne d'une diminution de la taille des noeuds.

Les autres relations qui apparaissent sous la forme des proximités de voisinage dans l'espace tridimensionnel sont celles qui concernent les associations suivantes :

- * la densité moyenne des FP (nombre de faisceaux principaux sur le grand axe ou le petit axe du muscle) et la forme des sommets, plus pointue si les densités sont plus fortes, i.e., si les FP sont plus petits,

- * la relation forme dominante des FP et l'épaisseur de la trame qui est plus homogène lorsque les FP sont très allongés,

- * la présence de FP de petite taille qui va de pair avec les degrés de structuration élevés.

On doit aussi considérer l'opposition existant entre le nombre des vaisseaux sanguins et l'hétérogénéité de l'aspect du périnysium principal.

Les localisations des différents muscles dans l'espace multidimensionnel s'expliquent par le profil général des différentes variables, qui les situent préférentiellement dans les zones particulières de l'espace.

Ainsi TM se distingue par l'hétérogénéité de l'aspect général de la trame, comme aussi TB mais dont les FP sont de plus grande taille, alors que ST a plus de FP de petite taille et de noeuds. AD se distingue par la dimension de ses FP et PM par la finesse des épaisseurs périnysiales.

L'analyse A2 a permis de situer les valeurs de F et C par rapport aux autres variables. Malgré la grande variation existant d'un muscle à l'autre tant dans les forces de cisaillement (variation de 18,9 à 97,4 N) ou dans les valeurs de C (variation de 1,26 à 6,79) l'introduction de ces variables dans l'analyse n'a pas permis d'assurer une séparation plus affinée des muscles que celle qui est réalisée dans l'analyse A1.

Dans l'espace des trois premiers axes F et C ne sont pas localisés à proximité très rapprochée l'un de l'autre, ce qui traduit le fait que la relation entre F et C n'est pas très étroite et qu'à teneur équivalente en collagène on peut observer, selon les muscles, des valeurs moyennes de F (sur l'ensemble du muscle) assez différentes. C'est le cas, ici, pour les comparaisons entre AD et TM ou entre RH

et TB. Si l'on admet que la composante myofibrillaire de la force de cisaillement est la même pour les différents muscles on peut considérer que l'effort de cisaillement par unité de collagène (rapport F/C) peut dépendre d'un facteur lié à des caractères du périnysium autres que la quantité globale.

Celle-ci est essentiellement déterminée par les variables significatives sur l'axe 3, et qui varient dans le même sens qu'elle, comme l'épaisseur de la trame périnysiale secondaire, la dimension moyenne des faisceaux principaux, l'épaisseur moyenne de la trame principale ou qui lui sont opposés (comme le nombre des vaisseaux sanguins).

F est plus dépendant que C des caractères qui déterminent les deux premiers axes et spécialement l'axe 2. L'opposition à la taille moyenne des FP, spécialement selon la largeur du muscle doit être soulignée, de même que la liaison avec la densité du tissu conjonctif périnysial total.

CONCLUSION

Les conclusions de l'étude présentée sont nécessairement limitées par la nature de l'échantillon animal considéré. De tels types d'analyse devraient intéresser dans des travaux ultérieurs un nombre plus grand de muscles et surtout porter sur des types d'animaux de différentes races et sexes. Les limites des conclusions proviennent aussi des méthodes employées.

La caractérisation réalisée par la méthode de SCHMITT *et al* (1979) a un caractère global et ne peut pas prendre en compte toutes les mesures existant dans l'organisation du périnysium. L'emploi de systèmes subjectifs d'appréciation appliqués à de nombreux caractères a les mêmes conséquences. On peut s'attendre dans le futur à ce que les techniques d'analyse automatique d'images, qui sont en train de se mettre au point aussi bien dans les appareils pour obtenir, stocker et traiter les images que dans les programmes de calculs pour les interpréter, permettent une objectivation des mesures les plus intéressantes.

Les résultats de cette étude suggèrent pour la caractérisation objective des viandes sur la force de cisaillement l'hypothèse de l'intérêt de la prise en compte des caractéristiques relevées sur le périnysium par balayage linéaire du muscle selon un (ou n) axes privilégiés. A l'issue d'un tel balayage il est possible de connaître dans une direction donnée

- le nombre des parois de la trame périnysiale,

- la fréquence de distribution de leur épaisseur et celle de leurs espacements,

qui sont trois des éléments qui définissent les caractères révélés dans ce travail comme important pour la détermination de F et de C.

L'imagerie par RMN qui est déjà en cours de développement pour certains aspects d'anatomie tomographique (LISTER, 1984) devrait à l'avenir, grâce à des résolutions adaptées aux dimensions des images des détails des trames périnysiales, permettre la caractérisation sur muscles entiers *in situ* du périnysium. Cette perspective renforce l'intérêt des études à conduire sur les caractères morpho-anatomiques du périnysium tant dans le domaine de la biologie musculaire que dans celui de la technologie

carnée où la texture des viandes est l'un des paramètres essentiels de la qualité de la matière première.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée avec l'aide appréciée de J. MORAND pour la préparation anatomique des échantillons, de E. HUDZIK et Th. MERA pour la réalisation des mesures de F et de C, de Th. DEGAS, P. PEROT et O. SCHMITT pour la réalisation des coupes histologiques et leur jugement. Le traitement statistique des données par analyse multidimensionnelle a bénéficié de la coopération de J. LEFEBVRE et de l'assistance de E. ABUSTAM.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DUMONT B.L., LEFEBVRE J., SCHMITT O., BARBU S., 1977. Relations entre les caractères de la trame conjonctive et la dureté de la viande bovine. 23th Eur. Meet. Meat Res. Workers, Moscou, 5-9 sept. 1977.
- F4//DUMONT B.L., 1983. Densité linéaire de la trame périmsiale et dureté de la viande bovine. Réun. Cherch. Viande. Paris 2-4 mars 1983 Viandes et Produits carnés. N° spécial p. 87 // LEFEBVRE J., 1976. Introduction aux analyses statistiques multidimensionnelles, Masson édit, Paris, 219 p. // LISTER D., 1984. In vivo measurement of body composition in meat animals. Commission of the European Communities Elsevier applied Science Publishers, England, 241 p. // ROWE R.W., 1981. Morphology of perimysial and endomysial connective tissue in skeletal muscle, Tissue and Cell, 13,4, p. 681-690. // SCHMITT O., 1978. Etude comparative de la trame conjonctive intramusculaire de différentes espèces d'animaux (bovins, ovins, porcins et caprins). Réun. Cherch. Viande, Paris 13-14 déc. 1977 (Résumé). - in Ann. Technol. Agric., 27 (2) 1978, p. 568-569. // SCHMITT O., DUMONT B.L., 1969. Méthodes d'analyse de la structure musculaire. Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys., 9 (1), p. 123-134. // SCHMITT O., DEGAS Th., PEROT P., LANGLOIS M.R., DUMONT B.L., 1979. Etude morpho-anatomique du périmsium. Méthodes de description et d'évaluation. Ann. Biol. anim. Biochim. Biophys., 19(1A) p. 1-30. // SCHMITT O., DUMONT B.L., LEFEBVRE J., 1980. The effect of the hypertrophied type on morpho-anatomical characteristics of the perimysium in the Maine-Anjou breed. In "Muscle hypertrophy of genetic origin and its use to improve beef production" E.E.C. Seminar, Toulouse, June 11-12, 1980. Current topics in veterinary medicine and animal science. King J.W.B. and Méniessier F. (Ed), Martinus Nijhoff (Pub.), the Hague (1982), 16, 205-218.