

Variabilité des qualités organoleptiques de la viande bovine en relation avec les caractéristiques musculaires

G. RENAND (1), C. TOURAILLE (2), Y. GEAY (3), P. BERGE (2), J. LEPETIT (2), B. PICARD (3)

(1) INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, 78352 Jouy-en-Josas Cedex

(2) INRA, Station de Recherches sur la Viande, 63122 St Genès-Champanelle

(3) INRA, Laboratoire Croissance et Métabolisme des Herbivores, 63122 St Genès-Champanelle

RESUME - Les caractéristiques musculaires relatives à la composition chimique, à la quantité et la solubilité du collagène, à la taille, au métabolisme énergétique et au type contractile des fibres musculaires ont été mesurées à l'abattage sur 106 taurillons Charolais homogènes quant à leur origine pour être mises en relation avec les qualités organoleptiques (tendreté, flaveur et jutosité) mesurées sur le muscle long dorsal après 15 jours de maturation et les contraintes de déformation mesurées à 2, 7 et 21 jours post mortem. Pour l'ensemble de ces caractères, après correction pour les quelques facteurs de variation identifiés (année et âge à l'abattage), il existe une variabilité élevée entre individus, en particulier pour les critères de tendreté.

Il n'est pas possible de prédire les notes de jutosité à partir des caractéristiques musculaires enregistrées, ni la force de contrainte mesurée après 21 jours de maturation. En utilisant les 10 variables prédictives contrôlées, il est possible d'expliquer 29% de la variabilité de la note de tendreté, 25% de celle de flaveur, 34% de celle de la force de contrainte à 2 jours et 20% de celle à 7 jours post mortem. Ces proportions sont respectivement de 26%, 18%, 27% et 18% en n'utilisant que les variables les plus significatives, qui sont respectivement au nombre de 5, 3, 4 et 4.

La variabilité de la tendreté entre animaux dépend autant de la taille des fibres musculaires (les fibres de petite taille sont favorables) que de la composante collagénique (moins de collagène et un collagène plus soluble sont favorables). Celle des forces de contrainte dépend en premier lieu du type des fibres à travers leur métabolisme énergétique (un métabolisme glycolytique est préférable à un métabolisme oxydatif pour une moindre résistance). La principale caractéristique qui explique les différences de flaveur entre animaux est la teneur en lipides intramusculaires (une teneur plus élevée est favorable).

Variability of beef meat quality traits in relation with muscle characteristics

G. RENAND (1), C. TOURAILLE (2), Y. GEAY (3), P. BERGE (2), J. LEPETIT (2), B. PICARD (3)

(1) INRA, Station de Génétique Quantitative et Appliquée, 78352 Jouy-en-Josas Cedex

SUMMARY - Muscle characteristics such as chemical composition, collagen content and solubility, fibre diameter, energetic metabolism and contractile type were measured at slaughter on 106 homogenous Charolais bulls to determine their relationship to longissimus dorsi muscle palatability (tenderness, flavor and juiciness) measured at 15 days postmortem and to resistance of the myofibrillar structure measured at 3 postmortem aging times (2, 7 and 21 days). All these traits, fitted to year and slaughter age effects, vary greatly among animals, particularly the tenderness related traits.

The measured muscle characteristics are of little value for predicting the panel juiciness score, nor the myofibrillar resistance after 21 days aging. With all the 10 independent variables, 20% of the variation in the tenderness score can be explained, 25% in the flavor score, 34% in the myofibrillar resistance at 2 days and 20% at 7 days postmortem. The respective explained proportions are 26%, 18%, 27% and 18% when the equations include only the more significant independent variables, respectively 5, 3, 4 and 4.

The tenderness variability that exists among animals depends equally on the size of muscle fibres (preferentially small fibres) and the collagen characteristics (preferentially low content and high solubility). The variability of the myofibrillar resistance depends primarily on the fibre type, especially their energetic metabolism (glycolytic preferentially to oxydative metabolism). The main characteristic related to flavor intensity differences is the lipid content of the muscle (preferentially higher content).

