

Bull. Acad. Vét. de France, 1985, 58, 291-307

Détermination par histoenzymologie et analyse d'image des différents types de fibres musculaires dans le triceps brachial de jeunes bovins normaux et à coupe sombre

par **M. COLIN, S. ROCHE-FONDEUR et G. MOUTHON***
avec la collaboration technique de Mme C. ELBAZ, Mlle M.F. BOSCHER
et Mlle V. LAINE

RÉSUMÉ

Sur des prélèvements de muscle triceps brachii de jeunes bovins traités par histoenzymologie et analyse d'image, il a été possible de montrer que lorsque le pH reste élevé sur la carcasse après abattage, une forte déplétion glycogénique affecte les fibres musculaires, en particulier des fibres II_A.

L'altération de type « viande à coupe sombre » (Dark Cutting) pourrait être évaluée par la répartition des fibres II_A, et II_B et le rapport $\frac{II_A}{II_B}$, sans doute avant l'abattage, à partir d'une biopsie.

Mots clés : Viande - pH élevé - Histoenzymologie - Fibres - Analyse d'image.

SUMMARY

**DETERMINATION USING HISTOENZYMOLGY AND IMAGE ANALYSIS
OF THE DIFFERENT TYPES OF MUSCLE FIBERS IN TRICEPS BRACHII OF NORMAL
AND «DARK CUTTING» BABY BEEF**

Samples of baby beef muscle (triceps brachii) have been treated by histoenzymology and image analysis.

It has been shown that when the pH of the carcass remains at a high level after slaughtering, muscular fibers, especially II_A fibers are affected by a heavy lack of glycogen.

Repartition of types of fibers II_A and II_B, as well as the ratio $\frac{II_A}{II_B}$ could be a key to evaluate the alteration « Dark Cutting » (viande à coupe sombre).

This could be done before slaughtering through treatment of biopsy samples.

Key words : Meat - High pH - Histoenzymology - fibers - Image analysis.

* Laboratoire de Physique et Chimie Biologiques et Médicales E.N.V.A.

INTRODUCTION

Certaines catégories d'animaux de production, en particulier le jeune bovin de boucherie (J.B.B.), peuvent être touchées par une anomalie musculaire latente, non décelable du vivant de l'animal, et se traduisant par l'apparition sur la carcasse d'une couleur sombre de la viande. Ce phénomène de « viande à coupe sombre » est à l'origine d'une perte économique considérable du fait de la dépréciation des carcasses atteintes.

La différenciation histoenzymologique des fibres musculaires, et l'étude par analyse d'image de leurs principaux caractères morphométriques (surface, pourcentage, densité) nous a semblé être un élément intéressant dans l'étude de cette altération.

Nous avons donc dans un premier temps établi les caractéristiques histométriques d'un muscle de référence (le triceps brachii), sur 2 lots de jeunes bovins de race différente, ayant tous donné une viande normale. Nous avons ensuite amorcé une recherche des caractères spécifiques des fibres du tissu musculaire de jeunes bovins ayant donné une viande à coupe sombre.

I. DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

1° RAPPEL DES CARACTÈRES HISTOENZYMOLOGIQUES DES FIBRES MUSCULAIRES

Définition des types de fibres (d'après FARDEAU, 1973)

BROOKE et KAISER, en 1970, ont utilisé une gamme de pH de préincubation pour différencier 2 types principaux :

- Fibres I (alcali-sensibles) donc claires à pH 9,4.
- Fibres II (acido-sensibles) elles-mêmes divisées en :
 - fibres II_a qui ont une activité ATPasique négative après préincubation à pH 4,63 (ou 4,55) ;
 - fibres II_b qui ont une activité ATPasique négative après préincubation à pH 4,3 ;
 - fibres II_c qui conservent une faible activité après préincubation à pH 4,3.

ASHMORE et DOERR, en 1971, proposent à leur tour une classification en 3 types. En utilisant la préincubation à pH 9,4 ils distinguent des fibres α à forte activité ATPasique, et des fibres β à faible activité. D'autre part, ils dénomment R (red) les fibres à forte

activité oxydative (caractérisée par une forte activité SDH), et W (white) les fibres à faible activité oxydative. Ils définissent ainsi :

- Des fibres α R, oxydatives, à forte activité ATPasique.
- Des fibres β R, oxydatives, à faible activité ATPasique.
- Des fibres α W, non oxydatives, à forte activité ATPasique.

