



Qualité de la viande de bœufs de six races à viande

P.-A. DUFEY et A. CHAMBAZ, Agroscope Liebefeld-Posieux (ALP), Tioleyres 4, CH-1725 Posieux

@ E-mail: pierre-alain.dufey@alp.admin.ch
Tél. (+41) 26 40 77 111.

Résumé

La qualité de la viande de 138 bœufs de six races à viande, Angus (AN), Simmental (SI), Charolais (CH), Limousin (LI), Blonde d'Aquitaine (BL) et Piémontais (PI), a été comparée. Dans la première série, les animaux ont été abattus au même état d'engraissement (couverture régulière; classe de tissus gras 3 CH-TAX) et, dans la deuxième, lorsqu'ils atteignaient 3 à 4% de graisse intramusculaire (GIM) dans le muscle *longissimus dorsi*, estimé par ultrasonographie. Les teneurs moyennes en GIM ont été respectivement de 1,7 et 3,2% pour le premier et le deuxième groupe. Les AN et CH ont fourni une viande un peu pâle, avec la plus faible teneur en fer héminique. Les AN se sont caractérisés par des pertes d'exsudat très faibles et en revanche par les pertes de cuisson les plus élevées. Les PI ont offert les meilleures caractéristiques sensorielles avec le taux de GIM le plus bas, tandis que les SI donnaient la viande la moins tendre. En conclusion, des différences de qualité évidentes sont apparues entre les races et l'augmentation du taux de graisse intramusculaire n'a pas contribué à améliorer la qualité de la viande.

Introduction

La qualité de la viande entre différentes races bovines a été comparée dans de nombreuses études. Cependant, ces comparaisons ont été réalisées soit avec des croisements, soit dans des conditions de production et d'alimentation très différentes de celles de la Suisse ou encore en comparant les races avec un critère d'abattage semblable, comme l'âge, la durée d'engraissement, le poids vif final ou l'état d'engraissement. Des comparaisons des races sur la base d'un même taux de graisse intramusculaire (ou lorsque la viande a un persillé semblable) ont été faites, mais toutes après ajustement statistique des moyennes. L'objectif de cette étude était de comparer des races à viande très différentes quant à leur précocité, mais placées dans les mêmes conditions expérimentales, et de les comparer à deux niveaux de maturité différents, au même état d'engraissement et avec une teneur en graisse intramusculaire (GIM) semblable, afin de déterminer l'impact d'un critère d'abattage donné sur la qualité de la viande.

Les performances zootechniques des races ainsi que les aspects liés à la qualité de la carcasse et aux coûts de production ont déjà été présentés dans cette même revue (DUFEY *et al.*, 2002; DUFEY et CHAMBAZ, 2002; HERMENJAT *et al.*, 2003).

Matériel et méthodes

Races et conditions expérimentales

Au total, 138 bœufs de six races pures, Angus (AN; 75% sang AN), Simmental (SI), Charolais (CH; type «culard» exclu), Limousin (LI), Blonde d'Aquitaine (BL) et Piémontais (PI), ont été engraisés en stabulation libre en deux séries comprenant respectivement 12 et 11 animaux par race. Dans la première série, les animaux ont été abattus à un état d'engraissement défini par une couverture de graisse régulière, correspondant à la classe de tissus gras 3 CH-TAX (série TG3) et, dans la deuxième, lorsque le taux de 3 à 4% de GIM a été atteint dans le long dorsal, un muscle du faux-filet (série GIM). Les conditions expérimentales sont détaillées dans l'article précédent (DUFEY *et al.*, 2002).

Analyses

Le matériel et les méthodes utilisés ne sont pas décrits ici, mais peuvent être obtenus auprès de l'auteur.

Les mesures et analyses de qualité de viande ont été effectuées sur un muscle de l'ailoyau, le *longissimus thoracis* (LT), et sur un muscle de la cuisse, le *biceps femoris* (BF).

Analyse statistique

Une analyse de variance et une comparaison multiple des moyennes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 0,05$) ont été effectuées pour chaque variable. L'analyse de variance intègre les effets des races, du critère d'abattage (séries) et de l'interaction races/séries. Lorsqu'une interaction se produit ($p < 0,05$), les résultats des races sont présentés pour chacune des séries.

Dans la série GIM, les BL et PI ont été maintenus dans la mise en valeur en raison de l'intérêt de ces résultats, bien qu'ils n'aient pu atteindre le taux de GIM de 3 à 4% souhaité après quinze mois d'engraissement (ils ont atteint respectivement 2,4 et 2,3%). La comparaison de ces deux races avec les autres a été effectuée avec cette réserve.

Résultats

Evolution du pH et de la température

Le pH des muscles est proche du neutre (7,0-7,2) du vivant de l'animal. A la mort de celui-ci, la dégradation du glycogène se fait par voie anaérobie. Cette dégradation est ainsi incomplète et produit de l'acide lactique. Son accumulation dans les muscles conduit à une acidification du milieu et à un abaissement du pH.

► **Comparaison entre séries:** dans la série *GIM*, les températures des muscles LT et BF sont plus élevées que dans la série *TG3* d'environ 1 et 3 °C, après respectivement une et trois heures post mortem (tabl. 1). Une des conséquences est que l'abaissement du pH est significativement plus rapide ($p < 0,001$) après trois heures chez les animaux qui sont plus lourds et plus gras (série *GIM*), bien qu'ils aient un pH encore légèrement plus élevé une heure post mortem. Entre une et trois heures, ces différences se montent à respectivement environ -0,2 et -0,3 unité de pH pour les muscles LT et BF.

Le pH final est donc plus rapidement atteint chez les animaux plus lourds de la série *GIM*.

► **Comparaison entre races:** une heure après l'abattage, le pH des différentes races est semblable pour le muscle LT, alors que, dans le muscle BF, les BA présentent déjà un pH légèrement plus bas que les CH (tabl. 1).

Entre une et trois heures, le pH du muscle LT chute le plus rapidement chez les BA et le moins rapidement chez les AN. Pour le muscle BF, ces différences n'apparaissent pas. Les deux interactions présentes liées à l'évolution de la température du muscle BF indiquent que les changements observés entre les deux stades de maturité (*TG3* et *GIM*) sont beaucoup plus importants chez les SI que chez les autres races. Au stade *TG3*, les SI ont les déperditions de chaleur les plus fortes et les plus rapides. Comme race à fort développement musculaire, les PI se distinguent des autres par une chute plus rapide de la température dans le muscle LT entre une et trois heures post mortem. Cette évolution est semblable pour les AN et les SI.

Un pH chutant trop rapidement après l'abattage de même qu'un abaissement insuffisant, se soldant par un pH final supérieur à 5,90, induisent deux défauts de qualité: la viande PSE (viande pâle-molle et aqueuse) et la viande DCB (viande à coupe sombre). Ces défauts ne sont apparus sur aucun des animaux de l'étude.

Pertes de poids de la viande

Les pertes de poids sont liées au pouvoir de rétention d'eau de la viande. Ce critère de qualité est un des plus importants. Il se mesure de différentes manières et à différents moments, en sou-

mettant ou non la viande à certaines contraintes mécaniques (mise sous vide) ou thermiques (congélation/cuisson). Les pertes d'exsudat correspondent aux pertes de poids de la viande durant deux jours sans contrainte mécanique et reflètent les pertes potentielles en barquette. Dans cette étude, les pertes d'exsudat ont été mesurées et la viande a été soumise à des contraintes mécaniques (mise sous vide) et à des contraintes thermiques (congélation/cuisson).

► **Comparaison entre séries:** pour le muscle LT, les différences de poids et d'âge à l'abattage des animaux de la série *GIM* se traduisent systématiquement par des pertes de poids plus importantes de l'ordre de 0,5 point pour les pertes d'exsudat à 1,9 point pour les pertes de cuisson (tabl. 2). De telles différences n'apparaissent pas pour le muscle BF.

Les interactions présentes pour les pertes d'exsudat sont essentiellement observées chez les PI. Cette race s'est comportée différemment des autres d'une série à l'autre.

► **Comparaison entre races:** les SI et surtout les AN ont les pertes d'exsudat les plus faibles, ce qui reflète un meilleur pouvoir de rétention d'eau (tabl. 2). Les pertes les plus élevées se situent chez les BA et chez les PI, lorsque ces derniers sont abattus au stade *TG3* (interaction). En moyenne, aucune des races testées ne dépasse la valeur limite de 4,5%. Pourtant, pris individuellement, respectivement 38, 24,

Tableau 1. Résultats des valeurs pH et de températures dans les muscles LT et BF¹.

