Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine

G. Monin

▶ **To cite this version:**

G. Monin. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. Productions Animales, 1991, 4 (2), pp.151-160. hal-00895934

HAL Id: hal-00895934
https://hal.science/hal-00895934

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

INRA Prod. Anim.,
1991, 4 (2), 151 - 160

G. MONIN

INRA
Station de Recherches sur la Viande
63122 Saint-Genès-Champanelle

Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine

Les qualités de la viande bovine fournie aux consommateurs résultent des effets combinés de facteurs biologiques et de facteurs technologiques. Cet article se limite aux facteurs biologiques, entendus comme les facteurs responsables des caractéristiques des animaux prêts à quitter la ferme pour l'abattoir ; les facteurs technologiques, c'est-à-dire l'ensemble des traitements appliqués aux animaux pour les transformer en viande, du transport à l'abattoir au désossage de la carcasse, seront traités par A. Ouali dans un prochain numéro.

Résumé

Les qualités technologiques et sensorielles de la viande bovine que sont l'aptitude à la transformation, le pouvoir de rétention d'eau, la couleur, la tendreté, la jutosité et la flaveur, dépendent de plusieurs facteurs biologiques. Cet article tente de passer en revue les principaux de ces facteurs : la localisation anatomique et la fonction physiologique du muscle, le type génétique (race et type culard), l'âge, le sexe, les conditions d'élevage. Il en ressort que parmi les facteurs de variation des qualités de la viande entre animaux, l'âge, le sexe et les conditions d'élevage jouent un rôle primordial, la race n'ayant qu'un effet mineur.

Les qualités de la viande bovine sont très variables, d'abord parce que la viande est le résultat de l'évolution complexe d'un tissu très divers dans ses caractéristiques. Lawrie (1966) et Dumont (1980) distinguent deux groupes de facteurs explicatifs de cette diversité : des facteurs responsables des différences entre animaux, comme la race, l'âge, le sexe, le niveau d'alimentation ; et des facteurs responsables de la variation entre muscles dans un même animal, c'est-à-dire la localisation anatomique et la fonction physiologique, bien entendu indissociables.

La notion de qualité de la viande est certes très étendue, et son acception varie selon les agents intervenant dans la filière. On distingue généralement des qualités nutritionnelles, hygiéniques, technologiques et organoleptiques. Seuls les deux derniers groupes seront considérés dans le cadre de cet article.

1 / Qualités technologiques et qualités organoleptiques

Il apparaît ici souhaitable de rappeler très succinctement les notions de qualités technologiques et organoleptiques.

1.1 / Qualités technologiques

Les qualités technologiques caractérisent l'aptitude de la viande à la conservation et à la transformation.

Bien que le **pH** ne soit pas en soi une qualité technologique, mais une caractéristique chimique, son évolution *post mortem* détermine grandement les aptitudes à la conservation et à la transformation de la viande. Pour cette raison, il est habituel de le traiter avec les qualités technologiques. Notons qu'il a également une influence sur les qualités organoleptiques, surtout la couleur.

Le **pouvoir de rétention d'eau** mesure l'aptitude de la viande à retenir l'eau qu'elle contient, lors de la conservation et au moment de la cuisson, voire à absorber de l'eau dans certaines transformations. Il augmente avec le pH, par suite des effets de ce dernier sur l'organisation spatiale du réseau myofibrillaire (voir

l'excellent article de Offer et Knight 1988, sur ce sujet). Il influence l'aspect de la viande et son aptitude à la conservation, surtout lors de la vente sous forme préemballée, et la tendreté de la viande cuite par le biais des pertes à la cuisson. Il conditionne le rendement de transformation (saucisses à pâtes fines).

L'aptitude à la conservation par réfrigération est conditionnée essentiellement par le pH. Les viandes de pH supérieur à 6 sont généralement considérées comme inaptes à ce mode de conservation. En effet, le faible taux de glucides des viandes à pH élevé favorise la dégradation de protéines par les microorganismes, ce qui amène le développement rapide de mauvaises odeurs (Gill et Newton 1981).

1.2 / Qualités organoleptiques

Ce sont les qualités perçues par les sens du consommateur.

La couleur est une qualité très importante parce qu'elle détermine la décision d'achat de la viande par le consommateur, au même titre que la proportion de gras dans le morceau. Son importance croît encore avec le développement de la distribution de la viande en grandes et moyennes surfaces, où le consommateur est complètement maître de sa décision d'achat et dispose d'un choix important. L'intensité de la couleur augmente avec la teneur en myoglobine et dépend de la microstructure du muscle. La microstructure est elle-même fortement influencée par le pH : l'intensité de la couleur augmente avec le pH, et l'on obtient des viandes de couleur anormalement foncée, dites à coupe sombre, lorsque celui-ci dépasse 6. La teinte varie en fonction de l'état d'oxygénation ou d'oxydation de la myoglobine : la myoglobine réduite non oxygénée est rouge pourpre, la myoglobine réduite oxygénée est rouge vif, la myoglobine oxydée est rouge-brun, cette dernière couleur entraînant une réaction de rejet par le consommateur.

Le pH ultime du muscle conditionne l'aptitude à la conservation et à la transformation de la viande. Sa valeur varie selon les muscles, en fonction des proportions des différents types de fibres.

