

Eléments de maîtrise de la couleur des viandes chez les bovins de race Charolaise

M.-P. OURY¹, P. PIERRET¹, D. COULMIER², R. DUMONT¹

¹ AgroSup Dijon, Unité de Recherches sur les Animaux d'Élevage, F-21079 Dijon, France

² DESIALIS, Mont Bernard, F-51000 Châlons-en-Champagne, France

Courriel : mp.oury@enesad.fr

Il est possible d'améliorer la couleur des viandes en intervenant sur de nombreux facteurs d'ordre biologique ou zootechnique. Parmi les facteurs biologiques, l'âge et le poids à l'abattage semblent jouer un rôle déterminant. La composition de la ration et l'utilisation de certaines matières premières, comme la pulpe de betterave, influenceraient également significativement la couleur des viandes.

La couleur rouge de la viande et la couleur jaune du gras sont des caractéristiques majeures de la qualité sensorielle des viandes bovines. En France, comme à l'étranger, ces critères interviennent dans l'orientation et l'adaptation des carcasses aux différents marchés. Jugée de façon empirique dans les abattoirs français, la couleur constitue un critère à part entière de certains systèmes d'évaluation de la qualité, en particulier aux Etats-Unis et en Australie. Ainsi, en plus des critères de qualité comme la quantité de gras intramusculaire visible ou l'épaisseur du gras sous-cutané de la carcasse, le système de classement australien des carcasses «AUS-MEAT» prend en considération la couleur de la viande et la couleur du gras. En France, les opérateurs de la filière signalent assez fréquemment des défauts de couleur des gras et des viandes, qu'ils attribuent aux conditions d'élevage. Dans des systèmes de production où une part non négligeable des viandes bovines est commercialisée sous filière de qualité, la question de la maîtrise de la couleur des viandes prend un sens particulier. Cette question est particulièrement importante en race Charolaise, race tardive, dont la viande se colore moins vite que celle des animaux de races plus précoces et notamment des races laitières (Normand 2005).

Au stade de la consommation, la couleur de la viande et sa stabilité sont des attributs importants de la qualité. Le consommateur relie une couleur rouge à une durée de conservation plus longue et

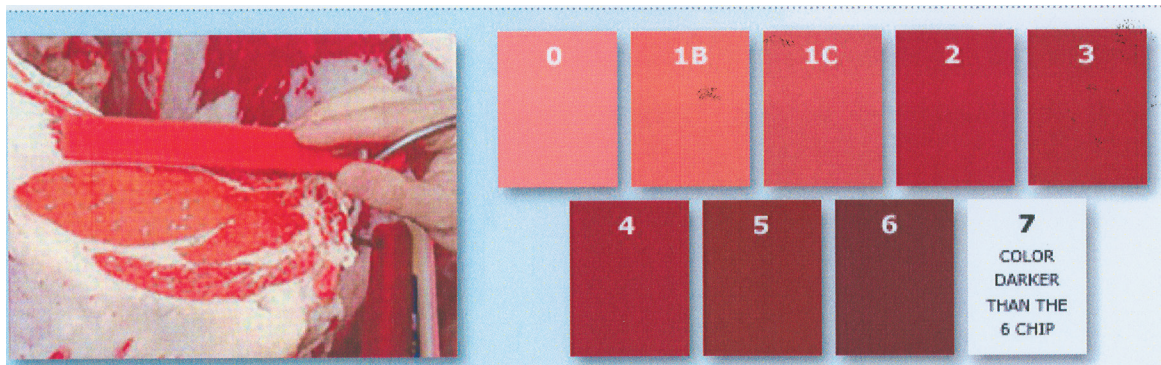
une qualité supérieure. Au contraire, une décoloration en surface peut être interprétée comme un cas de non-fraîcheur. La couleur est ainsi un facteur susceptible d'influer significativement sur la décision d'achat des consommateurs.

Intra-espèce, la couleur est influencée par certains facteurs *ante mortem* tels que la race, le type d'animal, l'âge, l'alimentation, le mode de conduite, les procédures de pré-abattage et le muscle lui-même (Tarrant 1989). Au-delà de ces facteurs *ante mortem*, des facteurs *post mortem* sont également susceptibles d'affecter la couleur des viandes : la stimulation électrique des carcasses, la température interne des muscles, la durée de maturation ou encore les conditions d'emballage et d'éclairage des morceaux (Moevi 2006, Mohamed *et al* 2008).

1 / Définition de la couleur et mécanisme physiologique de variation

La myoglobine est le principal pigment musculaire responsable de la couleur de la viande. Sur viande fraîche, c'est la quantité de pigment rouge dans le muscle qui détermine la saturation. Durant la conservation, la myoglobine peut se trouver sous trois formes différentes dans la viande crue, qui correspondent à des états différents d'oxygénation ou d'oxydation de l'atome de fer. Le passage entre ces différents états est en général réversible.

La couleur de la viande est attribuable d'une part à l'état d'oxydation ou de réduction du pigment myoglobine et d'autre part aux caractéristiques de la viande en surface, en lien avec son pH ultime (Renner 1986). Dans la viande fraîche ou conservée sous vide, la myoglobine est principalement sous forme réduite (Mb). La fixation de molécules d'oxygène conduit à la formation d'oxymyoglobine (OxyMb) à l'origine d'une couleur rouge vif. L'épaisseur de la couche d'oxymyoglobine de surface est influencée par le pH du muscle. A pH élevé (supérieur à 6), la part d'oxygène disponible est faible et les charges négatives des protéines sont en nombre plus élevé, conduisant à une structure «ouverte» de la viande. A pH ultime bas, la structure est dite «fermée», le nombre de charges positives des protéines étant équivalent au nombre de charges négatives. La forme réduite de la myoglobine, de couleur pourpre, est caractéristique du cœur de la viande, où l'oxygène ne diffuse pas. Avec le temps et sous faible pression partielle d'oxygène, la diminution de l'oxygène et l'oxydation du fer hémique de ferreux (Fe^{2+}) à ferrique (Fe^{3+}) conduisent à une couleur brune indésirable due à la formation de metmyoglobine (MetMb) (Mohamed *et al* 2008). Le niveau de saturation d'oxygène dans la barquette d'emballage de la viande est donc un point important, dans la mesure où il contribue à l'oxygénation de la myoglobine et au retardement de la formation de MetMb. L'oxydation de l'OxyMb en MetMb est responsable de la décoloration de la viande sous emballage (Liu *et al* 1996).

Figure 1. Grille de notation de la couleur utilisée en Australie dans le cadre du système AUS-MEAT.

Pour chaque note de la grille, la couleur représentée est la plus foncée.

La couleur de la viande peut également être reliée à la teneur en lipides intramusculaires (Bodas *et al* 2007). Dans la viande d'agneau, une augmentation de la teneur en lipides intramusculaires peut conduire à une plus faible concentration en myoglobine et protéines sarcoplasmiques dans la viande, induisant par là-même un éclaircissement de la couleur de la viande (Babiker *et al* 1990). Dans la viande de bœuf, l'augmentation du degré d'insaturation des lipides des tissus musculaires est susceptible, en induisant une augmentation de leur oxydation, de favoriser l'oxydation de la myoglobine (Wood *et al* 1999, Monahan *et al* 2005). Les acides gras poly-insaturés ont en effet une plus forte sensibilité à l'oxydation que les acides gras saturés (Insausti *et al* 2008). L'oxydation des lipides et des pigments étant responsable de la dégradation de la qualité sensorielle des viandes, un maintien à la fois de la stabilité des lipides et de celle de la couleur rouge de viande fraîche est donc recherchée, afin d'assurer la satisfaction des consommateurs (Liu *et al* 1995, Faustman *et al* 1998, Insausti *et al* 2008).