		Races						Séries ²		Effets		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Interaction
Muscle LT												
pH _{1 heure}		6,60	6,59	6,61	6,59	6,56	6,53	6,55	6,61	n.s	***	n.s
Température _{1 heure}		38,4 ^{ab}	37,3 ^c	37,9 ^b	38,5 ^{ab}	39,1 ^a	38,3 ^{ab}	37,7	38,8	***	***	n.s
pH _{3 heures}		6,24 ^a	6,13 ^c	6,21 ^{ab}	6,12 ^{bc}	6,02 ^d	6,10 ^c	6,20	6,07	***	***	n.s
Température _{3 heures}		31,0 ^{bc}	30,4 ^c	32,0 ^b	32,9 ^a	33,7 ^a	31,4 ^b	30,6	33,3	***	***	n.s
pH _{48 heures}		5,55 ^{ab}	5,56 ^{ab}	5,54 ^b	5,57 ^{ab}	5,59 ^a	5,58 ^a	5,57	5,56	**	n.s	n.s
pH _{1-3 heures}		0,35 ^c	0,45 ^{bc}	0,40 ^{bc}	0,46 ^b	0,54 ^a	0,43 ^{bc}	0,34	0,53	***	***	n.s
Température _{1-3 heures}		7,4 ^a	6,9 ^a	5,9 ^b	5,6 ^b	5,3 ^b	6,9 ^a	7,1	5,5	***	***	n.s
Muscle BF												
pH _{1 heure}		6,60 ^{ab}	6,59 ^{ab}	6,63 ^a	6,61 ^{ab}	6,53 ^b	6,60 ^{ab}	6,54	6,64	*	***	n.s
Température _{1 heure}		38,8 ^a	37,5 ^b	37,8 ^b	38,1 ^{ab}	38,7 ^a	37,8 ^b	37,6	38,6	***	***	n.s
pH _{3 heures}		6,01 ^b	6,09 ^{ab}	6,12 ^a	5,99 ^b	5,99 ^b	6,02 ^b	6,13	5,95	**	***	n.s
Température _{3 heures}		32,9 ^a	30,4 ^c	31,2 ^{bc}	32,2 ^{ab}	32,1 ^{ab}	31,7 ^{ac}	31,7		***	***	*
	<i>TG3</i>	34,4 ^c	34,2 ^c	34,2 ^{bc}	36,0 ^a	35,7 ^{ab}	33,7 ^c		34,7	***	***	
pH _{48 heures}	<i>GIM</i>	5,51 ^c	5,53 ^{bc}	5,53 ^{ac}	5,55 ^{ab}	5,55 ^{ab}	5,57 ^a	5,56	5,52	**	***	n.s
pH _{1-3 heures}		0,59	0,49	0,50	0,61	0,54	0,57	0,41	0,69	n.s	***	n.s
Température _{1-3 heures}	<i>TG3</i>	5,5 ^{ab}	7,0 ^a	5,7 ^{ab}	5,5 ^{ab}	6,1 ^{ab}	5,5 ^b	5,9		*	***	
	<i>GIM</i>	4,7 ^a	3,3 ^{ab}	4,5 ^a	2,6 ^b	3,5 ^{ab}	4,7 ^a		3,9	*	***	**

¹LT: muscle *longissimus thoracis*; BF: *biceps femoris*. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire.

Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

Tableau 2. Pouvoir de rétention d'eau des muscles LT et BF¹.

		Races						Séries ²		Effets		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Inter-action
Muscle LT												
Pertes d'exsudat _{4 jours p.m.} (%)	TG3	1,4 ^b	1,6 ^b	3,3 ^a	3,4 ^a	4,0 ^a	3,6 ^a	2,9		***	***	***
	GIM	1,8 ^c	3,2 ^b	3,7 ^{ab}	4,3 ^a	4,3 ^a	2,9 ^b		3,4	***		
Pertes de maturation _{14 jours p.m.} (%)	TG3	2,5 ^c	2,7 ^{bc}	2,7 ^{bc}	2,8 ^{bc}	3,5 ^a	3,3 ^{ab}	2,9		**	***	***
	GIM	3,4 ^{ab}	3,8 ^a	3,4 ^{ab}	3,0 ^{bc}	3,6 ^{ab}	2,7 ^c		3,3	**		
Pertes de décongélation (%)		8,3 ^a	7,5 ^{ab}	7,2 ^{bc}	6,7 ^{bd}	6,1 ^d	6,4 ^{cd}	6,7	7,4	***	**	n.s
Pertes de cuisson (%)		15,4 ^a	13,6 ^b	13,4 ^b	12,1 ^{bc}	11,4 ^c	11,8 ^{bc}	12,0	13,9	***	***	n.s
Muscle BF												
Pertes d'exsudat _{4 jours p.m.} (%)	TG3	1,3 ^d	1,5 ^d	2,6 ^c	2,9 ^{bc}	3,4 ^{ab}	3,8 ^a	2,6		***	n.s	***
	GIM	1,8 ^c	1,9 ^c	2,7 ^b	2,9 ^b	3,4 ^a	2,7 ^b		2,6	***		
Pertes de maturation _{14 jours p.m.} (%)	TG3	2,5 ^a	2,5 ^a	2,9 ^a	2,8 ^a	3,1 ^a	3,1 ^a	2,8		*	n.s	**
	GIM	3,2 ^a	2,7 ^{ab}	2,6 ^{ab}	3,0 ^{ab}	2,9 ^{ab}	2,5 ^b		2,8	*		
Pertes de décongélation (%)	TG3	7,4 ^a	7,6 ^a	7,8 ^a	6,7 ^a	5,1 ^b	5,4 ^b	6,7		***	***	**
	GIM	7,7 ^a	5,8 ^{ab}	6,5 ^{ab}	5,3 ^{bc}	5,3 ^{bc}	5,1 ^c		6,0	***		
Pertes de cuisson (%)		13,1 ^a	12,4 ^a	13,4 ^a	11,9 ^{ab}	10,5 ^b	10,7 ^b	12,0	12,0	***	n.s	n.s

¹LT: muscle *longissimus thoracis*; BF: *biceps femoris*. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire.

Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

17 et 14% des animaux des races BA, LI, CH et PI ont eu des pertes supérieures à 4,5%. Aucun animal des races AN et SI n'a dépassé cette limite.

La situation est différente après une mise sous vide et 14 jours de maturation, suivis de contraintes thermiques (congélation/cuisson). Les AN ont alors les pertes les plus importantes et les BA et PI les moins importantes. Les écarts sont de l'ordre de 20 à 45% selon les variables et les muscles.

Couleur de la viande

La couleur peut se mesurer de manière tout à fait précise à l'aide d'un chromamètre. Le système utilisé CIELAB a été élaboré afin que les valeurs exprimées aient la meilleure concordance possible avec la perception visuelle humaine, selon une norme internationale (Commission internationale de l'énergie). Ces valeurs sont, pour la viande, la luminosité L* (0-100; noir-blanc), l'in-

tensité de la teinte rouge a* (0-60) et l'intensité de la teinte jaune b* (0-60).

Les normes habituellement utilisées pour la viande bovine situent les valeurs de sa luminosité (L*) entre 34 et 40.

► **Comparaison entre séries:** la différence d'âge moyenne de quatre mois entre les deux séries TG3 et GIM induit des changements pratiquement pour l'ensemble des variables examinées (tabl. 3). La viande est, pour les ani-

Tableau 3. Couleur à 2 et 14 jours post mortem des muscles LT et BF¹.