La signification physiologique

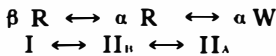
L'activité ATPasique conditionne la vitesse de modification de la tête de myosine lors du phénomène contractile, ainsi que la rapidité de formation et de destruction des complexes actomyosine. Elle est donc directement liée à la vitesse de contraction.

L'activité métabolique

Les fibres oxydatives et oxydo-glycolytiques seront résistantes à la fatigue ; en effet, les caractéristiques du métabolisme oxydatif permettent une activité de longue durée. Par contre, les fibres glycolytiques, dont le métabolisme a des capacités limitées, s'épuisent rapidement.

Histoenzymologie du muscle de bovins

Il existe entre les populations de fibres un véritable équilibre dynamique, que l'on peut schématiser comme suit : (ASHMORE et coll., 1972).



Ainsi, il se produit en période prénatale une transformation $\alpha R \rightarrow \beta W$ qui devient ensuite dépendante de l'activité du muscle :

- Elle est importante dans les muscles les moins actifs qui seront composés en majorité de fibres αW (ou II_a , glycolytiques, à contraction rapide).
- Elle est faible dans les muscles à activité soutenue qui contiennent essentiellement des fibres αR (ou II_b , oxydoglycolytiques à contraction rapide).

Les fibres αW étant en général de section supérieure à celle des fibres αR , toute transformation $\alpha R \rightarrow \alpha W$ va dans le sens d'une augmentation du volume musculaire.

Cette modification qui a l'intérêt d'accroître la production de viande pour un animal donné pourrait se faire aux dépens de la qualité de celle-ci. En effet, le type métabolique des fibres conditionne leur résistance à la fatigue, et également leur réponse au stress qui fait appel au métabolisme glucidique.

2° PATHOGÉNIE DE L'ALTÉRATION « VIANDE A COUPE SOMBRE »

Ces viandes se caractérisent par une rigidité cadavérique d'installation précoce et de durée prolongée. Douze à vingt-quatre heures après l'abattage elles se distinguent des viandes normales par l'apparition des caractères suivants : (ROZIER, 1982).

- Une couleur sombre (souvent pourpre à violacée).
- Une texture collante, poisseuse.
- Une consistance ferme.
- Un mauvais pouvoir de conservation.

Ces caractéristiques leur ont valu les dénominations anglo-saxonnes de viandes DFD (Dark, Firm, Dry = sombres, dures, sèches) ou DARK-CUTTING (coupe sombre).

De nombreuses études ont montré que l'apparition de ces défauts de qualité est subordonnée à l'évolution du pH de la carcasse, qui résulte elle-même de phénomènes physico-chimiques déclenchés par la mort de l'animal.

a) *Evolution du pH* (GIRE, 1976 ; MONIN, 1979-1981 ; ROZIER, 1982)

Le pH du muscle vivant est sensiblement neutre. Après la mort, il tend à s'acidifier. En effet, l'ATP musculaire va être hydrolysé, essentiellement sous l'action de l'ATPase de la myosine.

Dans une première phase, l'ATP disparaît lentement car sa dégradation est momentanément compensée par la phosphocréatine, puis par le glycogène musculaire. La saignée ayant placé le muscle en état d'anoxie, le Glucose 6 phosphate libéré par l'hydrolyse du glycogène sera dégradé par la voie anaérobie en produisant de l'acide lactique.

Comme l'indiquent MONIN et VALIN, il semblerait que l'acidification post-mortem du muscle résulte essentiellement de la libération de protons par la réaction d'hydrolyse de l'ATP.

Dans les conditions normales, les enzymes de la glycolyse sont inactivées lorsque le pH atteint une valeur de 5,4-5,8 : cette valeur est appelée pH ultime.

L'ATP n'est plus reconstitué et disparaît rapidement. Il y a alors formation du complexe actine/myosine qui ne pourra plus se dissocier. Ce phénomène qui reproduit la « superprécipitation » *in vitro* correspond à l'état de rigor mortis.

Par la suite, la libération d'enzymes protéolytiques (les cathepsines) actives à pH 5,5-5,8 provoque la lyse des fibres musculaires à l'origine du phénomène de maturation.