La tendreté mesure la facilité avec laquelle une viande se laisse mastiquer. Elle est considérée comme la qualité primordiale par la plupart des consommateurs. C'est seulement lorsqu'un seuil minimum de tendreté est respecté que le consommateur peut apprécier d'autres qualités comme la jutosité et la flaveur.

La tendreté varie avec la quantité et les qualités du tissu conjonctif et avec le degré d'altération des protéines structurales au cours de la maturation.

La jutosité de la viande cuite comprend deux composantes (Lawrie 1966). La première consiste dans la libération d'eau au début de la mastication ; la seconde est plus prolongée et résulte de la stimulation de la salivation par les lipides. La jutosité dépend donc du pouvoir de rétention d'eau, de la quantité et peut-être de la nature des lipides de la viande.

La **flaveur** de la viande est déterminée par la composition chimique et les changements apportés à cette dernière par la cuisson. Des composés hydrosolubles aussi bien que liposolubles sont impliqués dans le développement de la flaveur au cours de la cuisson.

2 / Variations des qualités de la viande entre muscles

2.1 / Evolution *post mortem* du pH et installation de la rigidité cadavérique (*rigor mortis*)

a / Evolution normale

Chez le boeuf, la vitesse de chute du pH *post mortem* et d'entrée en rigor varie nettement d'un muscle à l'autre, mais cette variation a peu d'importance pratique (Tarrant et Mothersill 1977, Bendall 1978). En effet on n'observe que très rarement des vitesses assez élevées pour entraîner des déficiences qualitatives, contrairement à ce que l'on observe chez le porc. Fischer et Hamm (1980) en Allemagne ont rapporté chez des jeunes bovins des chutes de pH très rapides entraînant l'apparition de viande du type PSE (pale soft exudative meat) mais ce phénomène semble peu fréquent.

Par contre, les variations dans l'étendue de la chute du pH ont des conséquences qualitatives importantes et sont une source d'hétérogénéité à l'intérieur d'une même carcasse. Les muscles d'un animal diffèrent par la vitesse de contraction de leurs fibres et l'importance respective des voies métaboliques glycolytique et oxydative, qui définissent les types métabolique et contractile. Très succinctement, on distingue :

- des fibres musculaires à contraction rapide et à contraction lente
- des fibres musculaires "rouges", riches en myoglobine et à forte activité respiratoire, et des fibres musculaires "blanches" pauvres en myoglobine et à activité glycolytique prédominante.

La combinaison de ces caractères permet de distinguer 3 types de fibres : blanches-rapides, rouges-rapides et rouges-lentes, tout muscle de bovin contenant les 3 types en proportion variable (pour une description détaillée voir l'article de Lefaucheur paru dans Productions Animales de juillet 1989). Le pH ultime varie inversement au taux de glycogène présent dans le muscle au moment de l'abattage. Les muscles à prédominance rouge-lente, qui tendent à être plus pauvres en glycogène, montrent les pH ultimes les plus élevés ; ils se trouvent surtout dans les quartiers avant (Talmant *et al* 1986) (figure 1). Le pH ultime dépend aussi du pouvoir tampon du muscle, ce dernier augmentant avec l'intensité du métabolisme glycolytique.

Le pH varie aussi grandement à l'intérieur d'un même muscle, particulièrement dans les muscles les plus volumineux. Cette variation reflète certainement celle qui affecte les proportions des types de fibres en différents points d'un muscle (Hunt et Hedrick 1977).

b / Effets du stress d'abattage

Il est connu de longue date que la viande présente un pH anormalement élevé chez les bovins soumis à un stress important avant l'abattage (Mitchell et Hamilton 1933 cités par Howard et Lawrie 1956). Cet effet du stress varie fortement entre muscles (Howard et Law-

Figure 1. *Relation entre activité ATPasique myofibrillaire et pH de 18 muscles de bovins (d'après Talmant et al 1986). Chaque point représente un muscle. Les valeurs sont les moyennes de 10 animaux d' âge et sexe variés. L' activité ATPasique est un critère du type contractile : elle augmente avec la vitesse de contraction.*

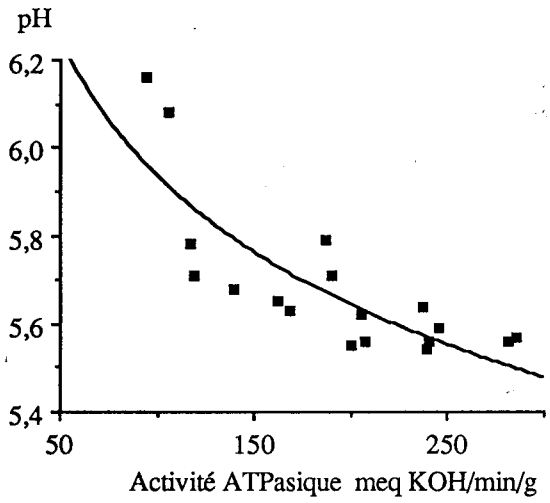
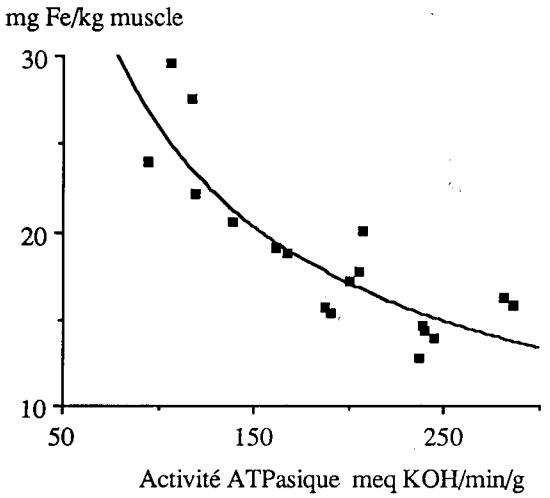