La couleur de la viande est également attribuable au type de muscle et notamment à son métabolisme et à sa composition en fibres musculaires. Les fibres lentes oxydatives (I) et rapides oxydolytiques (IIA) sont riches en myoglobine. Elles sont généralement associées à une couleur plus rouge et plus foncée que les fibres rapides glycolytiques (IIB/IIX) (Micol et Picard 1997). Les viandes plus rouges (indice de rouge a^* élevé) et plus sombres (luminance L^* faible) ont généralement un métabolisme oxydatif supérieur et à l'inverse un métabolisme glycolytique inférieur comme en témoignent les mesures d'activité de la cytochrome-c oxydase (enzyme représentative du

métabolisme oxydatif) de la lactate deshydrogénase (enzyme représentative du métabolisme glycolytique) (Cuvelier *et al* 2006).

L'appréciation de la couleur peut se faire par évaluation visuelle ou instrumentale. L'appréciation visuelle par un jury est une méthode directe, sensible, synthétique, généralement non destructive et permettant une bonne approche des réactions des consommateurs. Elle s'effectue par un opérateur expert selon des grilles internes aux entreprises, dans la mesure où il n'existe pas en France de grille officielle de classement de la couleur de la viande de gros bovins. Une telle grille existe en revanche en Australie. Elle est communément utilisée pour noter les carcasses susceptibles d'intégrer la filière de commercialisation «*Meat Standards Australia*». Un opérateur agréé attribue donc une note au muscle *longissimus thoracis* (entrecôte ou faux-filet selon la localisation) réfrigéré selon l'échelle du système AUS-MEAT (*Meat Colour Reference Standards* ; figure 1). Cette pratique empirique est menée dans des conditions non optimales ne prenant pas en considération les conditions variables d'éclairage des chambres froides ou encore l'évolution différentielle de la couleur dans le temps selon les carcasses.

Des méthodes physiques instrumentales ont été développées afin de rendre compte des propriétés physiques de la viande. Ces méthodes reposent sur la mesure d'un rayonnement lumineux. Les appareils les plus fréquemment utilisés réalisent des mesures de surface basées sur de la colorimétrie, de la spectrophotométrie, de la spectrocolorimétrie, ou encore de la réflectométrie.

La colorimétrie repose sur le principe que toute couleur peut être reproduite à

partir d'un mélange de trois couleurs dites primaires, qui lui confèrent une position unique dans un espace à trois dimensions. Dans les études antérieures, la couleur a été décrite dans l'espace couleur RVB, communément employé dans les caméras, télévisions et ordinateurs. A chaque pixel correspond une valeur de rouge, de vert et de bleu, qui permet des manipulations arithmétiques simples. D'autres systèmes sont plus adaptés à la vision par l'œil humain mais moins aisés à utiliser. Parmi eux, l'espace colorimétrique CIELAB (CIE 1986) est le plus utilisé en France. Dans ce système, la couleur est définie par la luminance L^* exprimée en pourcentage, allant de 0 pour le noir à 100 pour le blanc, l'indice de rouge a^* (de + 60 à - 60) et l'indice de jaune b^* (de + 60 à - 60). Pour la viande de gros bovins, c'est la luminance qui rend le mieux compte de la couleur de la viande telle qu'elle est perçue par l'homme (Moevi 2006). L'apparence visuelle est également moyennement à fortement corrélée à l'indice de rouge (Zerby *et al* 1999). En revanche, même si des différences ponctuelles peuvent être observées entre lots, l'indice de jaune n'est que très peu relié à la perception de la couleur par l'œil de l'homme (Normand 2004).

En spectrophotométrie, la quantité de lumière réfléchie ou la quantité absorbée par le produit sont mesurées pour chaque longueur d'onde du visible. La couleur est alors mesurée sous la forme d'une intégration d'une courbe de réflexion ou d'absorption sur la totalité du spectre visible. A partir de cette courbe, les coordonnées tri-chromatiques peuvent être calculées ainsi que le degré d'oxydation de la myoglobine en surface (Moevi 2006).

La mise en parallèle des mesures instrumentales et sensorielles permet

d'établir que l'augmentation de la teneur en MetMb, de la valeur de luminance et/ou de l'indice de jaune b^* est synonyme d'une dégradation de la couleur des viandes bovines (évaluée sensoriellement). Au contraire, l'indice de rouge et les pourcentages de Mb ou d'OxyMb mesurés par réflectance sont négativement reliés à la dégradation de la couleur des viandes (Insausti *et al* 2008).

2 / Mise en évidence de l'effet de certains facteurs de variation sur la couleur des viandes

Dans le cadre de différents travaux de recherche mis en place au laboratoire d'analyse des viandes d'AgroSup Dijon, des observations ont pu être faites sur l'influence des pratiques d'élevage et notamment de l'alimentation en finition, sur la couleur des viandes. L'objectif de cette synthèse est, en compilant ces études, de faire le bilan de l'effet des rations de finition, à base de pulpe de betterave, d'ensilage de maïs ou d'herbe pâturée, sur la couleur des gras et des viandes de gros bovins Charolais. Au fil de ces différents travaux, la mesure de la couleur s'est modifiée voire affinée, allant de l'appréciation visuelle, aux mesures spectrophotométriques puis à l'analyse physicochimique du muscle.

Tableau 1. pH et coordonnées tri-chromatiques des muscles chez la génisse et le taurillon.

Type d'animal	Muscle ¹	pH	L* (/ 100)	a*	b*
Génisse (n = 99)	RA	5,79	34,0	20,2	6,2
Génisse (n = 99)	LT	5,52	36,1	24,1	11,8
Taurillon (n = 200)	LT	5,56	42,0	26,5	14,6
Comparaison des muscles RA et LT chez la génisse			P = 0,0002	P < 0,0001	P < 0,0001
Comparaison des types d'animaux pour le muscle LT			P < 0,0001	P < 0,0001	P < 0,0001

¹RA : rectus abdominis ; LT : longissimus thoracis.