INTRODUCTION

Les qualités organoleptiques appréciées lors de la consommation de la viande bovine (tendreté, flaveur et jutosité) ont un impact particulièrement important sur le degré de satisfaction et donc le comportement d'achat du consommateur. La transformation du muscle en viande lors de la maturation implique que les caractéristiques biologiques du muscle avant l'abattage soient déterminantes dans l'expression post mortem des qualités organoleptiques de la viande (Touraille, 1994). Bien que l'influence de divers modes d'élevage (âge, sexe, anabolisants, alimentation) ou de différentes races sur ces caractéristiques musculaires soit progressivement quantifiée (Geay et Renand, 1994), il apparaît néanmoins que les qualités organoleptiques sont encore très variables entre animaux homogènes de même origine raciale soumis au même mode d'élevage. L'objet du présent travail est justement de quantifier la part de la variabilité des qualités organoleptiques qui est liée à celle des caractéristiques musculaires au sein d'une population d'animaux de même race élevés dans les mêmes conditions.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. ANIMAUX

L'étude a porté sur 106 taurillons Charolais nés entre 1992 et 1994 et élevés sur le domaine expérimental INRA de Bourges (Cher). Après un sevrage à 32 semaines d'âge, ces taurillons furent engraisés avec un aliment complet condensé distribué *ad libitum*. Ils furent abattus à 15 mois (n=50) ou à 19 mois (n=56) à l'abattoir expérimental de l'INRA de Theix (Puy de Dôme).

1.2. CARACTÉRISTIQUES MUSCULAIRES

Les caractéristiques biologiques suivantes furent mesurées sur le muscle *Longissimus Dorsi* (LD) : les teneurs en matière sèche, en protéines, en lipides, en fer héminique, en hydroxyproline totale et soluble ; l'activité de la lactate déshydrogénase et de l'isocitrate déshydrogénase, enzymes respectifs du métabolisme énergétique glycolytique et oxydatif ; la teneur en isoforme de type I (contraction lente) de la myosine dosée par technique elisa ; la surface moyenne des fibres musculaires mesurée sur une photographie d'une coupe transversale du muscle prise sous microscope.

1.3. QUALITÉS SENSORIELLES ET PROPRIÉTÉS RHÉOLOGIQUES

Plusieurs tranches de LD furent mises sous vide et conservées à 4°C. Après 15 jours de maturation la tendreté, la flaveur et la jutosité furent appréciées par un jury de dégustation. Pour ceci les tranches ont été cuites à 55°C à cœur, au moyen d'un grill double face, pendant 2 minutes et dégustées 1 par 1 par 10 à 12 juges par séances (2 séances pour tous les animaux). Après 2, 7, et 21 jours de maturation, le degré de résistance du réseau myofibrillaire fut mesuré par la contrainte à 20% de déformation d'un échantillon de viande. Cette mesure rhéologique de contrainte est un indicateur du degré de maturation de la viande.

1.4. ANALYSES STATISTIQUES

Avant de réaliser l'analyse des relations, toutes ces variables furent au préalable corrigées pour les effets de l'année et de l'âge d'abattage en prenant les résidus d'un modèle linéaire intégrant ces deux facteurs de variation. Les corrélations

entre toutes les variables furent ensuite calculées et des régressions multiples progressives appliquées pour déterminer la part de la variabilité des qualités sensorielles et des mesures rhéologiques qui est dépendante des caractéristiques biologiques du muscle au moment de l'abattage.

Tableau 1
Moyennes, écart types, coefficients de variation et effets de l'âge sur les caractéristiques musculaires les qualités sensorielles et les propriétés rhéologiques