Dans le cas des viandes à coupe sombre, l'épuisement des réserves de glycogène survient plus rapidement : le pH se stabilise à des valeurs égales ou supérieures à 6 (ce pH étant généralement considéré comme seuil critique). Ce défaut d'acidification détermine l'apparition des principales anomalies caractéristiques des viandes DFD (encore appelées viandes à pH élevé).

b) *Glycogène musculaire et pH ultime*

Si la vitesse de chute du pH dépend de l'activité ATPasique post-mortem du muscle, la valeur du pH ultime dépend, elle, des réserves disponibles pour la resynthèse d'ATP.

Le pH ultime est donc directement lié au taux de glycogène musculaire un taux insuffisant au moment de l'abattage entraîne l'apparition d'une viande à pH élevé.

Or, le glycogène est dégradé *in vitro* en réponse à une demande énergétique qui peut résulter de 2 phénomènes :

- L'effort musculaire qui consomme la phosphocréatine levant ainsi l'inhibition qu'elle exerce sur la glycogénolyse.

- Le stress qui entraîne la sécrétion de catécholamines stimulant la glycogénolyse et la lipolyse, et de corticoïdes, dont le rôle est encore mal connu.

Ce sont effectivement ces 2 composantes que l'on retrouve dans l'analyse épidémiologique des facteurs induisant l'anomalie coupe sombre, à savoir : mélange d'animaux, transport, attente à l'abattoir, jeûne, stress climatique...

Pendant l'intervention de ces stimuli explique la mise en œuvre *in vivo* de la glycogénolyse mais ne suffit pas à expliquer l'épuisement des réserves glycogéniques de la fibre musculaire déterminant l'apparition d'une viande à coupe sombre.

En effet, la glycolyse intervient en tant que fournisseur d'ATP immédiatement disponible : lors d'une activité musculaire prolongée et modérée (ce qui semble être le cas chez les bovins à coupe sombre) elle est relayée par le métabolisme aérobie. Celui-ci consomme, outre le glucose, des acides gras libres provenant :

- Du milieu extracellulaire, puis quand cet apport devient inférieur aux besoins :

- Des triglycérides de réserves intracellulaires (GIRAUDET, 1978).

Les acides gras constituent donc une voie d'épargne du glycogène. Or, les réserves adipeuses à partir desquelles ils sont mobilisés (sous l'action de l'adrénaline, du glucagon et des corticoïdes) sont virtuellement inépuisables. Cette constatation a conduit LISTER et

SPENCER (1980-1983) à étudier le rôle du métabolisme lipidique dans le déclenchement du Dark Cutting. Ils en déduisent que l'utilisation excessive du glycogène musculaire (et donc la production de viande à pH élevé) résulte d'une stimulation musculaire intense intervenant lorsque la disponibilité et l'utilisation des autres substrats énergétiques, notamment les acides gras, sont diminuées.

c) Influence de la composition du tissu musculaire

Types de fibres et viande à coupe sombre

La relation entre pH élevé et prédominance d'un type métabolique a fait l'objet de plusieurs travaux :

Chez les ovins, les muscles dont le pH post-mortem est le plus élevé semblent être les muscles de type « rouge lent » c'est-à-dire contenant une forte proportion de fibre β R (type I) (MONIN, 1980).

Chez les bovins, MONNIN a montré que le pH ultime est inversement proportionnel à l'activité ATPasique du muscle.

D'autre part, HUNT et HEDRICK observent que les animaux donnant une viande DFD possèdent une proportion plus élevée de fibres α R (type II_b), mais cette constatation est remise en cause par l'apparition d'un pH élevé dans certains muscles pauvres en fibres α R .

Nous rappellerons enfin les travaux d'ASHMORE qui constate que les bovins culards, considérés comme étant plus sensibles au stress possèdent plus de fibres α W que les bovins normaux ; il attribue par suite à ces fibres α W la responsabilité d'une réponse exagérée au stress. Cette conclusion rejoint les résultats obtenus chez le Porc par LINDHOLM et coll. (1979) qui observent une plus forte proportion de fibres α W chez les animaux sensibles au stress, prédisposés à l'altération P.S.E. (Pale, Soft, Exsudative).

Les observations réalisées chez les différentes espèces sont donc relativement hétérogènes. Afin de préciser l'intervention des différents types de fibres, il est apparu intéressant de rechercher de quelle façon s'opérait la glycogénolyse au sein de chacun d'eux.

Types de fibres et déplétion glycogénique

Chez les ovins, MONIN (1980) observe que les fibres α R sont les plus riches en glycogène, les fibres β R en étant par contre presque dépourvues.