		Races						Séries ²		Effets		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Inter-action
Muscle LT												
Luminosité _{2 jours}	L*	37,0 ^a	36,3 ^a	37,4 ^a	36,6 ^a	36,0 ^a	34,6 ^b	36,9	35,8	***	***	n.s
Teinte rouge _{2 jours}	a*	13,2	12,6	12,7	12,8	12,6	12,1	12,7		n.s	***	**
		13,5 ^a	14,2 ^a	14,4 ^a	14,3 ^a	12,6 ^b	12,5 ^b		13,6	***		
Teinte jaune _{2 jours}	b*	3,6 ^a	3,4 ^{ab}	3,3 ^{ab}	3,0 ^{ab}	3,0 ^{ab}	2,7 ^b	3,2		*	***	*
		3,4 ^{cd}	4,7 ^a	4,7 ^{ab}	4,5 ^{ac}	3,6 ^{bd}	3,5 ^d		4,1	**		
Luminosité _{14 jours}	L*	39,8 ^a	38,0 ^{bc}	40,0 ^a	38,6 ^b	38,2 ^{bc}	37,0 ^c	39,1	38,1	***	**	n.s
Teinte rouge _{14 jours}	a*	14,2 ^{ab}	14,4 ^a	14,2 ^{ab}	14,2 ^a	13,4 ^{bc}	13,3 ^c	13,7	14,2	**	*	n.s
Teinte jaune _{14 jours}	b*	3,5	3,9	4,0	3,6	4,3	3,5	3,8		n.s	n.s	***
		4,5 ^a	4,3 ^{ab}	4,5 ^a	4,2 ^{ab}	3,6 ^b	2,9 ^c		4,0	***		
Muscle BF												
Luminosité _{2 jours}	L*	35,9	35,3	35,8	35,3	35,8	35,5	36,1	35,2	n.s	***	n.s
Teinte rouge _{2 jours}	a*	16,1 ^b	16,9 ^a	15,6 ^{bc}	15,1 ^{cd}	14,6 ^{de}	14,3 ^e	15,4		***	***	***
		15,8 ^b	17,1 ^a	17,1 ^a	17,5 ^a	16,7 ^{ab}	15,6 ^b		16,6	*		
Teinte jaune _{2 jours}	b*	4,5 ^b	5,4 ^a	4,2 ^{bc}	3,7 ^{bc}	3,5 ^c	3,2 ^c	4,1		***	***	***
		4,0 ^b	5,9 ^a	5,6 ^a	6,1 ^a	5,8 ^a	5,4 ^a		5,4	***		
Luminosité _{14 jours}	L*	38,6 ^a	36,9 ^b	38,0 ^{ab}	37,2 ^b	37,7 ^{ab}	37,2 ^b	38,2	37,0	**	***	n.s
Teinte rouge _{14 jours}	a*	16,6 ^{ab}	17,1 ^a	16,6 ^{ab}	16,4 ^b	16,4 ^b	15,6 ^c	15,9	17,0	***	***	n.s
Teinte jaune _{14 jours}	b*	4,5 ^a	4,9 ^a	4,5 ^a	4,1 ^a	5,4 ^a	4,2 ^a	4,6		*	***	*
		6,1 ^a	5,8 ^a	5,8 ^a	5,5 ^a	5,0 ^a	4,8 ^a		5,5	*		

¹LT: muscle *longissimus thoracis*; BF: *biceps femoris*. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire.

Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

Tableau 4. Stabilité de la couleur entre les 2^e et 14^e jours post mortem des muscles LT et BF¹.

			Races						Séries ²		Effets		
			AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Inter-action
Muscle LT													
Luminosité _{2-14 jours}	Δ L*	TG3 GIM	2,8 ^a	1,7 ^c	2,6 ^{ab}	2,0 ^{bc}	2,2 ^{ac}	2,4 ^{ac}	2,2	2,3	**	n.s	n.s
Teinte rouge _{2-14 jours}	Δ a*		0,8	0,9	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	0,6	n.s	*	n.s
Teinte jaune _{2-14 jours}	Δ b*		−0,1 ^b	0,6 ^{ab}	0,8 ^{ab}	0,3 ^{ab}	1,3 ^a	0,8 ^{ab}	0,6		*	***	***
			1,1 ^a	- 0,4 ^b	−0,2 ^b	- 0,3 ^b	0,0 ^b	−0,6 ^b		−0,1	**		
Ecart de couleur _{2-14 jours}	Δ E*		3,3	2,6	3,0	2,5	2,8	2,9	2,9	2,8	n.s	n.s	n.s
Muscle BF													
Luminosité _{2-14 jours}	Δ L*	TG3 GIM	2,7	1,6	2,2	1,9	1,8	1,7	2,1	1,8	n.s	n.s	n.s
Teinte rouge _{2-14 jours}	Δ a*		0,1 ^{ab}	−0,1 ^b	0,1 ^{ab}	0,4 ^{ab}	1,5 ^a	0,7 ^{ab}	0,5		*	n.s	**
		TG3 GIM	1,2 ^a	0,2 ^{ab}	0,3 ^{ab}	−0,4 ^b	0,0 ^{ab}	0,8 ^{ab}		0,4	*		
Teinte jaune _{2-14 jours}	Δ b*		−0,0 ^b	−0,5 ^b	0,4 ^{ab}	0,4 ^{ab}	1,9 ^a	1,0 ^{ab}	0,5		***	*	***
		TG3 GIM	2,1 ^a	−0,1 ^b	0,2 ^b	−0,6 ^b	−0,8 ^b	−0,5 ^b		0,1	***		
Ecart de couleur _{2-14 jours}	Δ E*		2,4	2,3	3,3	3,0	3,4	2,7	2,9		n.s	n.s	***
			4,2 ^a	2,6 ^b	2,3 ^b	1,9 ^b	2,3 ^b	2,6 ^b		2,7	**		

¹LT: muscle *longissimus thoracis*; BF: *biceps femoris*. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire.

Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

maux de la *série GIM*, significativement plus foncée. L'augmentation de l'intensité des composantes rouge et jaune indique une augmentation de la saturation. L'ensemble des différences de luminosité et de saturation entre *TG3* et *GIM* peuvent s'exprimer par l'équation $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$ qui donne pour les muscles LT et BF des valeurs ΔE de 1,7 et 2,0 lorsque les mesures sont effectuées deux jours après l'abattage et 1,1 et 1,9 après une maturation de 14 jours. Ces différences sont considérées comme distinctes pour l'œil humain. Pour le muscle LT, les écarts tendent à s'amenuiser au cours de la maturation.

La période de maturation induit des changements de couleur. La viande a tendance à devenir plus claire, alors que la saturation des deux composantes rouge et jaune augmente légèrement. Ces changements résultent de l'effet combiné des modifications de la structure du muscle, de l'état chimique du principal pigment de la viande, la myoglobine, et des pertes de liquide interstitiel (exsudat).

La stabilité de la couleur, autre critère de qualité, a été mesurée par la différence entre les valeurs après deux et quatorze jours post mortem lors d'une conservation sous vide. Les données du tableau 4 indiquent que l'évolution de la couleur est semblable pour les deux niveaux d'âge des *séries TG3* et *GIM*, excepté pour la composante jaune du muscle LT.

► **Comparaison entre races:** les races se différencient entre elles quant à la couleur de leur viande. Il ressort du tableau 3 que le faux-filet de la race Piémontais est le plus foncé et le moins

saturé dans l'intensité des composantes rouge et jaune. Comme on l'a dit auparavant, une viande bovine devrait avoir une valeur L^* située entre 34 et 40 au moment de la vente. Si on considère les valeurs après 14 jours de maturation, on s'aperçoit que les AN et les CH atteignent en moyenne ces valeurs critiques. Pris individuellement, respectivement plus de 39 et 48% des animaux AN et CH présentaient un faux-filet trop clair. Ce problème n'apparaît pas pour un muscle de type oxydatif comme le muscle BF.

Les modifications de couleur durant la maturation figurent dans le tableau 4 et sont les plus marquées chez les AN pour la luminosité et l'intensité de la composante jaune, en particulier dans la *série GIM*. Chez cette race, les différences globales de couleur (ΔE^*) n'augmentent significativement que pour le muscle BF.

Fer héminique

C'est sous forme héminique que le fer est le mieux assimilé par l'organisme humain, et la viande constitue la seule source nutritionnelle de fer sous cette forme.

► **Comparaison entre séries:** avec quatre mois d'écart entre les deux *séries TG3* et *GIM*, le fer héminique a augmenté de façon importante de respectivement 17 et 21% dans les muscles LT et BF comme l'indiquent les figures 1 et 2. Le muscle LT en contient environ 50% de moins que le muscle BF. Cette différence provient du fait que le muscle LT est un muscle à prédominance de fibres blanches, ce qui traduit un métabolisme de type plutôt glycolytique.