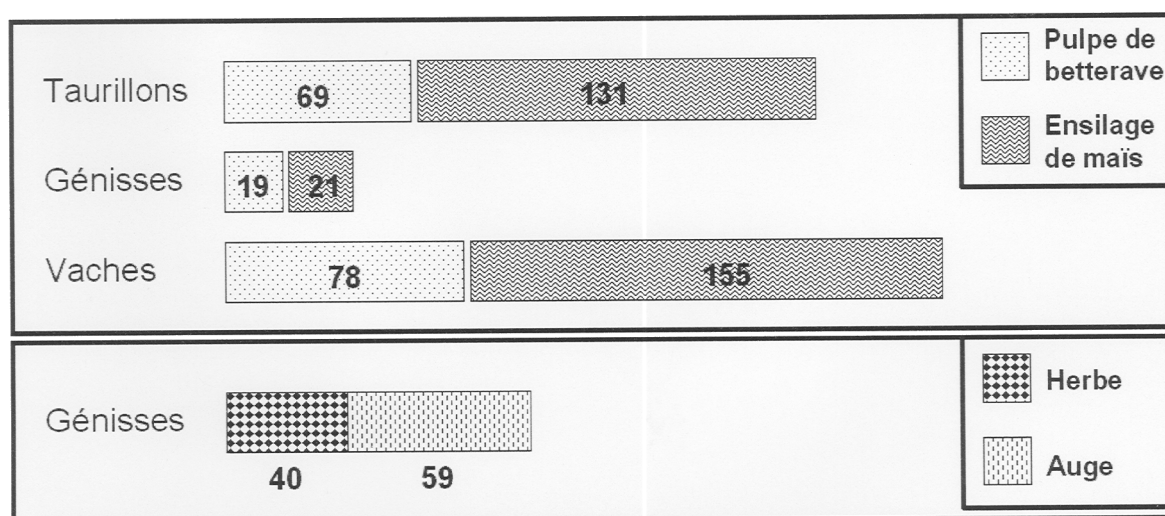
2.1 / Une approche de terrain sur différentes catégories de bovins Charolais

Différentes catégories de bovins Charolais issus d'élevages adhérents à l'Organisation de Producteurs Bourgogne Elevage ont été sélectionnés à l'abattoir. Des enquêtes auprès des éleveurs ont permis de connaître leur mode de finition (figure 2). L'identification de l'animal, sa date de naissance, sa date d'abattage et son poids de carcasse ont été relevés en fin de chaîne d'abattage, ainsi que l'exploitation d'origine. Les caractéristiques des carcasses et des viandes dépendant à la fois des propriétés musculaires *ante mortem* et des transformations lors de la réfrigération et de la maturation, les conditions d'abattage ont été homogénéisées pour parvenir à isoler l'influence des seuls facteurs zootechniques.

Une première étude concerne 233 vaches Charolaises recevant en finition de la pulpe de betterave ($n = 78$) ou de l'ensilage de maïs ($n = 155$) (El Omari 2003, Pierret *et al* 2004). Les vaches ont été abattues en moyenne à 79,3 mois pour un poids de carcasse de 415 kg (tableau 1). La couleur des carcasses a été jugée 12 h *post mortem* par les professionnels de l'abattoir. Pour cela, une grille d'observation interne à l'abattoir comportant 3 modalités de couleur de la viande (claire, rouge, rouge recherché) a été utilisée. La couleur rouge recherchée pourrait correspondre à une note de 4 sur l'échelle de notation australienne (figure 1).

Une deuxième étude concerne 200 taurillons engraisés soit avec de l'ensilage de maïs ($n = 131$) soit avec de la pulpe de betterave ($n = 69$) et abattus à 17,5 mois et 417 kg de poids de carcasse (Pierret *et al* 2006). Sur chaque carcasse, le pH et la couleur ont été

Figure 2. Répartition des effectifs d'animaux observés en ferme.



mesurés sur le muscle *longissimus thoracis* 24 h *post mortem*. La mesure de pH a été effectuée au niveau de la treizième côte-première lombaire, selon l'annexe B de la norme NF V 46-001 d'octobre 1992. L'électrode du pH-mètre a été introduite à une profondeur de 3 cm dans le muscle *longissimus thoracis*. La couleur a été mesurée avec un chromamètre Minolta CR-300 selon le système CIELAB sur une surface rafraîchie et exposée à l'air 2 h à 3°C afin de permettre l'oxygénation des pigments (Renner 1982). La totalité des animaux ont été abattus dans un même abattoir, de manière conventionnelle ou rituelle (halal, casher). La modalité d'abattage étant susceptible d'influer sur la couleur des viandes, cette variable a été introduite dans le modèle statistique.

Une troisième étude concerne 99 génisses de race Charolaise de même catégorie commerciale (33 mois et 381 kg de poids de carcasse), choisies de telle sorte qu'elles représentent les différents types de finition rencontrés sur une année entière en Bourgogne (Oury 2006). Pour chaque animal, une enquête chez l'éleveur a permis de connaître la conduite en période de finition. Parmi ces 99 génisses, deux comparaisons ont été faites :

- la finition au pâturage ($n = 40$) vs la finition à l'auge ($n = 59$),
- la finition avec de la pulpe de betterave ($n = 19$) vs l'ensilage de maïs ($n = 21$).

Sur chaque carcasse, les muscles *rectus abdominis* et *longissimus thoracis* ont été prélevés 24 h *post mortem*. Pour chaque muscle, le pH et la couleur ont été mesurés selon le même protocole que pour l'essai précédent. Les teneurs en fer héminique (Hornsey 1956) et en lipides intramusculaires (méthode de Soxhlet standard ; NF V 04-402, 1968) ont également été déterminées.

Les comparaisons de distributions ont été réalisées par test du χ^2 (Sphinx Lexica 2003). Les analyses de variance à un ou deux facteurs ont été traitées en utilisant la procédure GLM (modèle linéaire généralisé) de SAS 9.1 (SAS Institute 2002-2003). La comparaison multiple des moyennes ajustées (LSMEAN) a été réalisée en utilisant l'option PDIF de la procédure GLM. Les corrélations ont été calculées en utilisant le modèle de Pearson (SAS 9.1).

2.2 / Un écart de couleur entre muscles et catégories de bovins

Une carcasse comporte de nombreux muscles, dont les activités et la pigmentation sont très variables. Le type de muscle est ainsi un facteur important de variation de la teneur en myoglobine et de la couleur au sein d'une carcasse (Renner 1986). Chez les génisses étudiées, le muscle *longissimus thoracis* présente une couleur plus claire ($L^* : 36,1$ vs 34%) que le muscle *rectus abdominis*, mais également des indices de jaune et de rouge plus élevés (tableau 1). La variabilité de la couleur des viandes peut être attribuée notamment aux types métaboliques musculaires. Il faut distinguer ici les muscles oxydatifs conçus pour se contracter lentement et régulièrement et qui sont pourvus de fibres rouges-oxydatives à contraction lente de type I, des muscles glycolytiques pouvant produire une activité intense et dans lesquels se trouvent de façon prépondérante les fibres blanches-glycolytiques à contraction rapide (de type II). Il faut signaler également que les muscles de la carcasse présentent une stabilité de couleur à la conservation très variable. Contrairement à des muscles tels que le *semi-membranosus* ou le *diaphragma*, les muscles *rectus abdominis* et *longissimus thoracis* semblent stables sur le plan de la couleur au cours de la conservation (Moevi 2006).

La pigmentation de la viande bovine dépend également de la maturité physiologique de l'animal, qui combine notamment l'âge et le sexe de l'animal. La luminance du muscle *longissimus thoracis* des taurillons est significativement plus élevée que celle du muscle *longissimus thoracis* des génisses (42 vs $36,1\%$), synonyme d'un muscle plus clair dans le cas des mâles. Il est en effet admis que les viandes de génisses contiennent une teneur en pigments supérieure et présentent une couleur moins claire que celle des taurillons (Renner et Valin 1979). Les indices de jaune et de rouge étant positivement corrélés aux valeurs de luminance, ils sont également supérieurs dans le muscle *longissimus thoracis* des taurillons en comparaison des génisses (respectivement $26,5$ vs $24,1$ et $14,6$ vs $11,8$; tableau 1).