Le stress de transport entraîne une déplétion glycogénique très importante dans les fibres β R, moins importante dans les fibres α R, et encore plus faible dans les fibres α W.

L'hypothèse proposée est que les fibres β R s'épuisent plus vite sous l'effet du stress car elles sont moins riches en glycogène : il en résulte une sensibilité particulière des muscles rouges lents chez les ovins.

Chez les bovins, ASHMORE et DOERR ont montré que l'adrénaline entraîne une diminution du glycogène particulièrement marquée dans les fibres α R.

D'autre part, LACOURT et TARRANT montrent que sous l'effet du stress :

- Les fibres α (II) subissent une déplétion glyco-génique intense et précoce, une partie d'entre elles devenant négatives à la révélation du glycogène.

- Les fibres β (I) ne sont sollicitées que tardivement, et n'épuisent pas totalement leurs réserves de glycogène.

Le stress entraîne donc chez les bovins une sollicitation préférentielle des fibres à capacité glycolytique : les fibres α (ou II), les fibres β R (I) n'étant pour leur part recrutées que lorsque les premières sont épuisées. Cette évolution reproduit celle observée chez l'homme lors d'un exercice intense faisant appel au métabolisme anaérobie. Une séquence analogue est également retrouvée par MOUTHON et coll. chez des jeunes bovins de boucherie atteints de myopathie dégénérative.

En conclusion, on peut remarquer que si chez les ovins la pathogénie des viandes à pH élevé semble recevoir une explication cohérente dans la sensibilité particulière des fibres β R, il n'en est pas de même chez les bovins, pour lesquels les mécanismes en jeu demeurent relativement obscurs. Il ressort des travaux réalisés que :

- La glyco-génolyse post-mortem, qui conditionne la chute du pH, est surtout dépendante de l'activité des fibres II, les réserves des fibres I étant rapidement épuisées.

- Ces mêmes fibres II sont les plus exposées à la déplétion glyco-génique in vivo : elles représentent en effet la cible principale du stress du fait de leurs capacités glycolytiques.

- Il n'est pas possible au vu des résultats exposés précédemment d'attribuer la responsabilité de la sensibilité au stress aux fibres II_A ou II_B qui ont été incriminées respectivement dans différents travaux.

D'autres études sont donc nécessaires afin de préciser les facteurs histo-enzymologiques qui semblent représenter un facteur prédisposant de l'altération « coupe sombre » chez les bovins. C'est

dans le but de contribuer à cette recherche que nous avons entrepris la partie expérimentale de notre travail.

II. DETERMINATION DES CARACTERES HISTOENZYMOLOGIQUES DU MUSCLE TRICEPS BRACHIAL CHEZ LE JEUNE BOVIN NORMAL ET A COUPE SOMBRE

1° MATÉRIEL - MÉTHODES

Les prélèvements ont été effectués à l'abattoir de Thiviers (Dordogne), sur des jeunes bovins de boucherie âgés de 18 à 22 mois, de race limousine et charolaise.

Sur chaque animal abattu un cube de tissu musculaire est prélevé dans le triceps brachial à la jonction 1/3 moyen 1/3 inférieur du chef long.

Le prélèvement est ensuite redécoupé et collé sur une lamelle de liège. Il sera congelé par immersion dans l'isopentane (-160°) puis placé dans un tube hermétique conservé dans l'azote liquide (-196°). Il permettra d'obtenir des coupes histologiques sériées à l'aide d'un cryotome.

La mise en évidence des différents types de fibres cellulaires a fait appel à des techniques d'histoenzymologie comportant :

- Dans un premier temps, la réalisation de coupes histologiques de 6 μm à partir du prélèvement musculaire.

- Dans un deuxième temps, le traitement de ces coupes par diverses colorations permettant de révéler :

- le glycogène (coloration P.A.S. = periodic acid SCHIFF) ;
- l'activité de l'ATPase aux pH de préincubation (4,35 ; 4,55, 9,4) ;
- l'activité de la S.D.H.

Des clichés photographiques ont été réalisés sur des champs homologués de façon à définir les caractéristiques tinctoriales des différentes fibres.

Les caractères morphologiques quantitatifs des différents types de fibres (surface, pourcentage respectif, densité optique des lames) ont été obtenus à l'aide d'un appareillage d'analyse d'image LEITZ T.A.S.