► **Comparaison entre races:** le muscle LT des PI contient significativement plus de fer héminique que toutes les autres races (fig. 1). Entre races, les

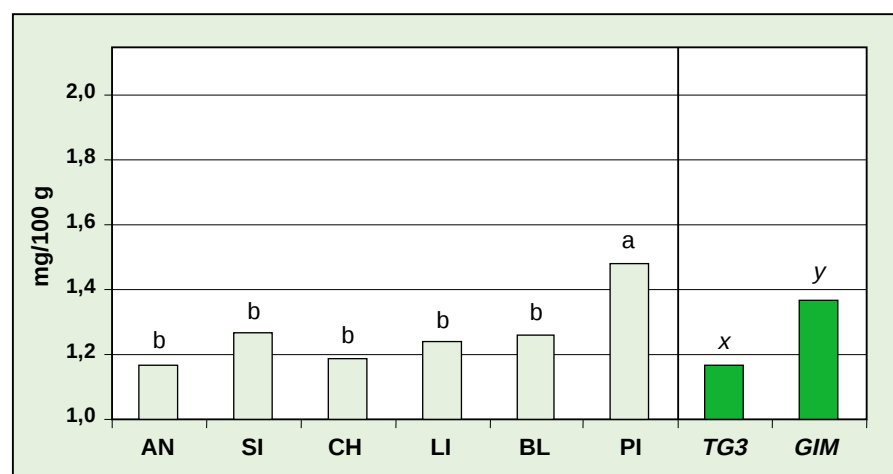


Fig. 1. Teneurs en fer héminique dans le muscle *longissimus thoracis* (LT) pour chacune des races et à deux stades de développement.

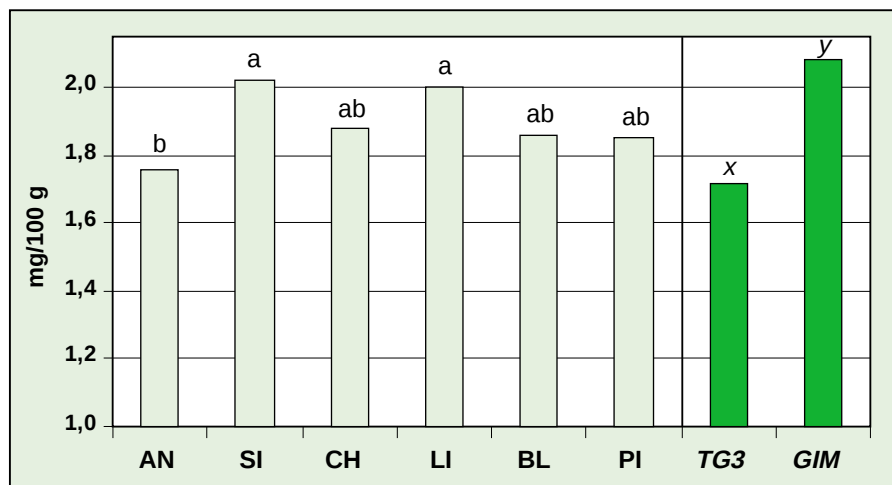


Fig. 2. Teneurs en fer héminique dans le muscle *biceps femoris* (BF) pour chacune des races et à deux stades de développement.

différences ne s'expliquent pas uniquement par l'âge puisque, d'une part, les BA ont le même âge que les PI et que, d'autre part, cette observation ne se vérifie pas dans le muscle BF (fig. 2). L'assimilation du fer varie selon la race, alors que l'alimentation est semblable, et, pour une race donnée, selon le type de muscle. Dans le muscle BF, les SI et les LI ont des teneurs significativement plus élevées que les AN.

Teneurs de la viande

► **Comparaison entre séries:** les teneurs évoluent avec l'âge des animaux (tabl. 5). Entre 14,4 et 18,4 mois (séries TG3 et GIM), la teneur en graisse intramusculaire a augmenté respectivement de 88 et 67% dans les muscles LT

et BF. Cette très forte augmentation est essentiellement compensée par une diminution de la teneur en eau.

► **Comparaison entre races:** des différences importantes sont présentes: à un même état d'engraissement (TG3), les races à forte charnure, plus tardives, ont environ un point de moins de graisse intramusculaire, à l'exception des CH. Dans la série GIM, les différences sont liées à l'impossibilité d'atteindre le taux de 3 à 4% escompté avec les races BA et PI après 14 mois d'engraissement. L'interaction présente est due aux LI qui ont un écart très important de plus de 2,5 points entre ces deux stades de maturité. Les teneurs en protéines ne varient pas ou que très faiblement, les différences observées sont essentiellement dues à des différences génétiques. Les races tardives (LI, BA, PI) ont un

taux de protéines plus élevé que les races plus précoces, en particulier dans le muscle BF où il y a deux points d'écart entre les extrêmes (races AN et PI).

Les muscles contiennent globalement un peu plus d'éléments minéraux chez les races tardives que chez les plus précoces.

Mesures physico-chimiques liées à la tendreté

Collagène (tabl. 6)

Le collagène est la principale protéine du tissu conjonctif et répond de la dureté basale du muscle. Les muscles à fortes teneurs en collagène sont potentiellement plus durs que ceux qui en contiennent peu.

► **Comparaison entre muscles:** la dureté basale du muscle BF est plus élevée que celle du muscle LT. Dans les séries TG3 et GIM, le muscle BF contient respectivement environ 250 et 100 mg de collagène en plus que le muscle LT.

► **Comparaison entre séries:** les animaux de la série GIM ont été abattus avec en moyenne quatre mois (deux à sept mois) de plus. Or, l'effet de l'âge à l'abattage sur la teneur en collagène varie selon les muscles. En effet, cette teneur ne change pas dans le muscle LT, alors qu'elle diminue fortement dans le muscle BF. Cela indique que la proportion de protéines myofibrillaires a fortement augmenté par rapport aux protéines conjonctives ou que l'on assiste à une forte dilution des protéines

Tableau 5. Teneurs dans les muscles frais LT et BF¹.

			Races						Séries ²		Effets		
			AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Interaction
Muscle LT													
Eau	(%)	TG3	74,9 ^{ab}	75,0 ^{ab}	75,3 ^a	75,2 ^a	75,2 ^a	74,5 ^b	75,0		*		
		GIM	74,3 ^a	73,6 ^{ab}	73,7 ^{ab}	72,9 ^b	73,9 ^{ab}	74,1 ^a		73,8	*	***	**
Matières minérales	(%)	TG3	1,04 ^b	1,03 ^b	1,07 ^{ab}	1,07 ^a	1,07 ^{ab}	1,09 ^a	1,1		***		
		GIM	0,99 ^d	1,03 ^{cd}	1,06 ^{bc}	1,07 ^{bc}	1,10 ^b	1,18 ^a		1,1	***	n.s	***
Graisse intramusculaire	(%)	TG3	2,6 ^a	2,3 ^{ab}	1,8 ^{ac}	1,3 ^{bc}	1,1 ^c	1,3 ^c	1,7		***		
		GIM	3,7 ^a	3,4 ^a	3,7 ^a	3,9 ^a	2,4 ^b	2,3 ^b		3,2	***	***	*
Protéines	(%)		21,2 ^d	21,8 ^c	21,6 ^c	22,4 ^b	22,7 ^{ab}	22,8 ^a	22,1	22,0	***	n.s	n.s
Muscle BF													
Eau	(%)	TG3	75,7 ^{ab}	75,9 ^{ab}	76,4 ^a	76,5 ^a	75,8 ^{ab}	75,3 ^b	76,0		**		
		GIM	74,8	75,0	75,3	74,7	75,0	75,2		75,0	n.s	***	*
Matières minérales	(%)	TG3	1,00 ^c	1,03 ^{bc}	1,05 ^{ab}	1,08 ^{ab}	1,15 ^a	1,15 ^a	1,1		***		
		GIM	0,98 ^c	1,11 ^{ab}	1,04 ^{bc}	1,19 ^a	1,06 ^{ab}	1,09 ^{ab}		1,1	***	n.s	***
Graisse intramusculaire	(%)		3,5 ^a	3,2 ^a	2,7 ^b	2,0 ^c	1,7 ^{cd}	1,3 ^d	1,8	3,0	***	***	n.s
Protéines	(%)		19,6 ^d	19,9 ^d	19,8 ^d	20,7 ^c	21,3 ^b	21,9 ^a	20,7	20,4	***	***	n.s

¹LT: muscle *longissimus thoracis*; BF: *biceps femoris*. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire.

Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

conjonctives entre ces deux stades de maturité. Ce qui indiquerait également que le développement musculaire est plus tardif dans la cuisse que dans la partie dorsale. Les PI constituent une exception qui est signalée par l'interaction présente. L'évolution du collagène dans cette race ne semble pas se dérouler de la même manière, puisqu'elle est très peu marquée.

► **Comparaison entre races:** dans le muscle LT, les AN, SI et CH ont significativement plus de collagène que les LI et surtout que les PI et BA. Les différences entre races sont beaucoup plus marquées pour le muscle BF en particulier dans la *série TG3*, où les CH, SI et AN ont en moyenne 49% de collagène en plus que les PI. Ces énormes différences s'estompent un peu avec l'âge, puisqu'au stade *GIM* choisi, les CH et AN n'ont plus que 28 et 37% de plus de collagène que les PI et BA.