Figure 2. *Type contractile et teneur en pigment de 18 muscles de bovins (d'après Talmant et al 1986). Les animaux et les muscles sont les mêmes que dans la figure 1.*



rie 1956). L'hypersécrétion de catécholamines consécutive au stress joue certainement un rôle, mais ne suffit pas à expliquer l'élévation du pH. En effet l'augmentation du pH est généralement plus marquée dans les muscles du quartier arrière et dans le *Longissimus dorsi* (long dorsal) que dans les muscles du quartier avant (Sornay et Legras 1978, Tarrant et Sherington 1980). Ceci est vraisemblablement dû au fait que l'activité motrice des animaux durant le transport et l'abattage sollicite davantage les muscles des membres postérieurs et du dos que les muscles des membres antérieurs.

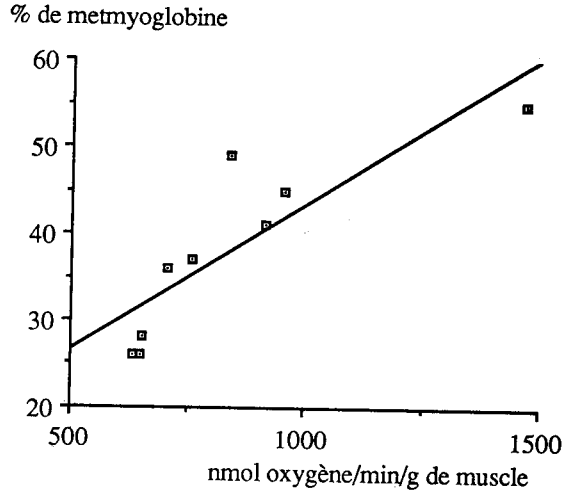
Des dégénérescences musculaires consécutives à un transport prolongé ont été observées chez les jeunes bovins, surtout mâles entiers. Le phénomène a été bien décrit par Mouthon et Magat (1976) : il se traduit par une décoloration et une exsudation de sérosité ambrée lors de la coupe du muscle. Il affecte surtout les muscles *Pectoralis profundus* (pectoral profond) et *Longissimus dorsi*, et, dans ces muscles, spécifiquement les fibres à contraction rapide et métabolisme anaérobie prédominant (Van Haverbeke *et al* 1978). Il paraît résulter d'une interaction entre hypersécrétion de catécholamines et oxygénation insuffisante au niveau cellulaire.

2.2 / Couleur

Le type métabolique du muscle est le plus important facteur de variation de la couleur de la viande dans une espèce et à un âge donnés. En effet, il conditionne directement le taux de pigment (myoglobine et pigments respiratoires) qui varie du simple au double entre muscles d'une même carcasse comme le montre la figure 2. En outre, la profondeur de la couche superficielle rouge-vif d'oxymyoglobine (forme oxygénée de la myoglobine) est inversement proportionnelle à l'activité respiratoire des muscles (Lawrie 1953).

La stabilité de la couleur est, elle aussi, très dépendante du type métabolique. La formation de metmyoglobine -forme oxydée de la myoglobine responsable du brunissement progressif de la viande en cours de conservation- dépend de plusieurs mécanismes (Renerre et Labas 1987) : les vitesses de diffusion et de consommation d'oxygène, l'autooxydation de la myoglobine en présence d'oxygène et la réduction enzymatique de la myoglobine. Sa vitesse augmente avec l'intensité du métabolisme oxydatif (Renerre 1984) (figure 3). Les muscles à prédominance rouge-lente ont donc une couleur instable : la hampe (muscle *Diaphragma*) en est un exemple typique.

Figure 3. *Relation entre l'activité respiratoire de muscles de bovins et le pourcentage de metmyoglobine à 8 jours post mortem. (mêmes animaux que dans les figures 1 et 2) (Renerre 1984).*



Les pH ultimes élevés favorisent le maintien de l'activité respiratoire, et s'opposent ainsi à la formation de la couche superficielle d'oxymyoglobine rouge vif. Ceci conduit à la couleur pourpre (couleur de la myoglobine réduite) des viandes à coupe sombre.

2.3 / Teneur en eau, pouvoir de rétention d'eau et perte à la cuisson

La teneur en eau varie beaucoup entre muscles. Bousset *et al* (1986) rappportent des valeurs extrêmes de 71,6 % d'eau dans le muscle *Diaphragma* (diaphragme) et 77,2 % dans le *Brachialis* (brachial antérieur). Il est bien connu que la teneur en eau varie inversement à la teneur en gras (Callow 1947) ; elle augmenterait avec la vitesse de contraction du muscle (Ouali *et al* 1989). Le rapport de l'eau aux protéines varie aussi largement entre muscles comme le révèle une analyse de résultats rapportés par Lawrie *et al* (1964) (tableau 1). Il pourrait y avoir une relation négative entre ce rapport et les pertes à la cuisson, comme cela a été suggéré pour le porc par Monin *et al* (1986).

