

Relations entre caractéristiques musculaires et tendreté du muscle *Longissimus lumborum* de jeunes bovins de races rustiques

S. BROUARD (1), G. RENAND (2), F. TURIN (3)

(1) Institut de l'Élevage, Service viande, Ester, 87069 Limoges Cedex

(2) INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, Domaine de Vilvert, 78352 Jouy en Josas Cedex

(3) Institut de l'Élevage, Service viande, Route d'Épinay, 14310 Villers Bocage

RESUME – Les relations entre des caractéristiques musculaires (pH, composition chimique et natures des fibres), des propriétés rhéologiques (tests de cisaillement et de compression) et la tendreté de la viande ont été étudiées à partir du muscle *Longissimus lumborum* de 242 jeunes bovins Aubracs (24 mois), Gascons (16 mois) et Salers (19 mois).

Les résultats ne font apparaître que de faibles liaisons entre les caractéristiques musculaires mesurées et la tendreté de la viande. Environ 15 à 26 % de la variabilité de la tendreté sont expliqués par la variabilité des caractéristiques musculaires intra type d'animaux. Par ailleurs, si les relations constatées sont relativement cohérentes entre types d'animaux pour des paramètres tels que le pH, le collagène ou les protéines, d'autres variables, dont tout particulièrement les lipides, présentent des relations différentes selon les types d'animaux. Ainsi, les variations de tendreté peuvent-elles correspondre à des caractéristiques musculaires différentes d'un type d'animal à un autre.

Dans ce contexte, la faiblesse des relations constatées ne permet pas de prédire individuellement la tendreté à partir des caractéristiques musculaires. Sur le plan scientifique, les caractéristiques musculaires peuvent permettre d'expliquer des écarts sensoriels de tendreté, il serait, en revanche, très délicat de traduire des effets sur ces caractéristiques musculaires en terme de conséquences sur la tendreté, tant la réalité des mécanismes impliqués semble complexe et dépendante du type d'animal.

Les relations entre les mesures rhéologiques réalisées et la tendreté sont, quant à elles, plus homogènes entre types d'animaux. La force maximale obtenue avec le Warner - Bratzler ressort comme le meilleur prédicteur pouvant expliquer à lui seul jusqu'à 48 % de la tendreté. Ce résultat reste néanmoins encore insuffisant pour une gestion individuelle de la tendreté.

Relationships between *Longissimus lumborum* muscle characteristics and tenderness of three local beef cattle breeds

S. BROUARD (1), G. RENAND (2), F. TURIN (3)

(1) Institut de l'Élevage, Service viande, Ester, 87069 Limoges Cedex

SUMMARY – Relationships between muscle characteristics (pH, chemical composition, muscle energetic metabolism and contractile types), texture measurements and tenderness of *Longissimus lumborum* muscle were studied from 242 Aubracs, Gascons and Salers young bulls.

There are only low relationships between muscle characteristics and tenderness. About 15 to 26 % of the tenderness variability is related to the variability in muscle characteristics. If some parameters as pH, collagen or protein contents are related to tenderness similarly in the three breeds studied, others characteristics, especially fat content, have relationships with tenderness that depend on the breed. Parameters that explain the highest tenderness variability are also different between breeds.

In such a context, it's impossible to predict individual tenderness from these muscle characteristics. For research, data on muscle characteristics can be used to explain sensorial tenderness differences. On the other hand, a muscle characteristic difference doesn't allow to conclude easily about tenderness because of the complexity of biological mechanisms involved.

Relationships between texture measurements and tenderness are similar between the three breeds. Shear force is the best predictor of tenderness, it explains up to 48 % of tenderness variability. This result is nevertheless too low for an individual tenderness prediction.