Les bovins ayant subi le prélèvement ont été répartis en deux lots suivant leur race de façon à déterminer si des différences pou-

vaient apparaître entre le tissu musculaire des JBB LIMOUSINS (14 animaux témoins) et celui des JBB CHAROLAIS (15 animaux témoins).

Nous avons ensuite recherché d'éventuelles différences entre les bovins ayant donné une viande à maturation normale, et ceux ayant donné une viande à coupe sombre (4 LIMOUSINS et 1 CHAROLAIS).

2° RÉSULTATS

a) *Caractéristiques morphologiques des fibres*

Les types histoenzymologiques révélés chez les jeunes bovins de boucherie par ATPase et S.D.H. sont analogues aux types classiquement définis dans la littérature. On remarque que les fibres II_b possèdent des caractères enzymatiques véritablement intermédiaires entre ceux des fibres I et II_a : MONIN avait déjà relevé cette particularité du tissu musculaire des bovins.

L'étude du contenu glycogénique des fibres, coloré par le P.A.S., révèle une répartition différente entre JBB normaux et JBB à coupe sombre.

En effet, dans le muscle de JBB normal, seules quelques fibres II_b sont P.A.S. négatives. La grande majorité des fibres II_b ainsi que toutes les autres fibres possèdent un stock de glycogène moyen à fort, sans que les variations observées soient caractéristiques d'une population précise.

Le muscle de JBB à coupe sombre présente par contre au moment de l'abattage un grand nombre de fibres ayant perdu leur réserve de glycogène. Nous avons pu constater que cette déplétion concerne surtout les fibres II_a et une partie des fibres II_b. Toutes les fibres conservent une réaction marquée au P.A.S.

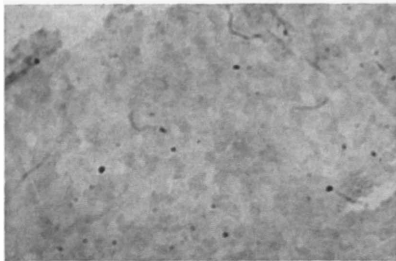


Photo 1 : J.B.B. normal.

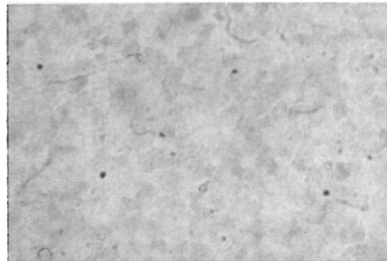


Photo 2 : J.B.B. à coupe sombre

Déplétion glycogénique (coloration P.A.S.)

TABLEAU 1
Classification des fibres musculaires

<i>Nomenclature</i>	I R	II _{B, C} R	II _A W
BROOKE et KAISER			
ASHMORE			
<i>Caractères cytochimiques</i>			
Couleur	rouge	rouge	blanche
Teneur en lipides	forte	forte	faible
Teneur en glycogène	faible	forte	forte
Activité ATPasique			
pH 9,4	+	+++	+++
pH 4,63 ou 4,55	+++	++	+
pH 4,35	+++	+	+
Activité SDH	+++	++	+
Activité GPDH	0	+++	++
<i>Caractères physiologiques</i>			
Vitesse de contraction	lente	rapide	rapide
Métabolisme énergétique	oxydatif	oxydoglycolytique	glycolytique
Résistance à la fatigue	forte	forte	faible
Nomenclature physiologique	SO	FOG	FG
	Slow oxydative	Fast oxydoglycolitic	Fast glycolytic