Les muscles montrent de grandes différences de pouvoir de rétention d'eau à l'état cru. Celles-ci sont liées aux différences de pH, mais il a été montré qu'à même vitesse de chute du pH et même pH ultime des variations importantes subsistent entre muscles. La cause de ces différences reste inconnue.

Comme le pH, le pouvoir de rétention d'eau varie à l'intérieur même des muscles.

La perte de poids à la cuisson résulte essentiellement d'une diminution du pouvoir de rétention d'eau, qui se traduit par une perte d'eau ; celle-ci entraîne des composés azotés et des minéraux. Les différences entre muscles sont vraisemblablement dues en partie aux différences de pH, mais aussi de propriétés des fractions myofibrillaire et conjonctive. En effet la température à laquelle se produit la dénaturation des protéines et l'enthalpie de dénaturation de ces protéines dépend du type métabolique des fibres musculaires. Monin et Laborde (1985) ont montré que la perte induite par un chauffage à 100°C pendant 10 minutes dans des conditions de pH identiques est plus importante dans les muscles rouges que dans les muscles blancs. Toutefois les mécanismes en cause sont encore à élucider.

Tableau 1. *Rapport eau/protéines dans divers muscles de bovin (calculé d'après les données de Lawrie 1966).*

Muscle	Eau/protéines
Longissimus dorsi (lombaire)	3,46
Longissimus dorsi (thoracique)	3,59
Sartorius	3,72
Psoas major	3,81

2.4 / Tendreté

Le tissu conjonctif enveloppe chaque élément du muscle, constituant une trame très ramifiée. Sa grande résistance mécanique en fait le principal déterminant de la dureté de la viande. La quantité et les caractéristiques qualitatives du tissu conjonctif varient avec les types contractile et métabolique des muscles. Il en va de même pour le degré d'altération des protéines myofibrillaires, altération responsable du gain de tendreté observé au cours de la maturation de la viande.

a / Le tissu conjonctif

Il contient essentiellement deux protéines fibrillaires, le collagène et l'élastine. Le collagène est le principal responsable de la "tendreté de base" de la viande, celle qui n'est pas affectée par la maturation. Il y a une relation étroite entre la tendreté et la teneur en collagène, cette dernière variant beaucoup d'un muscle à l'autre (Boccard *et al* 1967). Mais la quantité de collagène ne suffit pas à expliquer les variations de tendreté, puisque la dureté du muscle augmente avec l'âge sans variation importante de la teneur totale (Kopp 1976, Boccard *et al* 1979). Les caractéristiques qualitatives du collagène jouent un rôle important : composition en isoformes, nombre et nature des liaisons intermoléculaires.

La localisation anatomique est le premier facteur de variation du taux de collagène (tableau 2). Ce taux est plus élevé dans les muscles à contraction lente que dans les muscles à contraction rapide (Kopp *et al* 1989). Les caractéristiques qualitatives du collagène varient également beaucoup entre muscles, particulièrement le rapport entre les isoformes 1 et 3. Le collagène de type 3 est plus sensible à la protéolyse, on peut donc s'attendre à une hydrolyse supérieure du collagène par les protéases endogènes dans les muscles possédant un rapport type 3/type 1 élevé (Ouali, communication personnelle).

Les fibres de collagène sont stabilisées par des liaisons intermoléculaires de stabilité thermique variable. La proportion des liaisons thermiquement stables joue un rôle primordial dans la définition des propriétés texturales de la viande et diffère beaucoup d'un muscle à l'autre chez le boeuf.

Le collagène est altéré au cours de la maturation de la viande, mais on ne connaît pas exactement l'étendue des changements qu'il subit, ni dans quelle mesure ceux-ci affectent la dureté de la viande. L'altération agit vraisemblablement sur la stabilité thermique des liaisons intermoléculaires. Mais l'ensemble des résultats obtenus par divers chercheurs laisse penser que le collagène est impliqué d'une façon mineure, voire négligeable, dans l'augmentation de tendreté qui accompagne la maturation de la viande de boeuf (Ouali, communication personnelle).

L'élastine est présente sous forme de fibres localisées surtout dans le tissu conjonctif intramusculaire. Sa teneur varie inter- et intramuscle. Dans la plupart des muscles de bovins, elle représente moins de 6 % du tissu conjonctif,

Tableau 2. *Effets de divers facteurs biologiques sur le taux et la stabilité thermique du collagène dans la musculature de bovin.* *L'analyse de variance a porté sur 18 muscles de 10 animaux d'âge et de sexe variés décrits dans Talmant et al 1986. La solubilité du collagène à 90°C en milieu humide est un critère de stabilité thermique.*

Facteur de variation		Type de muscle	Animal	Age	Sexe
Taux de collagène	F	12,9	2,2	0,6	6,1
	signification	***	*	ns	**
Solubilité du collagène	F	0,8	32,2	17,9	25,9
	signification	ns	***	***	***

ns : non significatif ; * P < 0,05 ; ** P < 0,01 ; *** P < 0,001.

mais elle atteint 10 % dans le *Rectus abdominis* et le *Gluteus medius* (fessier moyen) et même 35 % dans le *Semitendinosus* (demi-tendineux) et le *Latissimus dorsi* (grand dorsal). Cependant ces variations semblent jouer un rôle mineur dans la variabilité globale de la tendreté.

b / Les protéines myofibrillaires

On admet que l'augmentation de tendreté due à la maturation provient d'une altération de la structure myofibrillaire. Cette structure subit en effet des modifications profondes sous l'influence de protéases endogènes.