2.3 / Une viande plus rouge et plus foncée avec l'augmentation de l'âge

Chez les taurillons, abattus entre 15 et 24 mois, la luminance du muscle *longissimus thoracis* ressort négativement corrélée à l'âge à l'abattage quel que soit le mode d'abattage des animaux ($r = -0,18$; tableau 2). Cette corrélation confirme qu'avec l'augmentation de l'âge à l'abattage, la viande devient moins claire (Waggoner *et al* 1990, Muir *et al* 2001, Priolo *et al* 2001). Dans le cas des génisses abattues entre 28 et 42 mois, l'âge à l'abattage n'est pas corrélé significativement à la luminance des muscles *longissimus thoracis* et *rectus abdominis*.

L'indice de rouge est corrélé positivement à l'âge à l'abattage dans le muscle *longissimus thoracis* des génisses, indiquant que la couleur rouge de la viande s'intensifie avec l'âge. Ce résultat peut être attribué à l'augmentation de la teneur du muscle en myoglobine consécutive au vieillissement de l'animal (Renner 1986). Cette évolution parallèle de l'indice de rouge et de l'âge à l'abattage n'est par contre pas significative dans le muscle *longissimus thoracis* des taurillons ni dans le muscle *rectus abdominis* des génisses.

L'indice de jaune n'est pas corrélé significativement à l'âge à l'abattage des taurillons et génisses, signifiant que la composante jaune de la couleur de la viande est peu déterminée par ce critère chez les animaux jeunes de moins de 42 mois (tableau 2).

Tableau 2. Corrélations entre les coordonnées trichromatiques et l'âge ou le poids à l'abattage chez la génisse et le taurillon.

	Type d'animal	Muscle ¹	pH	L*	a*	b*
Âge à l'abattage	Génisse ($n = 99$)	RA	5,79	+ 0,07	+ 0,10	+ 0,11
	Génisse ($n = 99$)	LT	5,52	+ 0,09	+ 0,28 *	+ 0,14
	Taurillon ($n = 200$)	LT	5,56	- 0,18 *	+ 0,07	+ 0,03
Poids de carcasse	Génisse ($n = 99$)	RA	5,79	- 0,27 *	+ 0,04	- 0,04
	Génisse ($n = 99$)	LT	5,52	- 0,01	+ 0,28 *	+ 0,36 *
	Taurillon ($n = 200$)	LT	5,56	+ 0,08	+ 0,19 *	+ 0,15 *

¹RA : *rectus abdominis* ; LT : *longissimus thoracis*.

Légende : seules les corrélations en gras sont significatives ($p < 0,05$)

Tableau 3. Âge à l'abattage et poids moyen des vaches selon la couleur des viandes jugée sur les carcasses.

Analyse de variance		Cas observés		Âge (mois)	Poids de carcasse (kg)
		Effectif	Proportion (%)		
Moyenne		233		79,3	415,0
Couleur de la viande	Rouge recherché	24	10,3	87,0 ^a	441,5 ^c
	Rouge	164	70,4	79,0 ^a	420,1 ^b
	Claire	45	19,3	76,4 ^a	383,0 ^a

Pour les colonnes relatives à l'âge et au poids de carcasse, des lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes ($p < 0,05$).

2.4 / Une viande plus rouge et plus sombre lorsque les carcasses sont plus lourdes

Quel que soit le type d'animal, la couleur de la viande est influencée par le poids de carcasse. L'augmentation du poids de carcasse entraîne, chez la vache adulte, une moindre proportion de viandes «claires». La couleur de la viande évaluée sur carcasse a été notée «rouge» dans 70,4% des cas. Seulement 10,3% des carcasses ont une viande de couleur «rouge recherché». Cette couleur «rouge recherché» correspond à des carcasses significativement plus lourdes que les carcasses à l'origine de viandes «claires» (441,5 vs 383 kg) pour un âge moyen à l'abat-

tage non significativement différent, les viandes de couleur «rouge» correspondant à des carcasses de poids intermédiaires (420,1 kg ; tableau 3). Chez la génisse, la luminance du muscle *rectus abdominis* est corrélée négativement au poids de carcasse. Ce muscle s'assombrit quand le poids de carcasse augmente ($r = -0,27$). Cette relation n'est pas mise en évidence pour le muscle *longissimus thoracis* des génisses et des taurillons (tableau 2). Pour le muscle *longissimus thoracis*, les indices de rouge ($+0,19 < r < +0,28$) et de jaune ($+0,15 < r < +0,36$; tableau 2) sont positivement corrélés au poids de carcasse, chez la génisse comme chez le taurillon. L'accentuation des couleurs rouge et jaune de la viande se fait ainsi

en parallèle d'une augmentation du poids de carcasse des animaux. Ces résultats confirment les conclusions de Vestergaard *et al* (2000) qui mettent en évidence une augmentation de l'indice de rouge (a^*) et de la pigmentation de la viande avec l'augmentation du poids de carcasse entre 360 et 460 kg. Ils sont également en accord avec l'étude de Keane et Allen (1999) qui indique que des bœufs de 720 kg de poids vif conduisent à des viandes plus jaunes (avec un indice b^* supérieur) que celles des bœufs moins lourds (640 kg). En revanche, il semble que l'augmentation conjointe du poids de carcasse et de la conformation (307 à 340 kg ; U- à U+) entraîne une diminution des indices de jaune et de rouge du muscle *latissimus dorsi* (Indurain *et al* 2008), les conformations supérieures étant en général associées à une proportion supérieure de fibres blanches, moins pigmentées que les fibres rouges (Jurie *et al* 1995).

2.5 / Le choix des aliments en finition

a) Intérêt de la pulpe

- Des muscles moins clairs

La pulpe de betterave est considérée par la grande majorité des engraisseurs de bovins comme un excellent aliment. Elle présente l'intérêt d'enrichir la ration en énergie sans apporter d'amidon supplémentaire. Cet aliment très énergétique autorise de bonnes croissances et est particulièrement prisé en période de finition (Decruyenaere *et al* 2006).

La présence de pulpe de betterave dans la ration de finition des vaches a tendance à réduire la proportion des viandes «claires» tandis que la finition à base d'ensilage de maïs a tendance à augmenter cette proportion de façon significative ($p = 0,0004$; tableau 4). Il faut cependant rappeler que l'impression visuelle prend en compte l'ensemble des facteurs liés à la viande (luminance, teneur en pigments) et à son environnement (variabilité du mode d'éclairage). La luminance du muscle *longissimus thoracis* des taurillons n'est pas influencée significativement par la ration de finition, dont la valeur est en moyenne égale à 42/100 ($p = 0,14$; tableau 5). La luminance des muscles *rectus abdominis* et *longissimus thoracis* est également équivalente entre les génisses recevant les deux modes d'alimentation (34 et 36,1% en moyenne respectivement).

Tableau 4. Influence de la ration de finition sur la répartition des effectifs de vaches dans les différentes modalités de couleur de viandes.