TABLEAU 2
Etude du pourcentage des fibres

	pH 4,35		pH 9,4		pH 4,55		
	Fibres I	Fibres II	Fibres I	Fibres II	Fibres I	Fibres II _A	Fibres II _B
<i>Limousins Normaux</i>							
N° 1140	17	83	16	84	16	26	58
1104	19	81	20	80	18	40	42
1159	19	81	21	79	23	39	38
1128	14	86	14	86	13	39	38
1126	16	84	18	82	18	38	44
1127	21	79	21	79	21	39	40
1197	15	85	13	87	13	35	52
1212	24	76	23	77	25	26	49
123	6	94	5	95	4,5	38,5	57
46	8	92	9,5	90,5	8	42	50
65	29	71	29,5	70,5	29	33	38
64	17	83	14	86	13,5	40	46,5
44	20	80	18	82	17	40	43
158	20	80	23	77	22	40	38
Moyenne	17,5	82,5	17,5	82,5	17,2	36,8	46
Ecart-type	(5,9)	(5,9)	(6,2)	(6,2)	(6,6)	(5,1)	(6,7)
<i>Charolais Normaux</i>							
N° 1254	19	81	21	79	21	29	50
1241	18	82	15	85	16	40	44
1255	16	84	17	83	17	38	45
1253	18,5	81,5	17	83	16	22	62
1245	20	80	21	79	21	29	50
1251	17	83	17	83	17	28	55
143	21	79	20	80	20	39,5	40,5
362	13	87	14	86	13	33	54
2254	22	78	25	75	24	32	44
2091	7	93	9	91	11	34	55
1174	31	69	33	67	32	26	42
1176	19	81	16	84	20	30	50
7267	20	80	17	83	26	27	47
1148	10	90	11	89	11	38	51
1150	23	77	28	72	25,5	28,5	46
Moyenne	18,3	81,7	18,7	81,3	19,4	31,6	49
Ecart-type	(5,6)	(5,6)	(6,3)	(6,3)	(5,9)	(5,4)	(5,8)
<i>J.B.B. C. Sombre Limousins</i>							
N° 1167	17	83	20	80	20	26	54
1135	14	86	19	81	19	29	52
1171	17	83	15	85	14	29	57
1200	20	80	21	79	20	22	58
<i>Charolais</i>							
2082	19	81	22	78	19	23	58
Moyenne	17,4	82,6	19,4	80,6	18,4	25,8	55,8
Ecart-type	(2,3)	(2,3)	(2,7)	(2,7)	(2,5)	(3,3)	(2,7)

TABLEAU 3
Valeur du rapport II_B/II_A

<i>J.B.B. normaux</i>	N°	II _B /II _A	Charolais	1,72
Limousins	1140	2,23		1,10
	1104	1,05		1,18
	1159	0,97		2,81
	1128	1,23		1,72
	1126	1,16		1,96
	1127	1,02		1,02
	1197	1,48		1,64
	1212	1,88		1,37
	123	1,48		1,62
	46	1,19		1,61
	65	1,15		1,67
	64	1,16		1,74
	44	1,07		1,34
	158	0,95		1,61
Nombre d'animaux	14		Nombre d'animaux	15
<i>Moyenne</i>	<u>1,28</u>		<i>Moyenne</i>	<u>1,61</u>
<i>Écart-type</i>	(0,38)		<i>Écart-type</i>	(0,42)
			<i>Moyenne globale</i>	<u>1,45</u>
			<i>Écart-type</i>	(0,42)
<i>J.B.B. C. Sombre</i>	N°	II _B /II _A		
Limousins	1167	2,07		
	1135	1,79		
	1171	1,96		
	1200	2,63		
<i>Moyenne</i>	<u>2,11</u>			
<i>Écart-type</i>	(0,36)			
Charolais	2082	2,52		
	<u>2,19</u>			
	(0,36)			

Pourcentages des fibres

pH	% type I			% II A	% II B
	4,35	9,4	4,55	4,55	4,55
Témoins/coupe sombre	NS	NS	NS	5 %	5 %
Limousins/Charolais	NS	NS	NS	5 %	NS
Interaction	NS	NS	NS	NS	NS