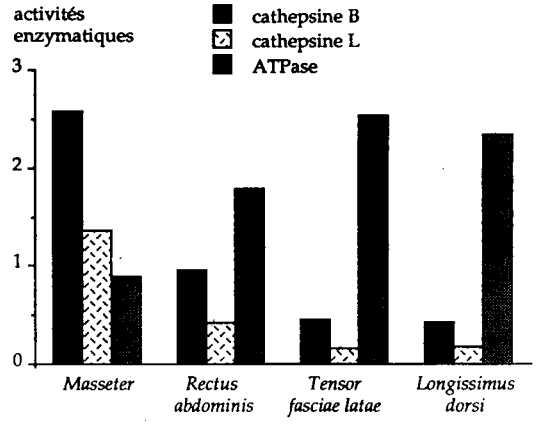
La variabilité entre muscles dans la vitesse et l'intensité d'attendrissement est très supérieure à la variabilité entre animaux, selon Dransfield *et al* (1980-81). L'usage de méthodes tant biochimiques que rhéologiques a permis de montrer que la vitesse de maturation des muscles de bovins augmente avec la vitesse de contraction (appréciée par l'activité ATPasique myofibrillaire) et l'activité glycolytique (Ouali *et al* 1988). Au niveau microscopique, les modifications affectant l'ultrastructure du système myofibrillaire sont beaucoup plus rapides dans les fibres à contraction rapide que dans les fibres à contraction lente. Ceci a d'ailleurs été observé aussi dans d'autres espèces (volaille, porc).

Ces différences entre types de muscles dans les modalités de la maturation sont l'expression de différences dans les activités des protéases et des inhibiteurs de protéases, mais aussi de variations dans la sensibilité des protéines myofibrillaires à la protéolyse et dans les changements de pression osmotique survenant *post mortem* dans les muscles. La relation entre la vitesse de contraction et les activités de deux enzymes protéolytiques est illustrée dans la figure 4 (noter qu'il n'y a pas une relation directe entre ces activités et la vitesse de maturation, puisque celle-ci augmente avec la vitesse de contraction). Ces aspects sont décrits en détail par Monin et Ouali (1991).

2.5 / Flaveur

Les muscles présentent de grandes différences de flaveur, ce qui n'est pas surprenant compte-tenu de l'importante variation affectant leur composition chimique. Par exemple les muscles *Diaphragma* ou *Rectus abdominis* (droit de l'abdomen) sont réputés avoir une flaveur beaucoup plus développée que le *Psoas major* (grand psoas). Le type métabolique paraît être un facteur très important de la flaveur, selon les conclusions tirées par Valin *et al* (1982) d'études menées chez un autre ruminant, l'agneau. Le gras intramusculaire et surtout la fraction phospholipidique semblent avoir une influence primordiale sur la définition de la flaveur (Valin et Goutefongea 1978, Mottram et Edwards 1983). Chez le porc, le taux de phospholipides croît avec l'intensité du métabolisme oxydatif, ce qui expliquerait que l'intensité de la flaveur augmente avec l'activité de ce métabolisme ; on peut supposer qu'il en va de même chez le bovin.

Figure 4. *Activités des cathepsines B et L dans divers muscles de bovin. Les muscles sont rangés de gauche à droite par ordre croissant d' activité ATPasique (meq KOH/min/10 mg de protéines) ; les activités cathepsines sont exprimées en unités/g de muscle frais. (Ouali, communication personnelle).*



2.6 / Jutosité

Les différences de jutosité entre muscles d'un même animal, communément admises, sont encore très mal expliquées. On peut penser que les facteurs influençant le pouvoir de rétention d'eau affectent également la jutosité. Cependant le pH, qui est un des principaux déterminants du pouvoir de rétention d'eau, a peu d'influence sur cette qualité organoleptique (Dransfield 1981). Purchas et Davies (1974) discutèrent le rôle du gras intramusculaire sur la base de leurs propres observations et de celles de plusieurs autres auteurs : ils conclurent à une très faible relation entre le taux de ce composé et la jutosité chez le boeuf. Comme la flaveur, la jutosité augmente avec le métabolisme oxydatif (Valin *et al* 1982).

Les écarts de vitesse et d'intensité de maturation sont beaucoup plus importants entre muscles qu'entre animaux.

3 / Variations des qualités de la viande entre animaux

3.1 / Influence du type génétique

a / La race

Il y a peu de comparaisons entre races concernant l'évolution *post mortem* du pH. Des expérimentations impliquant de nombreuses races européennes continentales ou britanniques ont conduit à conclure que les différences raciales en ce domaine sont faibles (Ménissier *et al* 1982, Liboriussen 1982). Le pouvoir de rétention d'eau tend à diminuer lorsque le développement musculaire augmente. La fréquence des viandes à pH élevé semble plus forte dans les races bovines de type laitier (Sornay 1978).