Mode de finition		Pulpe de Betterave	Ensilage de maïs	Test : P =
Répartition des effectifs		78	155	
Âge (mois)		85,1	76,4	0,1831
Poids de carcasse (kg)		410,8	417,2	0,3167
Couleur de la viande	Rouge recherché	11	13	0,0004
	Rouge	63	101	
	Clares	4 (- -)	41 (+ +)	

Légende : Les effectifs observés reportés en gras sont significativement supérieurs (++) ou significativement inférieurs (- -) aux effectifs attendus.

Tableau 5. Effet de l'alimentation et du mode d'abattage sur la couleur des muscles *longissimus thoracis* de taurillons (population totale : $n = 200$).

	Moyenne population	Effet Alimentation ¹	Effet Mode d'abattage	Interaction
pH	5,56	$p = 0,632$	$p = 0,214$	$p = 0,892$
L* (/100)	42,0	$p = 0,141$ $p = 0,003$	$p = 0,899$	$p = 0,623$
a*	26,5	PB : $a^* = 27,4$ EM : $a^* = 26,1$ $p = 0,020$	$p = 0,695$	$p = 0,288$
b*	14,5	PB : $b^* = 15,0$ EM : $b^* = 14,4$	$p = 0,797$	$p = 0,600$

¹PB : pulpe de betterave ; EM : ensilage de maïs.

Légende : seules les probabilités en gras sont significatives

Tableau 6. Effet de la pulpe de betterave sur la couleur de la viande de bovins.

Auteurs	Régimes ¹	Type d'animal	Couleur du muscle <i>longissimus thoracis</i>		
			L*	a*	b*
Decruyenaere <i>et al</i> 2006	Pulpe de betterave vs céréales	Taurillons	Muscles plus foncés avec la pulpe (p < 0,10)	Muscles plus rouges avec la pulpe (p < 0,05)	Muscles plus jaunes avec la pulpe (p < 0,05)
Keane et Allen 1999	Co-produits et pulpe de betterave vs EH	Bœufs	Pas d'écart significatif (p > 0,10)	Muscles plus rouges avec la pulpe (p < 0,05)	Muscles plus jaunes avec la pulpe (p < 0,05)
Sami <i>et al</i> 2006	EH et pulpe de betterave vs EM et maïs	Taurillons	Pas d'écart significatif (p > 0,10) (couleur légèrement plus foncée avec la ration EH et pulpe)	Pas d'écart significatif (p > 0,10)	Pas d'écart significatif (p > 0,10)
Cuvelier <i>et al</i> 2006	Pulpe de betterave vs céréales	Taurillons	Pas d'écart significatif (p > 0,10)	Pas d'écart significatif (p > 0,10)	Pas d'écart significatif (p > 0,10)

¹EH : ensilage d'herbe ; EM : ensilage de maïs.

Sami *et al* (2006) indiquent que la luminance de la viande est équivalente entre les animaux alimentés avec une ration de pulpe de betterave et ceux engraisés avec une ration d'ensilage de maïs. Une absence d'écart de luminance a également été rapporté précédemment entre des bœufs engraisés avec des coproduits et de la pulpe de betterave ou avec de l'ensilage d'herbe (Keane et Allen 1999) ou encore entre des taurillons engraisés avec de la pulpe de betterave ou avec des céréales (Cuvelier *et al* 2006). Un écart significatif de luminance a néanmoins été mis en évidence, dans un essai portant sur des taurillons engraisés avec de la pulpe de betterave ou avec des céréales, les muscles ayant tendance à être plus foncés avec le régime à base de pulpe

(Decruyenaere *et al* 2006). Il faut cependant préciser que l'influence de la pulpe de betterave sur la couleur de la viande de bovins a été peu étudiée et les travaux rapportés concernent principalement les mâles (tableau 6).

- Des indices de rouge et des indices de jaune plus soutenus

Les indices de rouge sont significativement supérieurs dans le cas des animaux engraisés avec de la pulpe de betterave, pour les muscles *longissimus thoracis* des taurillons (27,4 vs 26,1) et pour les muscles *rectus abdominis* des génisses (20,8 vs 19,7) (tableaux 5 et 7). De telles conclusions avaient précédemment été obtenues chez le gros bovin et le veau. Ainsi certains travaux

ont montré que la pulpe de betterave déshydratée pouvait entraîner une augmentation de l'indice de rouge (a*) et donc une couleur plus foncée de la viande (Renner 2007). De telles conclusions ont également été obtenues d'une part lors de la comparaison des indices de rouge de viandes de bœufs croisés (Charolais x Frison) recevant la pulpe de betterave ou bien des rations à base d'ensilage d'herbe (Keane et Allen 1999) et d'autre part lors de la comparaison de rations de pulpes de betterave et de rations de céréales (Vestergaard *et al* 2000, Decruyenaere *et al* 2006). Il faut cependant relativiser ces différences qui ne sont pas forcément perçues par l'œil humain dont la sensibilité visuelle est moindre que le colorimètre et qui ne sont en outre pas

Tableau 7. Influence de l'engraissement avec de la pulpe de betterave ou de l'ensilage de maïs sur la couleur et les propriétés physico-chimiques des muscles *longissimus thoracis* et *rectus abdominis* de génisses Charolaises.

	Echantillon total	Pulpe de betterave	Ensilage de maïs	Test p=
Effectif	40	19	21	
Age à l'abattage (mois)	34,4	33,5	35,2	0,21
Poids de carcasse (kg)	389	381	396	0,19
Muscle <i>rectus abdominis</i>				
pH	5,79	5,74	5,83	0,26
L* (sur 100)	34,0	34,1	34,0	0,85
a*	20,2	20,8	19,7	0,05
b*	6,2	6,6	5,8	0,05
Teneur en fer héminique (µg/g)	58,2	56,3	59,9	0,19
Teneur en lipides intramusculaires (% MS)	19,2	21,4	17,3	0,08
Muscle <i>longissimus thoracis</i>				
pH	5,52	5,52	5,52	0,87
L* (sur 100)	36,1	36,6	35,6	0,35
a*	24,1	23,9	24,1	0,62
b*	11,8	11,9	11,8	0,91
Teneur en fer héminique (µg/g)	58,2	58,5	57,9	0,81
Teneur en lipides intramusculaires (% MS)	17,1	16,7	17,5	0,72

Légende : seules les probabilités en gras sont significatives.

toujours mises en évidence. Ainsi, le mode d'alimentation en finition n'influence pas significativement l'indice de rouge des muscles *longissimus thoracis* des génisses (tableau 7). De même, certains auteurs ont relevé des indices de rouges équivalents entre des viandes d'animaux conduits avec des rations à base de pulpe de betterave, de céréales, d'ensilage ou d'herbe pâturée (Daly *et al* 1999, Juniper *et al* 2005, Cuvelier *et al* 2006, Sami *et al* 2006).