Solubilité du collagène (tabl. 6)

La solubilité rend compte de la faculté que le collagène a de se solubiliser en milieu humide et à une température donnée. Elle est une mesure indirecte des liaisons entre les fibres de collagène. Plus ces liaisons sont nombreuses, moins le collagène se solubilise. La solubilité en est donc l'expression qualitative.

► **Comparaison entre séries:** dans notre étude, l'augmentation de l'âge des animaux entre les *séries TG3* et *GIM* ne s'est pas répercutée sur la solubilité puisque, même si elle est à la baisse, cette dernière est minime.

► **Comparaison entre races:** les PI se distinguent pour ce paramètre en ayant, selon le muscle examiné, la valeur la plus élevée (LT) et la moins élevée (BF).

Indice de fragmentation myofibrillaire (tabl. 6)

L'indice de fragmentation myofibrillaire (MFI) indique le degré de fragmentation des fibres. En principe, plus cet indice est élevé, plus la viande devrait être tendre.

► **Comparaison entre séries:** après 14 jours de maturation, un abattage plus tardif (*série GIM*) donne pour les muscles LT et BF un indice plus bas d'environ 30 points.

► **Comparaison entre races:** les interactions présentes sont dues aux BA

et surtout aux PI pour lesquels la diminution entre les *séries TG3* et *GIM* est encore plus importante. Dans le muscle BF de la *série GIM*, l'indice des PI est le plus bas parmi les races examinées.

Longueur des sarcomères (tabl. 6)

La longueur des sarcomères indique l'état de contraction des myofibrilles et, par extension, des fibres musculaires. Plus les fibres sont contractées, plus la viande sera dure. Du vivant de l'animal, la longueur normale est d'environ 2 μm . La longueur moyenne par animal correspond aux mesures de 120 sarcomères. Les moyennes par race ne délivrent qu'une partie de l'information, l'autre partie étant fournie par le pourcentage de sarcomères légèrement ou fortement contractés (fig. 3).

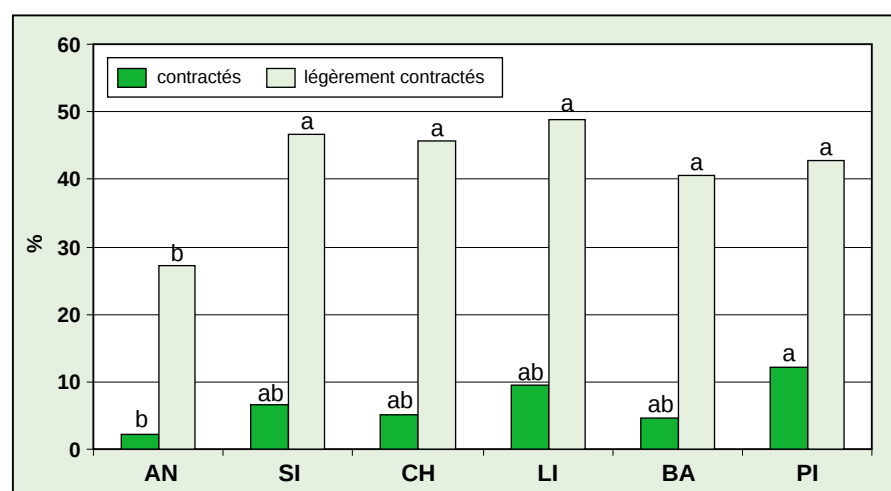


Fig. 3. Pourcentage de sarcomères contractés dans le muscle longissimus thoracis LT.

Tableau 6. Analyses et mesures en relation avec la tendreté des muscles LT et BF¹.

		Races						Séries ²		Effets		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Inter-action
Muscle LT												
Collagène (mg/100 g)		559 ^a	550 ^a	545 ^a	495 ^b	431 ^c	456 ^c	504	508	***	n.s	n.s
Solubilité du collagène (%)		34 ^{ab}	36 ^a	33 ^{ab}	35 ^a	31 ^b	36 ^a	35	34	*	n.s	n.s
MFI ³ 14 jours		147	154	157	163	163	159	157		n.s	***	*
	TG3	133	138	131	135	113	114		127	n.s		
Sarcomères (longueur) (μm)		1,89 ^a	1,81 ^b	1,81 ^b	1,79 ^b	1,84 ^{ab}	1,78 ^b	1,84	1,80	**	*	n.s
Force de cisaillement 14 jours (kg)		2,83 ^a	2,96 ^a	2,94 ^a	2,78 ^a	2,67 ^{ab}	2,49 ^b	2,68	2,88	**	**	n.s
Muscle BF												
Collagène (mg/100 g)	TG3	832 ^a	835 ^{ab}	854 ^a	720 ^b	730 ^b	566 ^c	756		***	***	**
	GIM	677 ^a	604 ^{ac}	680 ^a	632 ^{ab}	496 ^c	529 ^{bc}		603	***	***	**
Solubilité du collagène (%)		34 ^a	35 ^a	34 ^a	32 ^{ab}	29 ^{bc}	27 ^c	33	31	***	*	n.s
MFI ³ 14 jours	TG3	155 ^b	168 ^a	171 ^a	171 ^{ab}	182 ^a	174 ^a	170		**	***	***
	GIM	143 ^a	152 ^a	152 ^a	146 ^a	143 ^a	118 ^b		142	***	***	***
Sarcomères (longueur) (μm)	TG3	2,04 ^a	1,92 ^{ab}	1,93 ^{ab}	1,96 ^{ab}	1,89 ^b	1,89 ^b	1,94		*	n.s	*
	GIM	1,99 ^{ab}	2,01 ^{ab}	2,07 ^a	1,90 ^b	1,93 ^{ab}	1,94 ^{ab}		1,97	*		
Force de cisaillement 14 jours (kg)	TG3	2,99 ^a	2,16 ^c	2,77 ^{ab}	2,52 ^{ac}	2,51 ^{ac}	2,13 ^{bc}	2,51		***	***	**
	GIM	2,94 ^{bc}	3,27 ^{ac}	3,88 ^a	3,50 ^{ab}	3,57 ^{ab}	2,63 ^c		3,30	***	***	**

¹LT: muscle longissimus thoracis; BF: biceps femoris. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire. ³MFI: Indice de fragmentation myofibrillaire. Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

► **Comparaison entre races:** pour le muscle LT, les AN ont en moyenne des sarcomères plus longs que ceux des autres races comparées, exception faite des BA. Les AN ont également moins de sarcomères légèrement à fortement contractés (fig. 3).

Les sarcomères dans le muscle BF sont plus longs d'environ $0,14 \mu\text{m}$ que ceux du muscle LT. Ce muscle semble ainsi moins exposé au problème de contractions post mortem.

Force de cisaillement (tabl.6)

La force de cisaillement est une mesure instrumentale qui permet d'évaluer la tendreté de la viande. Les mesures s'effectuent sur de la viande cuite. Dix échantillons de diamètre identique sont prélevés sur la tranche avec un emporte-pièce rond. Ils sont ensuite cisailés avec une lame non aiguisée. La force maximale nécessaire au cisaillement est enregistrée.

► **Comparaison entre séries:** le choix du moment d'abattage ou du stade de développement peut avoir une incidence sur la force de cisaillement. Pour les muscles étudiés, les valeurs sont significativement plus élevées dans la *série GIM*, c'est-à-dire dans la série où les animaux avaient environ quatre mois de plus (deux à sept mois). Les différences sont de respectivement +0,2 et +0,8 kg pour les muscles LT et BF, le muscle LT se montrant ainsi moins sensible à l'effet de l'âge. Au stade TG3, ces deux muscles ont une dureté comparable, le muscle BF étant même sensiblement plus tendre. La situation s'inverse par la suite puisque, à l'exception des AN et des PI, le muscle BF des autres races a augmenté en dureté de plus de 1 kg.

► **Comparaison entre races:** les PI présentent la viande la plus tendre quels que soient le muscle ou la maturité. L'interaction présente pour le muscle BF est due principalement aux AN, la force de cisaillement ne changeant pas.