			Effectif	Moyenne (17 mois)	écart type †	Coefficient de variation	Différence 19 - 15 mois	
Matière Sèche	MS	mg/g	106	43,9	9,1	20,7 %	-0,9	ns
Protéines	Prot	mg/g	106	187,9	7,6	4,1 %	0,3	ns
Lipides	Lip	mg/g	106	17,8	9,5	53,3 %	6,6	**
Fer Héminique	Fe	mg/g	106	12,6	2,3	17,8 %	2,7	**
Hydroxyproline	Hypro	mg/g	106	631	89	14,1 %	70	**
Solubilité Collagène	Solub	%	106	25,3	6,5	25,8 %	-0,2	ns
Surface Fibres	Surf	µm²	104	3143	706	22,5 %	559	**
Myosine I	Myosin	%	106	25,3	7,7	30,5 %	-0,1	ns
ICDH	ICDH	µmol/min/g	106	1,96	0,44	22,6 %	0,03	ns
LDH	LDH	µmol/min/g	106	1302	135	10,3 %	-92	**
Tendreté à 15j	T15	/20	103	10,83	2,20	20,3 %	-1,33	ns
Flaveur à 15j	F15	/20	103	10,48	1,12	10,7 %	0,40	ns
Jutosité à 15j	J15	/20	103	10,41	1,22	11,8 %	-0,08	**
Contrainte à 2j	C2	N/cm²	99	26,3	7,6	28,6 %	2,10	ns
Contrainte à 7j	C7	N/cm²	100	13,5	5,9	43,3 %	2,48	*
Contrainte à 21j	C21	N/cm²	92	5,3	1,5	27,5 %	0,45	ns

* écart type des variables corrigées pour les effets de la campagne et de l'âge d'abattage

2. RÉSULTATS

Les moyennes, les écart-types et les coefficients de variation des différentes variables sont rapportés dans le tableau 1, ainsi que l'effet de l'âge entre 15 et 19 mois. Ce dernier est significatif sur la taille des fibres musculaires, ainsi que sur les caractéristiques musculaires liées au degré de maturité dans le développement de l'animal : augmentation des teneurs en lipides, en collagène et en pigments, simultanément à une diminution de la solubilité du collagène et du métabolisme glycolytique du muscle. Bien que le protocole mis en place n'avait pas pour objectif de quantifier l'effet de l'âge sur les qualités sensorielles, on peut constater une réduction des notes de tendreté et de jutosité, et une tendance à une amélioration de la note de flaveur. Il y a également une tendance peu marquée à l'accroissement des mesures de contraintes de déformation.

Les variables ayant été corrigées pour cet effet de l'âge, la variabilité résiduelle représente la variabilité qui peut exister entre des animaux lorsque l'essentiel des facteurs du milieu sont maîtrisés. Il apparaît que les notes de jutosité et de flaveur présentent une variabilité du même ordre de grandeur que celle de performances à l'abattage (CV<15%), alors que la note de tendreté et surtout les mesures physiques de résistance des myofibrilles, les contraintes, sont particulièrement variables d'un animal à l'autre (CV>20%). La plupart des caractéristiques musculaires présentent également des coefficients de variations très élevés.

Tableau 2
Régressions des qualités sensorielles et propriétés rhéologiques sur les caractéristiques musculaires

Tendreté à 15 jours	Flaveur à 15 jours	Contrainte à 2 jours	Contrainte à 7 jours
R ² partiel	R ² partiel	R ² partiel	R ² partiel
- Surf 10,8%	+ Lip 10,4%	- LDH 10,1%	- LDH 7,2%
+ Solub 6,2%	+ LDH 4,6%	+ Fe 9,4%	+ Surf 5,7%
- ICDH 3,8%	+ MS 2,8%	+ Surf 4,4%	+ Fe 2,7%
- Hypro 3,0%		+ Myosin 3,0%	+ Hypro 2,6%
+ Lip 2,5%			
R ² cumulé 26,3%	R ² cumulé 17,8%	R ² cumulé 27,0%	R ² cumulé 18,3%
R ² maximum 28,8%	R ² maximum 25,4%	R ² maximum 34,0%	R ² maximum 20,3%

Les résultats des régressions multiples progressives des qualités sensorielles ou des propriétés rhéologiques sur les caractéristiques musculaires sont présentés dans le tableau 2. Le

seuil de précision pour faire apparaître une variable indépendante dans ces régression est de $P < 0,15$. Seuls sont présentés les résultats pour les variables dépendantes dont un minimum de 20% de la variabilité est expliquée lorsque toutes les variables indépendantes sont utilisées simultanément.