Les indices de jaune sont significativement supérieurs dans le cas des animaux engraisés avec de la pulpe de betterave, dans les muscles *longissimus thoracis* chez les taurillons (15 vs 14,4) et dans les muscles *rectus abdominis* des génisses (6,6 vs 5,8) (tableaux 5 et 7). Ces résultats confirment les travaux antérieurs établissant que les rations de pulpe de betterave sont à l'origine d'indices de jaune plus élevés que les rations à base d'herbe (Keane et Allen 1999), elles-mêmes à l'origine d'indices de jaune plus élevés que les rations à base d'aliments concentrés (Kerth *et al* 2007). L'augmentation de l'indice de jaune pour le muscle *rectus abdominis* des génisses est parallèle à celle des teneurs en lipides intramusculaires, notées supérieures dans les rations contenant de la pulpe de betterave (21,4 vs 17,3% MS). En revanche, l'indice de jaune n'est pas significativement modifié par la nature de la ration dans le muscle *longissimus thoracis* des génisses (tableau 7).

b) Intérêt du pâturage en finition

La luminance du muscle *rectus abdominis* des génisses est légèrement influencée par la ration de finition, la viande des génisses engraisées à l'auge étant plus claire que celle des génisses engraisées à la pâture (34,3 vs 32,9% ; $p = 0,09$) bien qu'elles soient abattues plus âgées (34,8 vs 31,5 mois ; $p < 0,0001$; tableau 8). Celle du muscle *longissimus thoracis*, dont la valeur est en moyenne égale à 35,8%, n'est pas modifiée significativement par la ration de finition ($p = 0,36$; tableau 8). De nombreux auteurs ont montré que les animaux engraisés au pâturage donnent des viandes plus foncées que ceux finis avec des aliments concentrés, la valeur de luminance étant significativement diminuée avec des rations à base d'herbe (Smith 1990, Priolo *et al* 2001, Yang *et al* 2002, O'Sullivan *et al* 2003, Bruce *et al* 2004, Varela *et al* 2004, Insani *et al* 2008, Mohamed *et al* 2008, Schor *et al* 2008). Les écarts sont potentiellement expliqués par le protocole employé pour le mode d'évaluation de la couleur des viandes (avant ou après décongélation). Il a également été mis en évidence qu'une finition de 200 j au pâturage conduisait à une augmentation de la proportion en fibres rouges (lentes oxydatives) des viandes de bœufs, qui pouvait en partie expliquer la couleur plus sombre de ces viandes en comparaison de celles des animaux conduits à l'auge (Vestergaard *et al* 2000, Razminowicz *et al* 2006). La supplémentation à base d'aliments concentrés ne permet pas d'inverser cette tendance à l'assombris-

sement des viandes des animaux conduits à l'herbe (Razminowicz *et al* 2008). Il semble également que la couleur des viandes des animaux finis à l'herbe pourrait être attribuée à une teneur supérieure en myoglobine en lien avec une activité physique supérieure avant abattage, en comparaison des animaux finis en *feedlot* (Varnan et Sutherland 1995). Plusieurs auteurs indiquent en effet que l'activité physique au pâturage, contribue plus que l'herbe elle-même à un assombrissement de la viande (Muir *et al* 1998, Therkildsen *et al* 1998). Cet effet est variable selon le muscle de la carcasse et son implication dans les mouvements (Vestergaard *et al* 2000). En fait, selon des travaux plus récents, l'exercice seul n'aurait pas d'effet sur la luminance et donc sur l'assombrissement de la couleur (Dunne *et al* 2005). Plusieurs études montrent que l'assombrissement des viandes des animaux conduits avec des fourrages verts peut être relié à une concentration supérieure en bêta-carotènes, en comparaison des aliments concentrés (Knight et Death 1999). Les animaux finis à la pâture ont également une plus grande stabilité de couleur de viande, en lien avec une teneur supérieure de la pâture en anti-oxydants (Schor *et al* 2008). L'herbe contient en effet des antioxydants naturels tels que l'alpha-tocophérol, les xanthophylles, l'acide ascorbique ou les bêta-carotènes qui peuvent prévenir l'instabilité des lipides et de la myoglobine et ainsi améliorer et préserver la couleur des viandes (Daly *et al* 1999, Gatellier *et al* 2001, Descalzo *et al* 2005, Gill *et al* 2008).

Tableau 8. Influence de l'engraissement à la pâture ou à l'auge sur la couleur et les propriétés physico-chimiques des muscles *longissimus thoracis* et *rectus abdominis* des génisses Charolaises.

	Echantillon total	Herbe	Auge	Test p=
Effectif	99	40	59	
Age à l'abattage (mois)	33,4	31,5	34,8	0,0001
Poids de carcasse (kg)	381	373	387	0,39
Muscle <i>rectus abdominis</i>				
pH	5,80	5,81	5,79	0,44
L* (sur 100)	33,7	32,9	34,3	0,09
a*	20,3	20,2	20,4	0,59
b*	5,7	5,3	6,1	0,41
Teneur en fer héminique (µg/g)	59,5	60,7	58,6	0,18
Teneur en lipides intramusculaires (% MS)	17,8	17,0	18,3	0,88
Muscle <i>longissimus thoracis</i>				
pH	5,51	5,54	5,51	0,44
L* (sur 100)	35,8	35,6	36,0	0,36
a*	23,9	23,4	24,2	0,04
b*	11,7	11,3	12,0	0,16
Teneur en fer héminique (µg/g)	58,3	59,3	57,6	0,26
Teneur en lipides intramusculaires (% MS)	15,6	14,4	16,5	0,57

Légende : seules les probabilités en gras sont significatives.

Dans le muscle *longissimus thoracis*, l'indice de rouge est significativement supérieur dans les viandes de génisses engraisées à l'auge (24,2 vs 23,4 ; $p = 0,04$; tableau 8). Dans les études antérieures, les conclusions relatives à l'effet d'une ration à base d'herbe et d'aliments concentrés sur la couleur rouge de la viande ont été controversées. Certaines études ont mis en évidence une valeur de a* supérieure pour les viandes d'animaux conduits à l'herbe (Yang *et al* 2002, O'Sullivan *et al* 2003, Insani *et al* 2008), d'autres pour les viandes d'animaux conduits avec des aliments concentrés (Yang *et al* 2002), d'autres enfin n'ont mis en évidence aucun écart significatif de valeur de a* (French *et al* 2000, Daly *et al* 2007).

L'indice de jaune n'est pas significativement influencé par le mode de finition à l'auge ou à la pâture. Il varie très

largement entre les muscles, étant en moyenne de 5,7 dans le muscle *rectus abdominis* contre 11,7 dans le *longissimus thoracis* (tableau 8). Il semble cependant que l'indice de jaune diminue avec l'augmentation de la proportion d'aliments concentrés dans le régime (French *et al* 2000). Inversement, les caroténoïdes des rations d'herbe sont susceptibles de conduire à une augmentation des valeurs de b* (Vote *et al* 2003).

Conclusion

La couleur de la viande est sous la dépendance d'un nombre important de

facteurs, dont certains ne sont pas encore identifiés, mais parmi lesquels l'alimentation en période de finition joue un rôle important. Au-delà du pâturage dont l'effet sur la couleur a été bien étudié, l'influence d'un engraissement avec de la pulpe de betterave semble être intéressant à prendre en compte. Cet aliment est un atout pour les élevages présents à proximité des unités de production de sucre et/ou d'éthanol, notamment dans certains départements du Grand-Est de la France. Dans ces zones, l'engraissement de taurillons peut être réalisé avec de la pulpe surpressée comme aliment principal de la ration, avec 4 à 7 kg MS/j selon le type d'animal. La croissance obtenue pendant la période d'engraissement

(230 à 290 j) est alors équivalente à celle réalisée avec un ensilage de maïs : 1 350 à 1 550 g/j pour des taurillons Charolais. De plus, il semble que ce mode de finition puisse représenter une bonne solution pour corriger l'insuffisance de couleur observée sur ce type d'animal lorsqu'il est destiné au marché français. Il pourrait également se révéler un bon moyen pour satisfaire aux exigences de certains cahiers des charges qui prévoient une couleur «rouge vif» de la viande. Ces premiers résultats méritent donc d'être confirmés à plus grande échelle et dans des conditions standardisées.