► **Comparaison entre muscles LT:** selon la zone examinée, le muscle LT ou faux-filet présente des différences de dureté dans sa longueur (caudal à cranial) mais également dans une zone donnée selon la position par rapport à la surface de la tranche. La figure 4 permet de visualiser les quatre zones comparées, dorsale-médiale, dorsale-latérale, ventrale-médiale, ventrale-latérale. Comme le montrent les résultats de la figure 5, la zone la plus tendre est située vers la partie ventrale-médiale du faux-filet alors que la partie la plus dure se situe vers la partie ventrale-latérale. Sur l'ensemble des races exami-

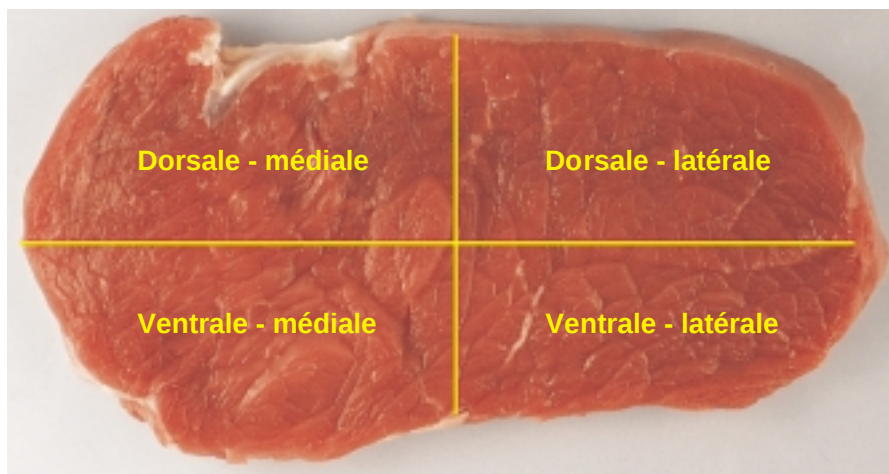


Fig. 4. Emplacement des quatre zones mesurées dans le muscle *longissimus thoracis* pour la force de cisaillement.

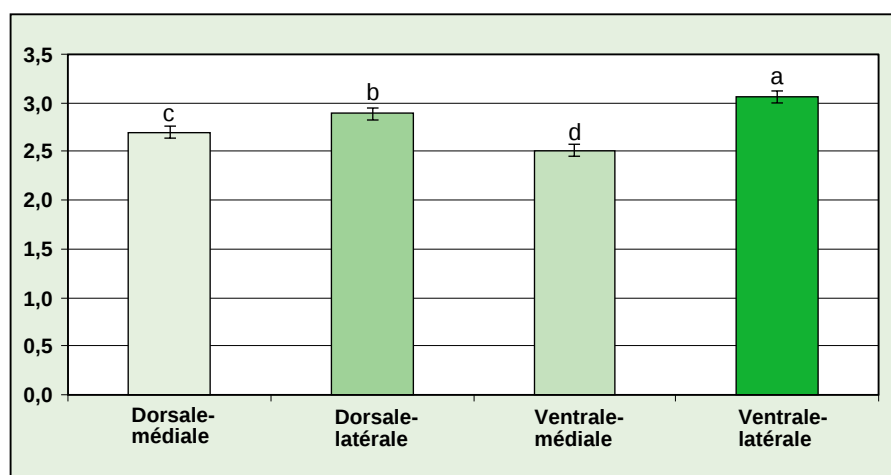


Fig. 5. Variations de dureté de différentes zones du muscle *longissimus thoracis* mesurées par la force de cisaillement.

┘ = erreur standard de la moyenne.

nées, la différence moyenne est de 0,5 kg. Ces différences entre zones sont exactement les mêmes quelle que soit la maturité (*série TG3* ou *GIM*), l'interaction zone-série étant de $p = 0,91$.

Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle permet de mesurer l'intensité d'une variable sensorielle à l'aide de personnes dont les sens ont été préalablement entraînés. Les trois variables objectives de l'étude, ou grandeur sensorielle simple, sont la flaveur, la jutosité et la tendreté. La flaveur est l'ensemble des perceptions gustato-olfactives perçues au niveau du palais (saveurs) et par voie rétro-nasale (arômes). Ces variables sont considérées comme objectives parce qu'elles décrivent l'intensité d'une caractéristique donnée de l'objet examiné ou testé. Au contraire de la préférence qui, elle, est une variable subjective puisque hédonique,

c'est-à-dire se référant à l'appréciation personnelle du sujet. Dans le premier cas, le dégustateur est utilisé comme un instrument de mesure, dans le deuxième comme un consommateur.

► **Comparaison entre séries:** les caractéristiques sensorielles sont un peu moins favorables dans l'ensemble pour le faux-filet des animaux de la *série GIM* (tabl. 7). Toutefois, seule la tendreté est significativement différente entre les deux séries. Les animaux de la *série GIM* ont une viande significativement moins tendre de 0,4 point. Les différences entre races sont nettement moins marquées dans la *série TG3* que dans la *série GIM*, à l'exception de la tendreté où ces différences sont du même ordre.

► **Comparaison entre races:** la viande des races examinées est sensoriellement différente. La grandeur sensorielle la plus discriminante est la tendreté quel que soit le niveau de maturité. Les viandes des PI et des SI sont respecti-

Tableau 7. Analyses sensorielles du faux-filet (muscle LT)¹.

		Races						Séries ²		Effets		
		AN	SI	CH	LI	BA	PI	TG3	GIM	Races	Séries	Inter-action
Muscle LT												
Flaveur (pts)	TG3 GIM	4,56 ^{ab}	4,21 ^b	4,41 ^{ab}	4,44 ^{ab}	4,37 ^{ab}	4,63 ^a	4,49	4,39	*	n.s	n.s
Jutosité (pts)		4,60	4,57	4,90	4,91	4,94	4,55	4,74		n.s		
		3,64 ^b	4,03 ^{ab}	4,56 ^{ab}	4,91 ^a	4,93 ^a	5,20 ^a		4,54	**	n.s	*
Tendreté (pts)		4,60 ^b	3,98 ^c	4,64 ^b	4,79 ^b	4,91 ^b	5,68 ^a	4,96	4,57	***	**	n.s
Préférence (pts)		4,64 ^{bc}	4,38 ^c	4,75 ^{ac}	4,84 ^{ac}	4,98 ^{ab}	5,29 ^a	4,93	4,69	**	n.s	n.s

¹LT: muscle *longissimus thoracis*. ²TG3: Animaux abattus avec la note 3 d'état d'engraissement (CH-TAX); GIM: Animaux abattus avec 3 à 4% de graisse intramusculaire. Les valeurs d'une même ligne portant des indices différents sont significativement différentes (test de Newman-Keuls, $\alpha = 5\%$).

vement plus tendres et plus dures que toutes les autres. Les extrêmes sont séparées par 1,7 point, ce qui est relativement important. La viande des animaux abattus au même état d'engraissement (TG3) ne présente pas de différences de jutosité. Des différences apparaissent lorsque les animaux sont abattus plus tardivement (série GIM), puisque la viande des LI, BA et surtout des PI est significativement plus juteuse que celle des AN. Le critère le moins discriminant est la flaveur. La viande des PI possède cependant significativement plus de flaveur que celle des SI.

Relation de la tendreté avec certaines variables

Les corrélations entre la tendreté sensorielle et diverses variables figurent dans le tableau 8. Les corrélations qui sont significatives avec la tendreté pour l'ensemble des données sont toutes négatives et indiquent des relations plus ou moins indépendantes des races et de leurs grandes différences de précocité. A l'intérieur des races, ces corrélations sont plus ou moins fortes, mais vont d'une manière générale toutes dans le même sens, à l'exception de la graisse

intramusculaire. La force de cisaillement est la variable la plus fortement corrélée avec la tendreté, en particulier chez les CH, SI et LI.

Parmi les facteurs explicatifs potentiels de la tendreté, l'âge des animaux, qui va pourtant de 316 à 729 jours, ne joue aucun rôle, que ce soit globalement ou à l'intérieur des races, sauf chez les BA. Aucune relation linéaire ou curvilinéaire également pour le pH et la température trois heures post mortem, les MFI et la longueur des sarcomères.

Les valeurs de graisse intramusculaire ont varié de 0,86 à 7,04% pour l'ensemble des animaux examinés. Elles ne présentent pas de relation positive avec la tendreté; au contraire, la corrélation est significativement négative, c'est-à-dire que lorsque la quantité de graisse intramusculaire augmente, la viande a tendance à devenir moins tendre. A l'intérieur des races, cette relation ne se vérifie pas chez les SI. L'épaisseur de la graisse sous-cutanée étant assez bien corrélée avec la graisse intramusculaire ($r = 0,56$), elle suit la même tendance que la GIM, étant même plus étroitement corrélée.