C'est ainsi que la note de jutosité n'apparaît pas dans ce tableau car les relations avec les caractéristiques musculaires sont trop faibles. Par contre pour la tendreté et la flaveur appréciées après 15 jours de maturation, il est possible d'expliquer respectivement 29% et 25% de leur variabilité en utilisant les 10 variables indépendantes. En n'utilisant que les variables les plus significatives, 26% de la variabilité de la note de tendreté est expliquée par 5 variables et 18% de celle de la note de flaveur par 3 variables.

La surface des fibres musculaires est la caractéristique du muscle qui explique la plus grande part de la variabilité de la note de tendreté (11%) et ceci avec une signe négatif, c'est à dire que les animaux qui ont des fibres de plus faible taille sont également des animaux qui ont tendance à avoir une viande jugée plus tendre. Ensuite, la composante collagénique intervient positivement par la solubilité du collagène et négativement par la teneur du muscle en collagène. Au total ces deux caractéristiques expliquent 9% de la variabilité de la note de tendreté.

L'essentiel de la variabilité de la note de flaveur expliquée correspond à l'incidence de la teneur en lipides intramusculaires (10%), les autres caractéristiques musculaires expliquant une moindre part.

Au fur et à mesure de l'avancement de la maturation post mortem le degré d'explication de la variabilité des mesures de contrainte diminue pour ne plus être significatif à 21 jours. A 2 jours après l'abattage environ le tiers (34%) de la variabilité de la contrainte dépend de celle des 10 variables biologiques considérées, les quatre premières en expliquant 27% à elles seules. En fait ce sont essentiellement les deux premières variables qui sont en relation avec la forte variabilité de la contrainte à 2 jours : l'activité de la LDH et la teneur en fer héminique expliquent à elles deux près de 20% de la variabilité. Les signes opposés des deux régressions partielles montrent que les différences de résistance de la structure myofibrillaire entre animaux est en relation avec les différences du métabolisme énergétique du muscle LD de ces animaux : plus le métabolisme est oxydatif, plus la viande est dure.

3. DISCUSSION

Comme de nombreuses études précédentes, nord américaines pour la plupart (Andersen et al, 1977 ; Lewis et al, 1977 ; Calkins et al, 1981 ; Ockerman et al, 1984 ; Seideman et Crouse, 1986 ; Seideman et al, 1986 ; Seideman et Koohmaraie, 1987 ; Whipple et al, 1990 ; Crouse et al, 1991 ; Harris et al, 1992 ; Jones et Tatum, 1994 ; Wheeler et al, 1994, 1996 ; Geesink et al, 1995 ; Gregory et al, 1995 ; Barkhouse et al, 1996 ; Wulf et al, 1996b), le présent travail met en évidence une forte variabilité des qualités de la viande bovine entre animaux qui ne peut être expliquée par des effets du milieu particuliers puisque l'échantillonnage des animaux expérimentaux, leur mode d'élevage, les conditions d'abattage et les traitements technologiques ont été standardisés au maximum.

Parmi ces qualités de la viande, on constate que c'est la tendreté qui présente la plus grande variabilité et qu'il est possible de mieux prédire à partir des caractéristiques biologiques du muscle mesurées sitôt l'abattage. C'est ainsi que la taille des fibres apparaît avoir un rôle non négligeable sur la tendreté : la viande des animaux qui ont des fibres plus petites est jugée plus tendre ($r = -0,33$) et présente une moindre résistance mécanique ($r = +0,28$). Des résultats essentiellement nord américains, mais également danois, ont déjà mis en évidence ce type de relations, bien que moins prononcées ($r = -0,11$ et $+0,19$ en moyenne respectivement).

La composante collagénique joue également un rôle non négligeable sur la note de tendreté. Une telle incidence ne se retrouve pas dans les travaux nord américains, ce qui peut s'expliquer par le fait que dans ces travaux le degré de cuisson de la viande est nettement supérieur à celui de la présente étude. En effet, compte tenu que la solubilité du collagène augmente avec la température, la tendreté ne doit dépendre que relativement peu du collagène au degré de cuisson appliqué dans les travaux nord américains.