Des différences entre races dans la teneur en pigment ont été rapportées par divers auteurs (Renerre 1984, Boccard *et al* 1979, 1980). L'intensité de la couleur tend à varier inversement au développement musculaire. Ceci est à rapprocher de l'observation de May *et al* (1975), selon qui une relation positive existe entre le développement musculaire et le pourcentage de fibres blanches dans la musculature.

Les différences raciales sont importantes pour la tendreté (May *et al* 1975, Palmer 1963 cité par Lawrie 1966, Boccard *et al* 1969). En particulier Boccard *et al* (1969) ont observé que la tendreté augmente avec le développement musculaire, ce qu'ils ont expliqué par une relation négative entre ce dernier caractère et la teneur en collagène. Renand (1988), analysant la relation entre croissance musculaire et tendreté à partir d'études européennes et américaines, a conclu qu'il n'y a pas de relation clairement établie entre ces caractéristiques ; toutefois, dans les deux études européennes, il existait une corrélation légèrement favorable. Outre le collagène, le taux de gras intramusculaire varie nettement d'une race à l'autre, ce qui peut contribuer à la variation raciale de tendreté (Callow 1947, Boccard *et al* 1980).

La tendreté de la viande est plus élevée chez les femelles que chez les mâles et cet écart augmente avec l'âge.

b / Le type culard

Le gène culard induit des modifications de quantité, de structure et de solubilité des trames de collagène musculaire, qui se traduisent par une nette amélioration de la tendreté de la viande en même temps que de la quantité de muscle (Dumont et Boccard 1974). Cependant ces avantages s'accompagnent de défauts de couleur et de gras intermusculaire entraînant une diminution de la sapidité. Ces aspects ont été traités en détail et d'une façon très complète dans une revue bibliographique par Boccard (1981).

3.2 / Influence du sexe

a / Evolution du pH post mortem et qualités technologiques

Après l'abattage, la vitesse de chute du pH dans la musculature est plus lente chez les taurillons que chez les génisses ou les bouvillons (Martin et Freeden 1974), mais cela a vraisemblablement peu d'importance pratique. Plus significative est l'influence du sexe sur l'amplitude de la chute du pH. Les taurillons montrent une fréquence de viandes à pH élevé beaucoup plus forte que les autres types sexuels, selon de très nombreuses observations (Martin et Freeden 1974, Sornay 1978, Tarrant 1981) (tableau 3). La cause de cette différence réside dans le tempérament plus excitable des animaux mâles, qui conduit à une motricité supérieure et vraisemblablement un stress psychique plus intense dans la période précédant l'abattage (transport, attente à l'abattoir). Il en résulte une glycogénolyse musculaire accrue sous la double influence de la contraction musculaire et de l'hypersécrétion de catécholamines, conduisant à un pH ultime plus élevé.

Tableau 3. *Fréquence des viandes à pH élevé chez divers types de bovins. En % des carcasses présentant un pH > 6 dans plusieurs muscles, 48 h après l'abattage.*

Type (effectif)	Fréquence
Taurillon (1 150)	18
Bœuf (100)	0
Génisse (135)	3
Vache (105)	2

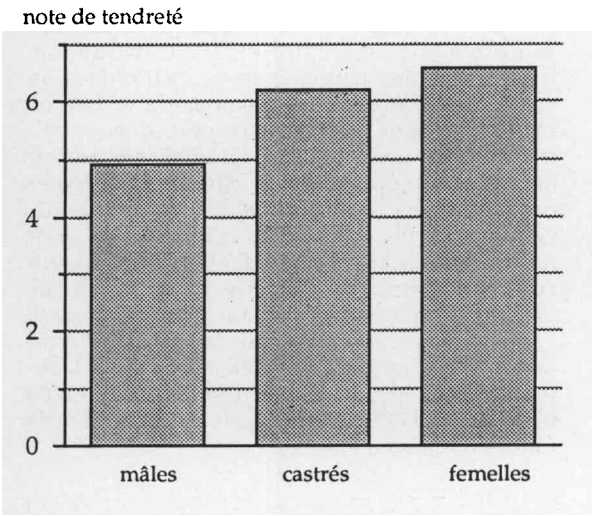
b / Qualités organoleptiques

Le sexe a une influence sur la teneur en pigments, qui croît plus vite chez les femelles que chez les mâles, la différence étant d'autant plus importante que les muscles sont plus colorés (Renerre 1986). Par contre, il n'y a pas de différence de teneur en pigment entre taurillons et bouvillons (Weniger et Steinhauf 1968, Watson 1969, Boccard *et al* 1979, Marinova *et al* 1985, Renerre 1986). Pour les auteurs anglo-saxons, la viande des taurillons est souvent plus foncée que celle des autres types sexuels du même âge (revue bibliographique par Seideman *et al* 1982). Ceci est attribué au pH plus élevé de la première.

En ce qui concerne la tendreté, l'influence du sexe est bien connue. La viande de taurillon est généralement considérée comme plus dure que celle de mâle castré, elle-même plus dure que celle de génisse (Touraille 1982)(figure 5) bien que Boccard *et al* (1979) ne trouvent pas de différence entre les deux premiers types sexuels de ce point de vue. La différence augmente avec l'âge et deviendrait appparente vers 15-16 mois (Hedrick *et al* 1969). Elle provient au moins en partie de différences dans la teneur et la solubilité du collagène. Le taux de collagène est le plus élevé chez les taurillons et le plus faible chez les génisses, les boeufs occupant une position intermédiaire ; par contre la solubilité du collagène est similaire chez les boeufs et les génisses, les taurillons montrant une solubilité inférieure (Kopp 1989, communication personnelle).