INTRODUCTION

Maîtriser la qualité d'un produit implique de pouvoir mesurer cette qualité à partir d'outils qui soient à la fois pertinents, fiables, et facilement utilisables dans les conditions de production du terrain. Ceci est pourtant loin d'être le cas des qualités organoleptiques des viandes, et en premier lieu de la tendreté alors qu'il s'agit d'un critère qualitatif particulièrement important pour la viande bovine. L'analyse sensorielle reste en effet la seule méthode qui permette de rendre compte de la tendreté telle qu'elle est perçue par le consommateur. Or, sa mise en œuvre comporte de fortes contraintes méthodologiques limitant son utilisation à des travaux de recherches très spécifiques et à des effectifs d'animaux limités (Touraille C., 1982 ; Denoyelle et al., 2000). Sur le terrain, les opérateurs n'assurent donc qu'une maîtrise indirecte de la tendreté qui consiste à respecter certaines conditions de travail des viandes connues pour favoriser celle-ci. Par ailleurs, les études sur la qualité des viandes impliquent souvent la mesure de caractéristiques musculaires : composition chimique, nature des fibres, propriétés rhéologiques, pour tenter de trouver une origine biologique aux différences sensorielles observées. Les résultats obtenus donnent alors lieu à des hypothèses sur le déterminisme de la qualité avec l'espoir de mettre en évidence des lois générales applicables quel que soit le type d'animal.

Dans un tel contexte, la présente communication se propose d'apporter des éléments de réponse sur la part d'information qu'apportent les caractéristiques musculaires classiquement mesurées en matière de tendreté pour un muscle donné de trois types de jeunes bovins de races rustiques. Il s'agira notamment de voir dans quelle mesure les caractéristiques musculaires peuvent répondre aux finalités suivantes :

- rendre compte de relations générales entre tendreté et caractéristiques musculaires qui pourraient alors servir au

chercheur, soit pour proposer une éventuelle explication à des différences sensorielles de tendreté observées, soit pour suggérer une conséquence possible sur la tendreté lorsque des différences sont observées sur des caractéristiques musculaires. Pour cela, au delà même de l'intensité des liaisons entre les caractéristiques musculaires et la tendreté de la viande, il est important de s'attacher à la stabilité des tendances observées.

- permettre une prédiction individuelle de la tendreté potentielle d'un muscle. C'est précisément ce que recherche tout industriel qui veut adapter l'offre à la demande dans un marché segmenté en fonction de la qualité. Un tel objectif exige des relations particulièrement étroites pour trier correctement les viandes.

Pour ce faire, le travail a consisté à étudier les relations entre des caractéristiques musculaires et la tendreté appréciée par analyse sensorielle, à partir d'une banque de données collectées dans le cadre d'un programme de recherche européen sur "l'aptitude de différentes races locales à produire de la viande de qualité", et portant sur 242 jeunes bovins Aubracs, Gascons et Salers.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1 LES ANIMAUX

Trois groupes d'environ 80 jeunes bovins chacun, issus de trois races rustiques (Aubrac, Gasconne et Salers) ont été étudiés au cours de deux campagnes de production successives. Les modes de conduites et les objectifs de poids de carcasses ont été adaptés à chaque race en fonction des systèmes de production et des débouchés couramment rencontrés. Ainsi, les Salers et Gascons ont suivi des schémas de production de jeunes bovins "classiques" (16 - 18 mois) alors que les Aubracs ont été conduits de façon plus spécifique pour pro-

Tableau 1
Caractéristiques, en moyenne et variabilité, des carcasses et des viandes des trois types d'animaux étudiés

	Bourrets Aubrac n = 78		J.B. Gascons n = 82		JB Salers n = 82		Effet "type d'animal"	Effet "année"	Interaction "type"*"année"
	moy.	CV (%)	moy.	CV (%)	moy.	CV (%)			
Age abattage (jours)	723	4,0%	492	6,4%	582	6,2%	seuil de signification		
Poids carcasse (kg)	451	3,6%	374	4,6%	417	4,6%			
pH et composition musculaire									
- pH	5,6	1,0%	5,6	0,0%	5,6	1,0%	0,001	0,001	NS
- matière sèche (%)	24,8	3,2%	25,2	2,3%	25,4	3,8%	0,001	NS	0,10
- protéines (%)	22,5	2,6%	22,4	2,7%	21,8	3,2%	0,001	NS	NS
- lipides (%)	1,1	46%	1,8	40%	2,4	47%	0,001	0,001	NS
- fer (µg/g de muscle frais)	16,0	13%	14,5	16%	15,6	13%	0,001	NS	NS
- collagène total (mg/g de muscle frais)	2,7	13%	2,5	12%	3,1	12%	0,001	0,001	0,001
- collagène insoluble (mg/g de muscle frais)	2,4	11%	2,1	12%	2,8	14%	0,001	0,001	0,001
Nature des fibres									
- LDH (µmol pyruvate/min. g de m. frais)	1489	18%	1550	20%	1349	18%	0,001	0,10	0,05
- ICDH (µmol d'isocitrate/min. g de m. frais)	1,58	35%	1,65	34%	1,8	35%	0,10	NS	0,001
- myosine lente (%)	22,9	35%	29,6	31%	27,3	36%	0,001	0,001	NS
Propriétés rhéologiques									
compression viande crue									
- K20 (force à 20% de déformation) (N/cm ²)	5,53	22%	5,51	22%	4,92	25%	0,001	0,001	0,001
- K80 (force à 80% de déformation) (N/cm ²)	37,0	21%	35,4	18%	42,6	22%	0,001	0,001	0,001
- K max. (force maximale) (N/cm ²)	64,8	19%	63,0	21%	69,5	24%	0,001	0,001	0,001
cisaillement viande cuite									
- force maximale (kg)	3,5	19%	3,9	19%	4,40	25%	0,001	0,05	0,001
- contrainte maximale (kg/cm ²)	1,6	17%	1,6	14%	1,90	19%	0,001	0,001	0,001
- énergie totale (kg/cm)	1,6	31%	1,6	31%	1,95	22%	0,001	0,001	0,001