Les pertes de cuisson, la quantité de collagène et surtout la quantité de collagène insoluble contribuent à diminuer

la tendreté. Cette dernière variable est également significative avec la tendreté chez les BA.

Discussion

pH

L'évolution de la température après l'abattage dépend de deux facteurs: la masse musculaire et la couche de graisse sous-cutanée; celle du pH, de trois facteurs: l'abaissement de la température, la prédominance d'un type de fibres et le potentiel glycolytique (statut énergétique). Si les carcasses sont placées dans les mêmes conditions, la température chutera moins rapidement dans les carcasses ayant une plus grande masse musculaire et une couche de graisse sous-cutanée plus épaisse. La conséquence directe est une chute plus rapide du pH, et encore plus rapide dans les muscles où les fibres blanches sont prédominantes (métabolisme énergétique de type anaérobie).

Ces phénomènes s'observent ici entre les séries TG3 et GIM. Ces deux séries correspondent à des maturités différentes: les animaux de la série GIM sont abattus en moyenne avec un poids mort

Tableau 8. Corrélations entre certaines variables et la tendreté sensorielle du faux-filet (muscle LT)¹.

		Tendreté sensorielle (pt)						
		AN 23	SI 23	CH 23	LI 21	BA 21	PI 22	Global 133
Muscle LT								
Age (jours)		0,06	0,02	-0,03	-0,09	-0,62**	-0,14	0,15
Graisse sous-cutanée (mm)		-0,28	-0,07	-0,35	-0,29	-0,26	-0,13	-0,35***
Graisse intramusculaire (%)		0,13	0,41	-0,08	-0,21	-0,38	0,00	-0,21*
pH _{3 heures}		-0,25	-0,32	0,25	-0,13	0,05	0,13	-0,13
Température _{3 heures}		0,20	0,15	-0,37	-0,15	-0,32	0,05	0,04
Pertes de cuisson (%)		-0,24	-0,32	-0,31	-0,12	-0,20	0,08	-0,27**
Collagène total (mg/100 g)		-0,15	-0,06	-0,34	0,00	-0,13	0,01	-0,34***
Collagène insoluble (mg/100 g)		-0,03	-0,16	-0,29	-0,44	-0,51*	-0,01	-0,41***
MFI _{14 jours}		0,27	0,34	0,33	0,14	0,37	0,09	0,17
Sarcomères (longueur) (μm)		0,21	0,25	0,19	0,19	-0,12	0,09	0,02
Force de cisaillement _{14 jours} (kg)		-0,34	-0,61**	-0,72***	-0,51*	-0,26	-0,36	-0,54***

¹LT: muscle *longissimus thoracis*. ²MFI: Indice de fragmentation myofibrillaire.

supérieur de 88 kg et avec une couverture de graisse plus épaisse de 4,2 mm, mesurée entre la 12^e et la 13^e côte au-dessus du muscle LT (DUFEY et CHAMBAZ, 2002).

L'évolution de la température chez les PI ne correspond pas à celle des autres races à fort développement musculaire et cela provient certainement du fait que, d'une part, les PI ont un aloyau relativement moins développé que les autres races à viande (DUFEY et CHAMBAZ, 2002) et que, d'autre part, l'isolation des muscles est réduite en raison d'une épaisseur de graisse sous-cutanée plus faible.

Couleur de la viande

La couleur est très importante dans la mesure où elle contribue d'une façon déterminante à la qualité visuelle du produit. Le prix excepté, la couleur est un des principaux critères d'achat, même si elle n'est pas corrélée avec des différences de qualité gustative (CARPENTER *et al.*, 2001). Actuellement, la couleur de la viande bovine ne fait l'objet d'aucune taxation aux abattoirs. Dans une production très standardisée, comme ce fut le cas ces dernières décennies, la couleur avait perdu de son importance. Ainsi, ces pratiques d'élevage ont fixé chez le consommateur des références de couleur. Les changements de pratiques d'élevage ainsi que l'apparition de nouvelles races bovines en Suisse pourraient poser un problème d'acceptance chez le consommateur. Les acteurs de la filière viande réagissent en principe assez rapidement selon le marché qu'ils desservent. Toutefois, il n'existe pour l'heure aucune étude qui fixe des valeurs limites dans le système CIELAB (mesures $L^*a^*b^*$), définissant la couleur idéale pour un marché donné. Les valeurs limites utilisées pour commenter les résultats proviennent du marché allemand et sont les seules actuellement disponibles dans la littérature (ENDER, 1995). Elles demeurent donc assez approximatives pour le marché suisse, certes petit en volume, mais très diversifié.

La viande de certains animaux, notamment des races AN et CH, s'approche de celle de veau quant à la pâleur. Plusieurs auteurs, dont RENERRE (1982), ont montré que la couleur de la viande évolue assez fortement avec l'âge des animaux jusqu'à environ 24 mois en relation avec l'augmentation du fer héminique mais que, dans le même temps, sa stabilité tend à diminuer durant la conservation. Les animaux de ce projet se situent dans cette tranche d'âge et

les différences d'âge de quatre mois entre les séries confirment ces observations, sauf pour la stabilité. Pourtant, ces résultats montrent que les teneurs en fer héminique sont fortement dépendantes de la race et du type de muscle à un âge donné. Comme attendu, le fer héminique est le principal facteur explicatif des différences de luminosité de la viande entre races. Calculée après 14 jours de maturation, la corrélation entre ces deux variables s'élève respectivement à -0,81 et -0,68 pour les muscles LT et BF.

Tendreté

La tendreté est un des principaux critères de qualité de la viande bovine et pour lequel les consommateurs sont prêts à payer davantage (DRANSFIELD, 1998). Concernant les races, les résultats de l'analyse sensorielle font ressortir trois niveaux de tendreté bien distincts, allant du plus au moins tendre: PI>AN-CH-LI-BA>SI. Que l'on compare les résultats lorsque les animaux sont au même état d'engraissement ou qu'ils possèdent une teneur en graisse intramusculaire semblable, le stade de maturité n'y change rien. L'analyse sensorielle est beaucoup plus discriminante que la force de cisaillement pour ce niveau de tendreté. La corrélation avec la force de cisaillement n'est pas très étroite ($r = -0,56$) mais indique les mêmes tendances. D'une manière générale, les animaux de cette étude ont eu une viande qui peut être considérée comme tendre à très tendre, si on compare les valeurs obtenues aux valeurs limites données par SHACKELFORD *et al.* (1991) et VAN KOEVERING *et al.* (1995) de 3,9 et 4,5 kg pour de la viande respectivement très tendre et tendre. Il faut se rappeler que la viande examinée dans cette étude provenait d'animaux castrés et avait subi une maturation de 14 jours. Les résultats des Simmentals sont conformes à ce que nous avons déjà observé dans d'autres essais (DUFEY, 1987 et 1988).

Parmi les facteurs explicatifs reconnus et pris en considération dans cette étude, aucun ne semble jouer un rôle déterminant sur la tendreté. Si les causes sont multifactorielles, certaines d'entre elles ne déploient leurs effets que dans certaines conditions, comme la longueur des sarcomères ou le pH, ou qu'à partir d'un certain seuil quantitatif, notamment la teneur en collagène, ce qui peut expliquer une apparente contradiction entre les résultats de différentes études. Une observation est intéressante à relever: les sarcomères

contractés sont l'indication de conditions non optimales de réfrigération des carcasses. Avec une proportion importante de sarcomères contractés, on peut parler de muscle contracté. Les deux types de contractures pouvant intervenir à ce stade sont celles dues au froid et au chaud. L'une a lieu lorsque les carcasses sont réfrigérées trop rapidement et l'autre lorsqu'elles le sont trop lentement. Dans ces deux cas de figure, la corrélation avec la tendreté est très étroite (SHORTHOSE et HARRIS, 1991). Les deux mesures effectuées trois heures post mortem, le pH et la température, permettent d'exclure la contracture due au froid mais indiqueraient par contre des conditions manifestement favorables à une contracture au chaud. Les races à fort développement musculaire ne représentent pas du tout le type habituel de carcasses sur le marché suisse. Leur introduction pourrait occasionner certaines déceptions si les abattoirs ne sont pas équipés en conséquence quant à la capacité de réfrigération de leurs cellules frigorifiques.