Pour Seideman *et al* (1982), la tendreté inférieure de la viande de taurillons par rapport aux bouvillons s'expliquerait aussi par le fait que les premiers ont une couverture adipeuse plus faible, et sont ainsi moins bien protégés

Figure 5. *Influence du sexe sur la tendreté de la viande. Tous les animaux ont été abattus à 24 mois ; la tendreté a été appréciée par un jury de dégustation. (Touraille 1982).*



contre la contracture au froid en cas de réfrigération rapide.

La flaveur et la jutosité de la viande de boeuf sont considérées comme supérieures à celles de la viande de taurillons (Field *et al* 1966, Reagan *et al* 1971, Micol et Touraille 1983).

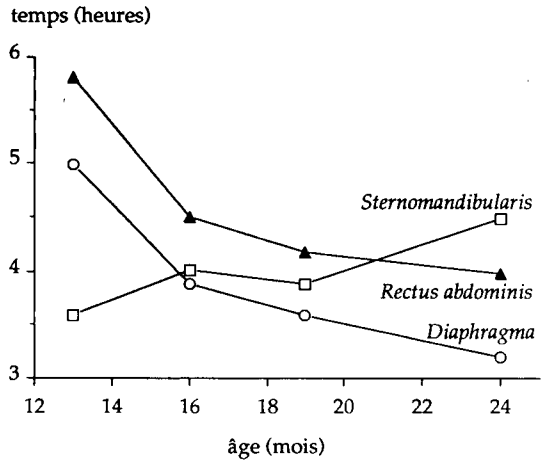
3.3 / Influence de l'âge

Il est évident que les qualités de la viande bovine changent considérablement avec l'âge des animaux. Cette évolution correspond à des changements profonds dans la composition et les caractéristiques métaboliques des muscles.

a / Evolution post mortem du pH et pouvoir de rétention d'eau

La vitesse de chute du pH augmente avec l'âge, tandis que le pH ultime évolue peu (figure 6). Cette accélération du métabolisme *post mortem* combinée à l'accroissement des épaisseurs musculaires apporte probablement une diminution de la propension à la contracture au froid (pour les muscles conservés sur la carcasse) bien que la sensibilité intrinsèque à cette contracture augmente avec l'âge selon Davey et Gilbert (1975). Le pouvoir de rétention d'eau de la viande de boeuf diminue avec l'âge (Malterre *et al* 1974).

Figure 6. *Influence de l'âge sur le temps nécessaire après l'abattage pour atteindre un pH égal à 6 dans 3 muscles de bovin. Les muscles étaient prélevés environ 0,5 h après l'abattage et gardés à 37°C pour la durée des mesures.*



b / Qualités organoleptiques

Chez le bovin comme dans toutes les espèces de mammifères domestiques, l'intensité de la couleur augmente avec l'âge par suite de l'élévation du taux de myoglobine. Le contenu du muscle en myoglobine s'accroît rapidement au moins jusqu'à 2 ans (Boccard *et al* 1979, Renerre et Valin 1979, Renerre 1982) et même jusqu'à 3 ans selon Lawrie (1966) (figure 7). L'augmentation devient ensuite plus modérée. La stabilité de la couleur tend à diminuer avec l'âge, surtout dans les muscles les plus instables (Renerre et Valin 1979, Renerre 1982).

La diminution de tendreté observée lorsque l'âge augmente (Geay *et al* 1975 ; Boccard *et al* 1979 ; Touraille 1982) ne repose pas sur l'évolution du taux de collagène, qui change peu. Elle est attribuée à l'augmentation du degré de polymérisation du collagène, appréciée à travers une décroissance de la solubilité (Kopp 1971, 1976). En outre, la vitesse d'attendrissement durant la maturation diminue avec l'âge : le temps nécessaire pour atteindre la tendreté maximale à 4°C passe de 4-5 jours chez le veau à 10-11 jours chez la vache de réforme (Buchter 1972 ; Valin *et al* 1975).

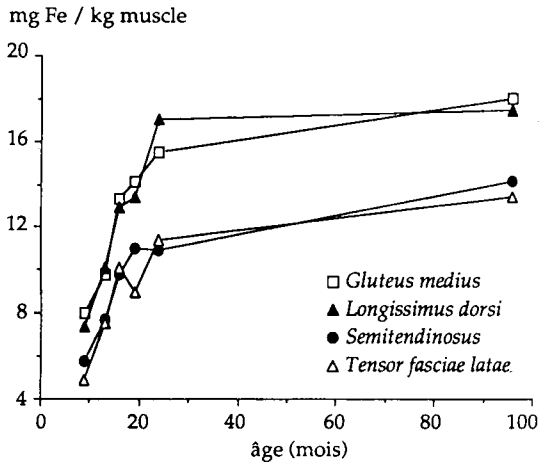


Figure 7. *Evolution de la teneur en pigment avec l'âge (race Limousine). (Renerre 1982).*

La flaveur augmente avec l'âge des animaux (Touraille 1989). Ceci peut être attribué à une augmentation du taux de lipides intra-musculaires, et peut être à une évolution du type métabolique.