duire des "bourrets" : mâles abattus à 24 mois après une finition ne démarrant qu'à partir de 18 - 19 mois. Plus que des races différentes, ce sont donc trois combinaisons "races x systèmes" (appelés types d'animaux dans le texte) qui ont été étudiées en parallèle.

LES CONTROLES REALISES

Les contrôles ont été réalisés sur le muscle *Longissimus lumborum* (faux filet en boucherie) prélevé environ 50 minutes (pour les analyses des fibres) et 24 heures après abattage. Les différentes analyses ont porté sur :

- le pH ultime ;
- la composition biochimique du muscle : matière sèche, teneurs en protéines, fer héminique, lipides totaux, collagène total et insoluble ;
- les caractéristiques métaboliques et contractiles des fibres par dosage de l'activité des enzymes isocitrate déshydrogénase (ICDH), lactate déshydrogénase (LDH), et de la teneur en myosine lente (test Elisa) ;
- les propriétés rhéologiques des viandes à partir de mesures de compression (texturomètre), et de cisaillement (Warner - Bratzer). Ces analyses ont été accomplies après une phase de maturation de 14 jours suivie d'une congélation. Les mesures de compression ont été effectuées sur viande **crue**, celles de cisaillement sur viande **cuite** (70°C à cœur) ;
- une appréciation sensorielle de la tendreté selon une approche monadique. Chaque année, et pour chaque type d'animal, 8 séances de dégustations ont été organisées au cours desquelles 12 dégustateurs experts jugeaient un à un 10 à 12 échantillons de steaks d'animaux différents cuits sur grill (55 ° C à cœur).

LES TRAITEMENTS STATISTIQUES

Les effets de l'année et du type d'animal ont été testés sur l'ensemble des variables mesurées par analyse de variance. Les relations entre la tendreté et les caractéristiques musculaires ont été étudiées à partir des coefficients de corrélation et de modèles de régression linéaires pas à pas, permettant d'estimer les contributions de chaque variable à l'explication de la tendreté. Deux groupes de variables ont été distingués : les caractéristiques musculaires sensu-stricto (pH, composition chimique, nature des fibres) et les propriétés rhéologiques des viandes. Les traitements ont été effectués sur les résidus de modèle corrigeant les effets "année", "type d'animal" et leur interaction.

2. RESULTATS - DISCUSSION

Les moyennes et variabilités des critères étudiés sont présentées dans le tableau 1. Le pH, les teneurs en matière sèche et en protéines sont relativement constants entre individus (CV < 5 %). A l'opposé, de nombreux critères sont extrêmement variables (CV > 20 %) : c'est le cas des indicateurs de la nature des fibres (ICDH, myosine), de la plupart des paramètres rhéologiques, et surtout de la teneur en lipides intramusculaires (CV > 40 %). De tels résultats sont en accord avec d'autres données scientifiques sur le même muscle (Renand et al. 2001, Hocquette et al. 2001).