Les mesures de contrainte sont relativement indépendantes de cette composante collagénique du fait que ces mesures estiment essentiellement le degré de maturation myofibrillaire. Par contre ces mesures de contrainte dépendent en premier lieu du type de fibres à travers le métabolisme énergétique (LDH, ICDH, Fer) et le type contractile (Myosine I). Il apparaît que les animaux qui ont des muscles avec un métabolisme plus oxydatif que glycolytique et une plus forte proportion de fibres à contraction lente donnent des viandes qui mûrissent moins bien, et sont finalement plus dures. Un résultat similaire a également été trouvé par Zamora et al (1996a,b) avec des taurillons Charolais. Par contre on ne retrouve pas une telle liaison dans des travaux nord américains qui ont étudié la tendreté en relation avec le typage histo-chimique des fibres. Malgré des résultats moins nets : il apparaît que dans cinq travaux sur sept la tendreté est favorablement liée aux fibres de type I (rouge-lente).

Enfin si la teneur en lipides intramusculaires apparaît légèrement favorable à la tendreté ($+0,19$), elle est le premier déterminant de la note de flaveur ($r = +0,32$). Compte tenu des faibles teneurs en lipides des animaux de la présente étude, leur relation avec la flaveur est linéaire sans qu'apparaisse un plateau au delà duquel la flaveur n'est pas améliorée comme dans les études de Goutefongea et Valin (1978) et de Denoyelle (1995). Des relations du même ordre de grandeur ont été mises en évidence dans les travaux nord américains qui essayent de quantifier l'impact du degré de persillé sur la tendreté et la flaveur. Cependant la flaveur est loin de dépendre de la seule teneur en lipides. Il semblerait que les taurillons caractérisés par des muscles avec une plus forte proportion de fibres plutôt " blanches ", à métabolisme glycolytique, aient une flaveur un peu plus marquée ($r = +0,22$). Cette relation entre ces deux variables au sein d'une population de taurillons de même race ne correspond pas à celle qui existe lorsque sont comparées les viandes d'espèces différentes : les viande " rouges " présentent une intensité de flaveur supérieure à celle des viandes " blanches " (Valin, 1988).

La part de la variabilité des qualités de la viande qu'il est possible d'expliquer par les caractéristiques du muscle au moment de l'abattage ne dépasse pas 34% au maximum, et ne permet pas d'envisager dans l'immédiat d'utiliser ces

équations pour une gestion individuelle des qualités de la viande pour chaque animal abattu. Il est possible d'invoquer une insuffisante maîtrise des erreurs de mesure lors de la détermination des caractéristiques musculaires et des qualités de la viande pour expliquer la modestie de ces équations de prédiction. Toutefois il faut très certainement invoquer la non prise en compte dans cette étude des enzymes protéolytiques impliquées dans la maturation. En effet, même si elles sont en relation avec le type de fibre, des mesures directes de ces protéinases et de leurs inhibiteurs devraient améliorer la prédiction de la tendreté (Ouali, 1990). Toutefois ces systèmes sont complexes, les mesures délicates et les travaux réalisés jusqu'à présent n'ont pas permis de mettre en évidence une

mesure unanimement reconnue (Calkins et al, 1987 ; Whipple et al, 1990 ; Shackelford et al, 1991, Zamora et al, 1996a,b). Ces derniers auteurs ont ainsi montré que l'activité initiale de la calpastatine ou la teneur en inhibiteurs de sérine protéinases expliquent une part non négligeable des différences de vitesse de maturation de la viande entre taurillons Charolais. Les travaux nord américains retiennent l'intérêt de l'activité de la calpastatine à 24 h dont une mesure simplifiée a été mise au point pour étudier la variabilité individuelle sur un nombre suffisant d'animaux. La relation entre cette activité et la force de cisaillement est positive, mais relativement modeste : $r=+0.21$ en moyenne (Shackelford et al, 1994 ; Wulf et al, 1996a,b).