Conséquences d'un abattage à 3-4% de GIM

Le souhait d'avoir un persillé plus important que celui qui prévaut actuellement sur le marché dans la viande de bœuf est souvent évoqué par les milieux de la boucherie, de la restauration et de la gastronomie. Il en découlerait un gain de qualité supplémentaire. Le critère d'abattage actuel du marché suisse et de la plupart des marchés européens correspond au critère utilisé dans la série TG3. A ce stade de développement, les animaux fournissent en général un persillé peu important, le taux de graisse intramusculaire se situant entre 1 et 2,5% (DUFEY et CHAMBAZ, 1999) selon les races. Pour obtenir un persillé plus important et bien visible, c'est-à-dire 3 à 4% de GIM, le stade de maturité des animaux doit être différent. Dans notre étude, ce taux a pratiquement doublé entre les deux stades de maturité examinés. En moyenne, le taux de GIM est passé de 1,7% dans la série TG3 à 3,2% dans la série GIM. Les conséquences de cette pratique avec des races à viande sur les paramètres zootechniques et sur la qualité bouchère des carcasses ont déjà été présentées dans cette revue (DUFEY *et al.*, 2002; DUFEY et CHAMBAZ, 2002). Les conséquences sur la qualité de la viande sont discutées ici.

Placées dans les mêmes conditions d'abattage, les carcasses avec 3 à 4% de GIM dans le faux-filet ont une dé-

perdition de chaleur plus lente, ce qui modifie la cinétique de l'abaissement du pH. Un des effets est d'augmenter les pertes de poids ou de diminuer le pouvoir de rétention d'eau, en particulier dans les muscles dits «blancs» avec une prédominance de fibres blanches, c'est-à-dire dont le métabolisme énergétique se fait par voie glycolytique, comme le faux-filet. Les pertes supplémentaires s'élevaient à 2,5 points. La viande de ces animaux est par conséquent moins juteuse, la jutosité résultant pour une grande part de l'ensemble des pertes de jus de la maturation à la cuisson ($r = -0,65$). Par contre, l'effet du pH sur la couleur est largement compensé par une augmentation importante de la teneur en fer héminique et par conséquent par un assombrissement de la viande, particulièrement intéressant pour les races AN et CH. En ce qui concerne la tendreté, la force de cisaillement indique une augmentation de dureté de 0,2 kg en moyenne dans le muscle LT et l'analyse sensorielle une diminution significative de la tendreté. L'augmentation de la dureté peut être, à l'exemple du muscle BF, beaucoup plus importante pour d'autres muscles. Malgré une quantité beaucoup plus importante de graisse intramusculaire, l'intensité de la flaveur n'augmente pas. En ce qui concerne l'analyse sensorielle, les comparaisons doivent être faites avec une certaine prudence, puisqu'il n'y a pas eu de comparaison directe des viandes. Toutefois, les différences vont dans le même sens que celles des analyses physico-chimiques. Les effets décrits ci-dessus auraient vraisemblablement encore été renforcés si les 3 à 4% de GIM avaient été atteints par les races BA et PI.

Bibliographie

- CARPENTER C. E., CORNFORTH D. P., WHITTIER D., 2001. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. *Meat Science* 57, 359-363.
- DRANSFIELD E., 1998. The value of beef tenderness to the consumer. In: Meat consumption and culture. Proc. 44th International Congress of Meat Science and Technology, Barcelon, Spain, 810-811.
- DUFÉY P.-A., 1987. Qualité de la viande chez les taurillons. *Revue suisse Agric.* 19 (4), 204-207.
- DUFÉY P.-A., 1988. Fleischqualität von Ochsen im Test, ein Vergleich von verschiedenen Rassen bei extensiver Weidemast. *Landwirtschaft Schweiz* 1 (3), 187-191.
- DUFÉY P.-A., CHAMBAZ A., 1999. Production de viande bovine sous label: réflexions sur la qualité. *Revue suisse Agric.* 31 (6), 277-283.
- DUFÉY P.-A., CHAMBAZ A., 2002. Qualité bouchère de bœufs de six races à viande. *Revue suisse Agric.* 34 (6), 281-286.
- DUFÉY P.-A., CHAMBAZ A., MOREL I., CHASSOT A., 2002. Performances d'engraissement de bœufs de six races à viande. *Revue suisse Agric.* 34 (3), 117-124.

Conclusions

- ❑ Aucun défaut de qualité n'a pu être constaté chez les races à viande examinées dans cette étude. Le niveau de qualité moyen peut être considéré comme très bon.
- ❑ La qualité de la viande n'est pas améliorée par une augmentation de la teneur en graisse intramusculaire.
- ❑ Les races se différencient entre elles en particulier quant à la couleur, au pouvoir de rétention d'eau et à la tendreté de leur viande.
- ❑ La race Piémontais présente les meilleures caractéristiques sensorielles, tout en étant parmi les races qui ont le taux de graisse intramusculaire le plus bas.

Zusammenfassung

Fleischqualität von sechs Fleischrinderrassen

In einem Rassenvergleichsversuch wurde die Fleischqualität von 138 Ochsen der sechs Fleischrassen Angus (AN), Simmental (SI), Charolais (CH), Limousin (LI), Blonde d'Aquitaine (BL) und Piemonteser (PI) untersucht. Die Ochsen wurden in der ersten Serie bei gleichem Ausmastgrad (Fettgewebeklasse 3, CH-TAX) und in der zweiten Serie bei Erreichen eines intramuskulären Fettgehaltes (ImF) von 3-4% im langen Rückenmuskel (*longissimus dorsi*) geschlachtet. Die Schätzung des ImF erfolgte anhand von Ultraschallmessungen. Der durchschnittliche ImF betrug in der ersten 1,7% beziehungsweise 3,2% in der zweiten Serie. Das Fleisch von AN und CH Ochsen wies eine etwas zu blasse Fleischfarbe mit den tiefsten Häm-eisengehalten auf. Sehr geringe Tropfsaftverluste wurde bei AN Ochsen gemessen. Hingegen verzeichnete diese Rasse die höchsten Kochverluste. Die Prüfung der sensorischen Eigenschaften ergab für das Fleisch von PI Ochsen die beste Bewertung bei gleichzeitig tiefstem ImF. In Bezug auf die Fleischzartheit nehmen die SI Ochsen den letzten Platz ein. Der Versuch hat einerseits gezeigt, dass Fleischqualitätsparameter rassenabhängig sind und andererseits, dass eine Erhöhung des intramuskulären Fettgehaltes nicht dazu beitrug, die Fleischqualität zu verbessern.

Summary

Meat quality of steers of six beef breeds

Carcass quality was investigated in 138 steers of the six meat breeds Angus (AN), Simmental (SI), Charolais (CH), Limousin (LI), Blonde d'Aquitaine (BL) and Piedmontese (PI). In one group, steers were slaughtered at the same finishing degree defined by the fat grading class 3 (CH-TAX) and in the other group, when attaining a target intramuscular fat (IMF) ultrasonically estimated content of 3-4% in the *longissimus dorsi* muscle.

In the first group, an average IMF content of 1.7% was measured, whereas the second group reached an IMF level of 3.2%. Meat of AN and CH steers was relatively pale in line with the lowest heme iron contents. Very low drip losses were determined in meat of AN steers. But the same breed presented the highest cooking losses. Meat of PI steers was classified best for sensory quality along with the lowest IMF content. With respect to tenderness, SI steers hold the last position. In conclusion, the trial substantiates significant breed differences in meat quality and there is evidence that increasing intramuscular fat content did not contribute to improve meat quality.

Key words: meat quality, carcass quality, fattening steers, beef breeds, intramuscular fat.

- ENDER B., 1995. Vergleichende Untersuchungen zum Schlachtwert und zur Fleischbeschaffenheit bei robusten und fleischbetonten Rindern im Hinblick auf deren Marktfähigkeit. Diplomarbeit. Universität Göttingen.
- HERMENJAT C., CHASSOT A., DUFÉY P.-A., 2003. Résultats économiques de bœufs de six races à viande. *Revue suisse Agric.* 35 (4), 187-195.
- RENERRE M., 1982. La couleur de la viande et sa mesure. *Bulletin Technique CRZV Theix INRA* 47, 47-54.
- SHACKELFORD S. D., MORGAN J. B., CROSS H. R., SAVELL J. W., 1991. Identification of threshold

levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal of Muscle Foods* 2, 289-296.

- SHORTHOSE W. R., HARRIS P. V., 1991. Effects of growth and composition on meat quality. In: Growth Regulation in Farm Animals. Elsevier Applied Science, London and New York, 515-555.
- VAN KOEVERING M. T., GILL D. R., OWENS F. N., DOLEZAL H. G., STRASIA C. A., 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, tenderness and composition of longissimus muscles. *Journal of Animal Science* 73, 21-28.