Références

- Babiker S.A., El Khider I.A., Shafie S.A., 1990. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb. *Meat Sci.*, 28, 273-277.
- Bodas R., Rodriguez A.B., Lopez S., Fernandez B., Mantecon A.R., Giraldez F.J., 2007. Effects of the inclusion of sodium bicarbonate and sugar beet pulp in the concentrate for fattening lambs on acid-base status and meat characteristics. *Meat Sci.*, 77, 696-702.
- Bruce H.L., Stark J.L., Beilken S.L., 2004. The effects of finishing diet and *post mortem* ageing on the eating quality of the m. *longissimus thoracis* of electrically stimulated Brahman steer carcasses. *Meat Sci.*, 67, 261-268.
- CIE, 1986. Colorimetry (2nd Ed). Publication CIE 15.2. Vienna : Commission Internationale de l'Eclairage (CIE).
- Cuvelier C., Cabaraux J.F., Dufrasne I., Clinquart A., Hocquette J.F., Istasse L., Hornick J.L., 2006. Performance, slaughter characteristics and meat quality of young bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds fattened with a sugar-beet pulp or a cereal-based diet. *Anim. Sci.*, 82, 125-132.
- Daly C.C., Young O.A., Graafhuis A.E., Morrhead S.M., Easton H.S., 1999. Some effects of diet on beef meat and fat attributes. *N. Z. J. Agric. Res.*, 42, 279-287.
- Daly C.M., Moloney A.P., Monahan F.J., 2007. Lipid and colour stability of beef from grazing heifers supplemented with sunflower oil alone or with fish oil. *Meat Sci.*, 77, 634-642.
- Decruyenaere V., Coulmier D., Stilmant D., Parache P., Baronheid C., 2006. Effet de l'incorporation des pulpes de betterave déshydratées dans les rations de finition de taurillons : performances zootechniques, qualité des carcasses et des viandes. *Renc. Rech. Rum.*, 13, 117.
- Descalzo A.M., Insani E.M., Sancho Niolatto A., Biolatto A.M., Garcia P.T., Pensal N.A., 2005. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Sci.*, 70, 35-44.
- Dunne P.G., O'Mara F.P., Monahan F.J., French P., Moloney A.P., 2005. Colour of muscle from 18-month-old steers given long-term daily exercise. *Meat Sci.*, 71, 219-229.
- El Omari A., 2003. Effet des pratiques et des schémas d'engraissement des vaches de réforme Charolaises sur la qualité des carcasses. Mémoire de fin d'études ENESAD, 41p + annexes.
- Faustman C., Chan W.K.M., Schaefer D.M., Havens A., 1998. Beef colour update: the role of vitamin E. *J. Anim. Sci.*, 76, 1019-1026.
- French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Vidal M., Mooney M.T., Troy D.J., Moloney A.P., 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate based diets. *Meat Sci.*, 56, 173-180.
- Gatellier P., Hamelin C., Durand Y., Renner M., 2001. Effect of a dietary vitamin E supplementation on colour stability and lipid oxidation of air- and modified atmosphere-packaged beef. *Meat Sci.*, 59, 133-140.
- Gill R.K., VanOverbeke D.L., Depenbusch B., Drouillard J.S., DiCostanzo A., 2008. Impact of beef cattle diets containing corn or sorghum distillers grains on beef color, fatty acid profiles and sensory attributes. *J. Anim. Sci.*, 86, 923-935.
- Hornsey H.C., 1956. The color of cooked cured pork. I. Estimation of nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Food Agric.*, 42, 716-720.
- Indurain G., Goni V., Horcada A., Insausti K., Hernandez B., Beriain J., 2008. Colour differences among carcasses graded with similar score for conformation and fatness. *Animal*, 2, 1093-1100.
- Insani E.M., Eyherabide A., Grigioni G., Sancho A.M., Pensal N.A., Descalzo A.M., 2008. Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Sci.*, 79, 444-452.
- Insausti K., Beriain M.J., Lizaso G., Carr T.R., Purroy A., 2008. Multivariate study of different beef quality traits from local Spanish cattle breeds. *Animal*, 2, 447-458.
- Juniper D.T., Browne E.M., Fisher A.V., Bryant M.J., Nute G.R., Beever D.E., 2005. Intake, growth and meat quality of steers given diets based on varying proportions of maize silage and grass silage. *Anim. Sci.*, 81, 159-170.
- Jurie C., Robelin J., Picard B., Renand G., Geay Y., 1995. Inter-animal variation in biological characteristics of muscle tissue in male Limousin cattle. *Meat Sci.*, 39, 415-425.
- Keane M.G., Allen P., 1999. Effects of pasture fertilizer N level on herbage composition, animal performance and on carcass and meat quality traits. *Livest. Prod. Sci.*, 61, 233-244.
- Kerth C.R., Braden K.W., Cox R., Kerth L.K., Rankins D.L. Jr., 2007. Carcass, sensory, fat color, and consumer acceptance characteristics of Angus-cross steers finished on ryegrass (*Lolium multiflorum*) forage or on a high-concentrate diet. *Meat Sci.*, 75, 324-331.
- Knight T.W., Death A.F., 1999. Effects of oral and injected vitamin A (retinol) supplements on liver vitamin A and plasma carotenoid and cholesterol concentrations in cattle. *Anim. Sci.*, 69, 607-612.
- Liu Q., Lanari C., Schaefer D.M., 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *J. Anim. Sci.*, 73, 3131-3140.
- Liu Q., Scheller K.K., Arp S.C., Schaefer D.M., Williams S.N., 1996. Titration of fresh color stability and malondialdehyde development with Holstein steers fed vitamin E-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 74, 117-126.
- Micol D., Picard B., 1997. Production de viande bovine à l'herbe et qualité. *Fourrages*, 152, 417-428.
- Moevi I., 2006. La couleur de la viande bovine. Le point sur..., Interbev, Institut de l'Elevage, 17 fiches.
- Mohamed A., Jamilah B., Abbas K.A., Abdul Rahman R., 2008. A review on some factors affecting colour of fresh beef cuts. *J. Food, Agric. Env.*, 6, 181-186.
- Monahan F.J., Skibsted L.H., Andersen M.L., 2005. Mechanism of oxymyoglobin oxidation in the presence of oxidising lipids in bovine muscle. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 5734-5738.
- Muir P.D., Beaker J.M., Brown M.D., 1998. Effects of forage and grain-based feeding sys-

tems on beef quality: A review. N. Z. J. Agric. Res., 41, 623-635.

Muir P.D., Smith N.B., Dobbie P.M., Smith D.R., Bown M.D., 2001. Effects of growth pathway on beef quality in 18-month-old Angus and South Devon x Angus pasture-fed steers. Anim. Sci., 72, 297-308.

NF 04-402, 1968. Viandes et produits à base de viande-détermination de la teneur en matière grasse totale.