RÉFÉRENCES

- ANDERSEN B.B., LYKKE T., KOUSGAARD K., BUCHTER L., PEDERSEN J.W., 1977. Beretn. fra Stat. Husdyrb. Forsog, 453
- BARKHOUSE K.L., VAN VLECK L.D., CUNDIFF L.V., KOOHMARAIE M., LUNSTRA D.D., CROUSE J.D., 1996. *J. Anim. Sci.*, 74, 2612-2621
- CALKINS C.R., DUTSON T.R., SMITH G.C., CARPENTER Z.L., DAVIS G.W., 1981. *J. Food Sci.*, 46, 708-710
- CALKINS C.R., SEIDEMAN S.C., CROUSE J.D., 1987. *J. Anim. Sci.*, 64, 1148-1457
- CROUSE J.D., KOOHMARAIE M., SEIDEMAN S.D., 1991. *Meat Sci.*, 30, 295-302
- DENOYELLE C., 1995. *Viandes Prod. Carnés*, 16, 89-92
- GEAY Y., RENAND G., 1994. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 177-182
- GEESINK G.H., KOOLMEES P.A., VAN LAACK H.L.J.M., SMULDERS F.J.M., 1995. *Meat Sci.*, 41, 7-17
- GOUTEFONGEA R., VALIN C., 1978. *Ann. Tech. Agric.*, 27, 609-627
- GREGORY K.E., CUNDIFF L.V., KOCH R.M., 1995. *J. Anim. Sci.*, 73, 1920-1926
- HARRIS J.J., MILLER R.K., SAVELL J.W., CROSS H.R., RINGER L.J., 1992. *J. Food Sci.*, 57, 6-9
- JONES B.K., TATUM J.D., 1994. *J. Anim. Sci.*, 72, 1492-1501
- LEWIS P.K., BROWN C.J., HECK M.C., 1977. *J. Anim. Sci.*, 45, 254-260
- OCKERMAN H.W., JAWOREK D., VAN STAVERN B., PARRATT N., PIERSON C.J., 1984. *J. Anim. Sci.*, 59, 981-990
- OUALI A., 1990. *J. Muscle Foods*, 1, 129-165
- OUALI A., 1991. *Prod. Anim.*, 4, 151-160
- SEIDEMAN S.C., CROUSE J.D., 1986. *Meat Sci.*, 17, 55-72
- SEIDEMAN S.C., CROUSE J.D., CROSS H.R., 1986. *Meat Sci.*, 17, 79-95
- SEIDEMAN S.C., KOOHMARAIE M., 1987. *Meat Sci.*, 20, 281-291
- SHACKELFORD S.D., KOOHMARAIE M., WHIPPLE G., WHEELER T.L., MILLER M.F., CROUSE J.D., REAGAN J.O., 1991. *J. Food Sci.*, 56, 1130-1135
- SHACKELFORD S.D., KOOHMARAIE M., CUNDIFF L.V., GREGORY K.E., ROHRER G.A., SAVELL J.W., 1994. *J. Anim. Sci.*, 72, 857-863
- TOURAILLE C., 1994. *Renc. Rech. Ruminants*, 1, 169-176
- VALIN C., 1988. *Reprod. Nutr. Develop.*, 28, 845-856
- WHEELER T.L., CUNDIFF L.V., KOCH R.M., 1994. *J. Anim. Sci.*, 72, 3145-3151
- WHEELER T.L., CUNDIFF L.V., KOCH R.M., CROUSE J.D., 1996. *J. Anim. Sci.*, 74, 1023-1035
- WHIPPLE G., KOOHMARAIE M., DIKEMAN M.E., CROUSE J.D., 1990. *J. Anim. Sci.*, 68, 4193-4199
- WULF D.M., MORGAN J.B., TATUM J.D., SMITH G.C., 1996a. *J. Anim. Sci.*, 74, 569-576
- WULF D.M., TATUM J.D., GREEN R.D., MORGAN J.B., GOLDEN B.L., SMITH G.C., 1996b. *J. Anim. Sci.*, 74, 2394-2405
- ZAMORA F., DEBITON E., LEPETIT J., LEBERT A., DRANSFIELD E., OUALI A., 1996a. *Meat Sci.*, 43, 321-333
- ZAMORA F., CANISTRO J., TASSY C., LEPETIT J., LEBERT A., OUALI A., 1996b. *Viandes Prod. Carnés*, 17, 315-318