Aucune liaison étroite entre les caractéristiques musculaires sensu-stricto et la tendreté ne se dégage (tableau 2). Même si quelques corrélations significatives peuvent être observées, elles ne concernent que des liaisons faibles à très faibles (r généralement compris entre 0,2 et 0,3). Dans ce contexte, l'ensemble des caractéristiques musculaires étudiées n'explique qu'une part limitée (15 à 26 % selon les types d'animaux) des variations de tendreté. La stabilité des relations observée dépend quant à elle des paramètres étudiés. Concernant le pH, les teneurs en protéines, en collagène et en collagène insoluble, les tendances observées, même faibles, restent cohérentes entre les trois types de jeunes bovins étudiés. En revanche, d'autres critères, dont tout particulièrement les lipides et la myosine lente, présentent des relations avec la tendreté différentes selon les types d'animaux. Ainsi,

les critères contribuant prioritairement à expliquer la tendreté changent d'un type d'animal à l'autre (tableau 2). En conséquence, l'analyse des viandes de tous les animaux étudiés conduit à une forte diminution de la part de la tendreté expliquée (R² inférieur à 10%).

Tableau 2
Coefficients de corrélation (r) et contributions (R²)
des différentes caractéristiques musculaires
à la variabilité de la tendreté

	Bourrets Aubrac		J.B. Gascons		J.B. Salers		3 races confondues	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
- pH	-0,10	-	-0,07	-	-0,41	17,2%	-0,24	5,7%
- matière sèche	-0,21	3,1%	0,01	-	0,24	3,5%	0,06	-
- protéines	0,22	-	0,25	3,1%	0,03	-	0,14	1,6%
- lipides	-0,30	9,4%	-0,06	-	0,15	1,6%	0,01	-
- fer	-0,10	-	-0,27	7,2%	0,05	-	-0,1	-
- collagène total	-0,10	3,3%	-0,22	4,2%	-0,06	-	-0,14	-
- collagène insoluble	-0,09	-	-0,18	-	-0,15	2,1%	-0,16	1,3%
- LDH	0,19	4,9%	-0,02	-	0,01	-	0,05	-
- ICDH	-0,10	-	-0,19	1,8%	0,06	-	-0,06	-
- myosine lente	-0,14	-	-0,08	-	0,17	1,7%	0,03	-
R² (*) Total		20,7%		16,3%		26,1%		8,5%

Pour n = 80 : |r|³ 0,22 : prob < 0,05 ; |r|³ 0,28 : prob < 0,01

Pour n = 240 : |r|³ 0,13 : prob < 0,05 ; |r|³ 0,18 : prob < 0,01

Seuls les R² significatifs au seuil de 15 % sont retenus.

Rares sont les références bibliographiques qui établissent des liaisons directes entre caractéristiques musculaires et tendreté sur des effectifs importants d'animaux et sur des viandes comparables (même muscle, même type d'animal). Renand et al. (2001) ont obtenu, dans le cadre d'une démarche similaire sur jeunes bovins Charolais, des scores légèrement supérieurs avec jusqu'à 30 % de la tendreté expliquée. Ce résultat a été acquis grâce à la contribution importante (12 %) du "diamètre des fibres musculaires", critère non pris en compte dans le cadre de ce travail.

Concernant les propriétés rhéologiques des viandes, les mesures de cisaillement ressortent les mieux corrélées à la tendreté avec des coefficients de corrélations compris entre - 0,5 et - 0,7 (tableau 3). Ces niveaux de corrélation peuvent être considérés comme relativement corrects dans la mesure où la variable à prédire (donnée sensorielle) présente elle-même une erreur de mesure non négligeable du fait des difficultés méthodologiques pour obtenir une répétabilité élevée.

Tableau 3
Coefficients de corrélation (r) et contributions (R²)
de paramètres rhéologiques à la variabilité de la tendreté

	Bourrets Aubrac		J.B. Gascons		J.B. Salers		3 races confondues	
	r	R ²	r	R ²	r	R ²	r	R ²
Cisaillement viande cuite								
Warner - Bratzer								
- force maximale	-0,42	17,4%	-0,55	30,9%	-0,7	48,2%	-0,60	35,4%
- contrainte maximale	-0,43	-	-0,53	-	-0,69	-	-0,60	-
- énergie totale	-0,36	-	-0,48	-	-0,58	-	-0,50	-
Compression viande crue (texturomètre)								
- K20 (force à 20% de déformation)	-0,15	2,0%	-0,07	-	-0,13	-	-0,11	-
- K90 (force à 90% de déformation)	-0,08	2,2%	-0,08	-	0,09	1,2%	-0,01	0,4%
- K max (force maximale)	-0,22	11,2%	-0,2	3,4%	-0,01	2,8%	-0,11	4,2%
Total		32,8%		34,3%		52,2%		40,0%

Pour n = 80 : |r|³ 0,22 : prob < 0,05 ; |r|³ 0,28 : prob < 0,01

Pour n = 240 : |r|³ 0,13 : prob < 0,05 ; |r|³ 0,18 : prob < 0,01

Seuls les R² significatifs au seuil de 15 % sont retenus.