NF 46-001, 1992. Viandes de gros bovins-Conditions de valorisation du potentiel de tendreté.

Normand J., 2004. Incidence d'un apport d'AGPI en cours d'engraissement sur la qualité des viandes des gros bovins. C.R. d'étape n° 0432013, Institut de l'Élevage, 32p.

Normand J., 2005. Couleur de la viande de veaux et de gros bovins. C.R. final 170532004, Institut de l'Élevage, 26p.

O'Sullivan A., Galvin K., Moloney A.P., Troy D.J., O'Sullivan K., Kerry J.P., 2003. Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. Meat Sci., 63, 279-286.

Oury M.P., 2006. Éléments de différenciation de la qualité sensorielle des viandes liés aux pratiques d'élevage chez la génisse Charolaise. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, ENESAD, 139p + annexes.

Pierret P., El Omari A., Dumont R., 2004. Effet des modes de finition des vaches adultes de race Charolaise sur les caractéristiques de qualité des carcasses. Renc. Rech. Rum., 11, 123.

Pierret P., Giboulot M.A., Jouanno M., 2006. Carcasses de taurillons alimentés à l'ensilage de maïs ou à la pulpe de betteraves : comparaison de la couleur de la viande et de la couleur du gras. Renc. Rech. Rum., 13, 335.

Priolo A., Micol D., Agabriel J., 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. Anim. Res., 50, 185-200.

Razminowicz R.H., Kreuzer M., Leuenberger H., Scheeder M.R.L., 2008. Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. Livest. Sci., 114, 150-163.

Renner M., 1982. Influence de l'âge et du poids à l'abattage sur la couleur des viandes bovines. Sci. Aliments, 2, 17-30.

Renner M., 1986. Influence de facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix, INRA, 65, 41-45.

Renner M., 2007. Vigie Viande du 18/01/2007.

Renner M., Valin C., 1979. Influence de l'âge sur les caractéristiques de la couleur des viandes bovines de race Limousine. Ann. Technol. Agric., 28, 319-332.

Sami A., Koegel J., Eichinger H., Freudenreich P., Schwarz F.J., 2006. Effects of the dietary energy source on meat quality and eating quality attributes and fatty acid profile of Simmental bulls. Anim. Res., 55, 287-299.

SAS Institute, 2002-2003. Logiciel SAS 9.1, 2002-2003, SAS Institute.

Schor A., Cossu M.E., Piccolo A., Martinez Ferrer J., Grigera Naon J.J., Colombatto D., 2008. Nutritional and eating quality of Argentinean beef: A review. Meat Sci., 79, 408-422.

Smith G.C., 1990. Quality of beef from cattle fed solely on forage. Texas Agric. Exp. Stn., Texas A&M Univ., College Station.

Sphinx Lexica, 2003. Logiciel SPHINX Lexica version 4.0, 1986-2003, Le Sphinx Développement.

Tarrant P.V., 1989. Animal behaviour and environment in dark-cutting condition in beef - A review. Irish J. Food Sci. Technol., 13, 1-21.

Therkildsen M., Vestergaard M., Jensen L.R., Andersen H.R., Sejrsen K., 1998. Effect of feeding level, grazing and finishing on growth and

carcass quality of young Friesian bulls. Acta Agriculturae Scandinavica Section A : Anim. Sci., 48, 193-201.

Varela A., Oliete B., Moreno T., Portela C., Monserrat L., Carballo J.A., Sanchez L., 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallaga breed. Meat Sci., 67, 515-522.

Varnan A., Sutherland J., 1995. The colour of meat. In : Meat and meat products-technology, chemistry and micro biology, London : Chapman and Hall (Ed), 26.

Vestergaard M., Therkildsen M., Henckel P., Jensen L. R., Andersen H.R., Sejrsen K., 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. Meat Sci., 54, 187-195.

Vote D.J., Belk K.E., Tatum J.D., Scanga J.A., Smith G.C., 2003. Prediction of beef tenderness using a computer vision system equipped with a BeefCam module. J. Anim. Sci., 81, 457-465.

Waggoner A.W., Dikeman M.E., Brethour J.R., Kemp K.E., 1990. Performance, carcass, cartilage calcium, sensory and collagen traits of *longissimus* muscles of open versus 30-month-old heifers that produced one calf. J. Anim. Sci., 68, 2380-2386.

Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Richardson R.I., Sheard P.R., 1999. Manipulating meat quality and composition. Proc. Nutr. Soc., 58, 363-370.

Yang A., Lanari M.C., Brewster M., Tume R.K., 2002. Lipid stability and meat colour of beef from pasture- and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. Meat Sci., 60, 41-50.

Zerby H.N., Belk K.E., Sofos J.N., McDowell L.R., Smith G.C., 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with alpha-tocopherol acetate. J. Anim. Sci., 77, 2458-2463.

Résumé

La couleur rouge est une caractéristique majeure de la qualité sensorielle des viandes bovines. Il est possible de l'améliorer en intervenant sur des facteurs d'ordre biologique ou zootechnique. L'objet de cette synthèse est d'établir un bilan de l'effet des rations de finition sur la couleur des gras et des viandes de gros bovins Charolais.

L'influence des rations de finition à base de pulpe de betterave et d'ensilage de maïs a été évalué sur la couleur des carcasses de 233 vaches et la couleur des muscles *longissimus thoracis* (LT) de 200 taurillons. L'impact de la pulpe de betterave en finition a également été évalué sur le muscle *rectus abdominis* (RA) de 40 génisses. Enfin, l'influence du mode de finition (à l'auge ou à l'herbe) a été étudié sur le muscle RA de 99 génisses.

La finition à l'auge conduit à des muscles plus clairs que la finition à la pâture. La finition à base de pulpe de betterave a tendance à réduire la proportion de carcasses «claires» en comparaison d'une finition à base d'ensilage de maïs. Si la luminance n'est pas significativement modifiée entre ces deux modes de finition, la pulpe semble en revanche susceptible de fournir des muscles avec des indices de rouge et des indices de jaune significativement supérieurs. L'effet de la pulpe de betterave sur la couleur des viandes semble donc intéressant à prendre en compte, notamment pour l'engraissement des animaux.

Abstract

Elements for the control of meat colour among the Charolais cattle breed

Red colour is a major meat quality trait of beef that can be improved by different factors. The purpose of this study was to review the impact of diets during the finishing stage on meat colour of Charolais cattle.

The influence of the finishing stage based on beet pulp and corn silage was evaluated on the colour of the carcasses of 233 cows and on the colour of the longissimus thoracis muscle (LT) of 200 bull calves. The impact of beet pulp during the finishing stage was assessed on the rectus abdominis muscle (RA) of 40 heifers. The influence of the finishing mode (barn or pasture) was studied on the RA muscle of 99 heifers.

When animals were fattened in the barn during the finishing period, the muscles were clearer than when they were finished on pasture. Beet pulp during finishing stage tended to reduce the proportion of «clear» carcasses in comparison to corn silage. The luminance was not significantly different between these two ways of finishing the animals but beet pulp seemed to provide muscles with higher red and yellow indexes.

OURY M.-P., PIERRET P., COULMIER D., DUMONT R., 2009. Eléments de maîtrise de la couleur des viandes chez les bovins de race Charolaise. Inra Prod. Anim., 22, 131-140.