TABLEAU 4
Etude des surfaces des fibres

<i>JBB Normaux</i>							
<i>Limousins</i>							
<i>Normaux</i>	pH4,35		pH 9,4		ph 4,55		
	Fibres I	Fibres II	Fibres I	Fibres II	Fibres I	Fibres II _A	Fibres II _B
N° 1140	388	892	454	916	390	629	1039
1104	444	852	504	882	500	602	1158
1159	504	1166	506	1105	452	784	1463
1128	548	1126	575	1202	478	722	1521
1126	498	900	521	871	543	619	980
1127	668	1510	698	1409	689	1245	1847
1197	771	1163	698	1036	793	861	1317
1212	783	1588	801	1406	636	970	1651
123	626	879	687	848	564	586	1040
46	618	1274	631	1289	645	962	1471
65	813	1572	645	1198	727	1185	1685
64	537	1029	567	1055	616	897	1256
44	915	1559	894	1769	622	1166	2182
158	855	1458	910	1583	943	1210	1638
Nombre d'animaux 14							
Moyenne	640,6	1212	649,3	1183,5	614	888,4	1446,3
Ecart-type	(164,2)	(281,5)	(143)	(281,7)	(145,6)	(241,8)	(342,9)
<i>Charolais</i>							
<i>Normaux</i>							
N° 1254	664	1114	640	1216	613	883	1259
1241	575	1121	697	1289	629	906	1657
1255	584	954	696	1015	644	822	1227
1253	554	1005	545	915	501	722	1001
1245	379	957	368	816	335	606	1012
1251	492	826	413	705	433	649	921
143	530	1085	520	916	511	694	1093
362	382	769	466	525	444	395	765
2254	407	686	466	709	420	594	894
2091	509	890	498	682	497	766	882
1174	452	928	447	834	395	726	957
1176	708	1334	748	1259	767	992	1804
7267	856	1338	929	1335	789	919	1754
1148	791	894	830	936	772	639	1126
1150	449	816	400	709	436	622	974
Moyenne	555,5	981,1	577,5	924	545,7	729	1155
Ecart-type	(145)	(190)	(170)	(251)	(147)	(156)	(329)
<i>JBB Coupe sombre</i>							
<i>Limousins</i>							
N° 1167	548	1119	634	1130	508	644	1232
1135	672	1117	669	1072	624	769	1253
1171	430	1161	495	1118	412	688	1291
1200	626	1357	670	1311	615	835	1562
<i>Charolais</i>							
2082	677	1338	670	1278	638	920	1776
Moyenne	590,6	1218,4	627,6	1181,8	559,4	771,2	1422,8
Ecart-type	(104)	(119)	(76)	(106)	(97)	(111)	(238)

b) *Etude statistique des caractères quantitatifs des fibres*

Les résultats consignés dans les tableaux 2 à 5 ont subi un traitement statistique par analyse de variance à 1 facteur et analyse discriminante, étant bien entendu que la catégorie « CHAROLAIS coupe sombre » réduite à 1 animal n'a pu être que « située » par rapport aux autres.

TABLEAU 5
VALEURS DES NIVEAUX DE GRIS DES COUPES P.A.S.
(valeurs mesurées sur 3 lectures successives)

Catégorie :

Limousins

Normaux

Nombre d'animaux : 14

Moyenne globale = 65,01

Ecart-type = 3,88

Charolais

Normaux

Nombre d'animaux : 13

Moyenne globale = 63,96

Ecart-type = 4,82

Moyenne des J.B.B. témoins = 64,5

Ecart-type = 4,42

Limousins

C. Sombre

Charolais

Moyenne des J.B.B. C. Sombre = 72,39

Ecart-type = 1,37

Variations en fonction de la race

Nous n'avons pas mis en évidence de différences significatives entre les races limousines et charolaises, ni pour les pourcentages des fibres, ni pour leurs surfaces, ni pour leur taux de glycogène.

Variations en fonction du caractère viande à coupe sombre

1. Du pourcentage des fibres

Il ressort de l'analyse statistique que les JBB ayant donné une viande à coupe sombre possèdent une formule différente de celle des JBB normaux (tab. 2).

Le rapport II_B/II_A paraît être un meilleur témoin de la différence observée (tab. 3).

Les animaux ayant donné une viande anormale possèderaient donc plus de fibres II_B par rapport aux fibres II_A avec un pourcentage comparable de fibres I.

On peut constater que tous les animaux à coupe sombre que nous avons testés possèdent ce rapport II_B/II_A « critique », mais que certains animaux pourvus d'une formule proche ont donné une viande normale.

L'accroissement du rapport II_B/II_A apparaîtrait donc selon nos résultats comme un facteur déterminant une sensibilité particulière au stress.

Nos résultats rejoignent donc ceux de HUNT et HEDRICK qui observent chez les JBB à coupe sombre un plus fort pourcentage de fibres II_B (αR).

2. De la surface des fibres (tab. 4).

On n'observe pas de différence significative entre LIMOUSINS normaux et LIMOUSINS à coupe sombre en ce qui concerne la surface des trois types de fibres.

3. Du taux de glycogène tissulaire (tab. 5)

Les bovins ayant donné une viande à coupe sombre possèdent un taux de glycogène tissulaire significativement plus faible au moment de l'abattage. Cette évaluation réalisée par analyse d'image rejoint les résultats histologiques et biochimiques obtenus dans différents travaux effectués sur les viandes à pH élevé.