Les mesures de compression ne présentent que des liaisons médiocres avec la tendreté. Cette technique, développée prioritairement pour apprécier l'état de maturation des viandes (Lepetit et al. 1986), s'avère donc mal adaptée à une prédiction de la tendreté dans le contexte d'application présent. Ceci peut notamment s'expliquer par le fait que les mesures portaient sur des viandes ayant subi une durée de maturation importante (15 jours), réduisant ainsi fortement les écarts individuels dus à des différences d'état de maturation. L'absence de cuisson

peut également contribuer à de tels résultats. Globalement, les différentes caractéristiques rhéologiques mesurées ont permis d'expliquer entre 30 et 50 % environ de la tendreté. Shackelford et al. (1995) rapportent des résultats supérieurs ($R^2 = 0.73$), mais pour des cuissons de viandes dégustées très différentes de celles correspondant aux habitudes de consommation française. L'essentiel de l'information est apporté par la force maximale enregistrée lors du cisaillement. Par ailleurs, les relations entre la tendreté et les propriétés rhéologiques des viandes restent stables d'un type de viande à l'autre.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que le rôle déterminant de certaines caractéristiques musculaires telles que le collagène et la nature des fibres, clairement établi lors de précédents travaux dans le cadre de comparaisons entre muscles extrêmes ou entre espèces différentes, ne se retrouve que de façon très ténue quand il s'agit de distinguer les écarts de tendreté observés entre animaux de même type sur un même muscle. La faiblesse des relations observées est telle que la seule prise en compte des caractéristiques musculaires étudiées dans le cadre de ce travail ne permet pas une prédiction individuelle correcte de la tendreté. En outre, il convient de souligner que les critères associés à la maturation de la viande (expression et activité des protéases) n'ont été mesurés dans aucune de ces études. Quant à la stabilité des tendances observées, elle diffère selon les critères : les relations générales liant le pH, le collagène ou encore les protéines à la tendreté sont relativement cohérentes pour les trois races étudiées et sont en accord avec d'autres données bibliographiques (Renand, 2001). En revanche, la teneur en lipides, et les paramètres qui lui sont partiellement liés (matière sèche, ICDH, myosine lente),

présentent des relations avec la tendreté nettement moins homogènes et même différentes selon les types d'animaux. Enfin, la prise en compte simultanée de ces différentes caractéristiques musculaires pour rendre compte des variations de tendreté montre que ce ne sont pas systématiquement les mêmes paramètres qui sont prioritairement reliés à la tendreté pour les trois types d'animaux. Ceci reflète toute la complexité des mécanismes biologiques mis en jeu, ces derniers incluant des interactions encore méconnues entre les divers composants musculaires. Ainsi, s'il peut effectivement être utile pour le chercheur de connaître les effets sur des caractéristiques musculaires pour tenter d'expliquer des différences sensorielles, l'exercice opposé consistant à extrapoler des écarts de caractéristiques musculaires à des conséquences sur la tendreté exige beaucoup de prudence.

Les propriétés mécaniques, mesurées par cisaillement, présentent, quant à elles, l'avantage de conserver le même genre de relations d'un type d'animal à l'autre. Ce travail n'a toutefois pas permis de mettre en évidence un pouvoir prédictif suffisant pour une gestion individuelle de la tendreté.

Denoyelle C., Chatelin Y.M., Brouard S., 2000. Renc. Rech. Ruminants, 7, 249-254

Hocquette J.F., Picard B., Trillat G., Normand J., Boissy A., Culioli J., 2001. Renc. Rech. Ruminants, 8.

Lepetit J., Salé, P., Ouali A., 1986. Meat Sci, 16, 161 - 174

Renand G., Picard B., Touraille E. C., Berge P., Lepetit J., 2001. Meat Sci., 59 n°1, 49-60

Shackelford S.D., Wheeler T. L. Koohmaraie M., 1995. J. Anim. Sci., 73 : 3333 - 3340

Touraille, C., 1982. Sci. Aliments, 2, 73-94