Conclusions

Les résultats exposés soulignent l'intervention de la déplétion glycogénique dans le déterminisme des viandes à pH élevé : en effet, tous les JBB à coupe sombre ont une coloration PAS de faible intensité alors que tous les animaux normaux ont des valeurs PAS élevées et comparables.

Il semblerait en définitive que les fibres les plus modifiées soient les fibres II_A qui sont très pauvres en glycogène à l'abattage, et dont la proportion est moindre dans les muscles de bovins ayant présenté le défaut de « Dark Cutting ». Ce résultat laisse supposer que le stress avant abattage stimulerait préférentiellement le métabolisme glycolytique anaérobie des jeunes bovins, sans relais possible par le métabolisme oxydatif.

Cette hypothèse serait à vérifier sur un plus grand nombre d'animaux, et une corrélation avec le pH ultime serait intéressante à considérer.

Nous ne pouvons en conclusion que souligner l'intérêt des résultats significatifs qui ressortent de cette première approche quant à leur application éventuelle à la prévention du Dark Cutting. En effet, la répartition II_A/II_B peut être évaluée après biopsie sur les JBB avant leur départ pour l'abattoir. Les animaux « à risque » pourraient alors faire l'objet de soins particuliers lors du transport,

de façon à limiter les facteurs de stress responsables de l'épuisement des réserves glycogéniques.

BIBLIOGRAPHIE

- ASHMORE (C. R.), TOMPKINS (G.), DOERR (L.). — « Post natal development of muscle fiber types in domestic animals ». *Journal of Animal Science*, (1972), 34, 1, 37-41.
- FARDEAU (M.). — « Caractéristiques cytochimiques et ultra-structurales des différents types de fibres musculaires squelettiques et extra-fusales chez l'homme et quelques mammifères ». *Annales d'Anatomie pathologique*, (1973), 18, 1, 7-34.
- GIRE (P.). — « Contribution à l'étude du déterminisme des viandes à coupe sombre chez le mouton. Facteurs de mobilisation du glycogène musculaire pendant le stress de transport ». Thèse de doctorat de spécialité, (1976), 147 p.
- HUNT (M. C.), HEDRICK (H. B.). — « Profile of fibre types and related properties of five bovine muscles ». *J. Anim. Sci.*, (1977), 42, 513-513.
- LACOURT (A.), TARRANT (P. V.). — Selective glycogen depletion and recovery in skeletal muscle fibre types of young bulls subjected to a behavioural stress ». *Dark Cutting in Beef*, Ed. Hood & Tarrant (1980), 417-429.
- LISTER (D.), SPENCER (G. S. G.). — « Energy substrate provision in vivo and the changes in pH post-mortem ». *Meat Science*, (1983), 8, 41-51.
- LISTER (D.), SPENCER (G. S. G.). — « Environmental and behavioural influences on the supply of energy for muscle during life and consequences ». *Dark Cutting in Beef*, Ed. Hood & Tarrant, (1980), 129-140.
- LINDHOLN, PERSSON, JONSSON, ANDREN. — « Biochemical, histochemical properties and fiber distribution of muscle in trained, untrained and halothane sensitive pigs ». *Acta Agr. Scand.*, (1979), Suppl. 21, 357-364.
- MONIN (G.). — « Influence du stress sur la qualité des viandes ». Texte conférence Séminaire G.T.V./I.N.R.A., mai 1979.
- MONIN (G.). — « Causes d'obtention de deux types défectueux de viande de porc, les viandes exsudatives et les viandes à pH élevé ». V.P.C. (1981), 2, 8, 6-10.
- MONIN (G.). — « Muscle metabolic type and the DFD conditions ». *Dark Cutting in Beef*, Ed. Hood & Tarrant, (1980), 63-85.
- MOUTHON (G.), MICHAUX (J. M.), GIRARD (P.). — « Quelques aspects de la myopathie dégénérative et des viandes à pH élevé des jeunes bovins précoces ». *Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. comparée*, Lyon, (1980), 82, 5, 271-274.
- ROZIER (J.), CARLIER (V.), BOLNOT (F.). — « Les viandes de bovins à coupe sombre ». R.T.V.A., (1982), 177, 5-20.
- WEEDS (A.). — « Myosin light chains, polymorphism and fibre types in skeletal muscles ». *Plasticity of Muscle*, Ed. W. de Gruyter, (1980), 55-67.
- YOUNG (O. A.). — « Further studies on single fibres of bovine muscle ». *Biochemical Journal*, (1982), 203, 179-184.
-