3.4 / Influence des conditions d' élevage

Le niveau d'alimentation affecte la composition chimique du muscle. Lawrie (1966) conclut, à partir de plusieurs études menées dans la période 1940-1960, que la teneur en lipides augmente et que corrélativement la teneur en eau diminue dans la musculature lorsque le niveau d'alimentation s'élève.

En fait, il existe très peu de données relatives aux effets des modes d'élevage sur les qualités de la viande bovine. Des études sont en cours actuellement à l'INRA dans ce domaine (Micol, communication personnelle), prenant en compte le niveau et la nature de l'alimentation, ainsi que le mode de conduite des animaux. L'augmentation du niveau d'alimentation conduirait à une amélioration de la tendreté (Fishell *et al* 1985, Miller *et al* 1987). Cette amélioration est associée à un taux de tissu conjonctif abaissé et un persillé plus abondant. On observe également un pH ultime légèrement plus élevé et une augmentation de la proportion de fibres musculaires blanches. Par contre, la restriction alimentaire a peu d'effet sur la couleur et la tendreté chez les taurillons (Boccard et Bordes 1986). La nature de l'alimentation (herbe, céréales...) influence peu les qualités de la viande bovine (Seideman et Crouse 1986, Boucqué *et al* 1977, Hedrick *et al* 1983).

Conclusion

L'âge, le sexe, le mode d'élevage affectent notablement les caractéristiques de la viande, surtout les qualités organoleptiques. La race semble avoir beaucoup moins d'influence. L'ensemble des connaissances accumulées au cours des dernières décennies par la recherche agronomique de nombreux pays, joint au savoir traditionnel des éleveurs, permet de prévoir dans une large mesure les effets des systèmes de production sur les qualités de la viande. Cependant, les efforts des producteurs pour fournir une viande répondant à l'attente des consommateurs peuvent être remis en cause, sinon annihilés, par les traitements infligés à l'animal et à la carcasse dans la période d'abattage et de découpe (A. Ouali à paraître). L'obtention d'un produit final de qualité optimale implique donc l'attention et la contribution de tous les acteurs de la filière.

Références bibliographiques

BENDALL J.R., 1978. Variability in rates of pH fall and of lactate production in the muscles on cooling beef carcasses. Meat Sci., 2, 91-104.

BOCCARD R., 1981. Facts and reflections on muscular hypertrophy in cattle : double muscling or culard. In : Develop. Meat Sci., 2, 1-28.

BOCCARD R., BORDES P., 1986. Caractéristiques qualitatives des viandes bovines : influence des facteurs de production. In : Production de viande bovine, D. Micol éd., INRA, 61-84.

BOCCARD R., DUMONT B.L., 1974. Conséquences de l'hypertrophie musculaire des bovins sur la musculature. Ann. Génét. Sél. anim., 6, 177-186.

BOCCARD R., DUMONT B.L., SCHMITT O., 1967. Note sur les relations entre la dureté de la viande et les principales caractéristiques du tissu conjonctif. 13e Congrès Europ. Chercheurs Viande, Rotterdam.

BOCCARD R., DUMONT B.L., SCHMITT O., 1969. Relations entre la conformation des carcasses et les caractéristiques de la musculature. Bull. Acad. Vét., 62, 261-265.

BOCCARD R., NAUDE R.T., CRONJE D.E., SMIT M.C., VENTER H.J., ROSSOUW E.J., 1979. The influence of age, sex and breed of cattle on their muscle characteristics. Meat Sci., 4, 261-281.

BOCCARD R., VALIN C., BONAITI B., 1980. Effect of genotype on pigment, lipid and collagen content of the *longissimus dorsi* muscle in young bulls. 26e Congrès Europ. Chercheurs Viande, Colorado Springs, 1, 271-274.

BOUCQUE C.V., FIEMS L.O., COTTYN B.G., CASTEELS M., BUYSSE F.X., 1977. L' utilisation de pommes de terre crues par les taurillons de boucherie. Revue Agric., 35, 2999-3015.

BOUSSET J., DUMONT B.L., HUDZIK E., 1986. The dry matter content of beef muscles. 32e Congrès Europ. Chercheurs Viande, Gand, 2, 499-502.

BUCHTER L., 1972. Meat chilling. Why and how ? (ed C.L. Cutting), ARC Meat Research Institute Symposium, 2, 4.51.

CALLOW E.H., 1947. Comparative studies of meat. 1. The chemical composition of fatty and muscular tissue in relation to growth and fattening. J. Agric. Sci., 37, 113-129.

DAVEY C.L., GILBERT K.V., 1975. Cold shortening capacity and beef muscle growth. J. Sci. Fd Agric., 26, 755-759.

DEGAND G., EVRARD P., DUCHATEL J.P., MAGHUIN-ROGISTER G., 1984. Anabolic treatment and quality of meat. 30e Congrès Europ. Chercheurs Viande, Bristol, 8.7.

DRANSFIELD E., 1981. Eating quality of dark-cutting beef. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci., 10, 344-358

DRANSFIELD E., JONES R.C.D., MAC FIE H.J.H., 1980-81. Quantifying changes in tenderness during storage of beef meat. Meat Sci., 5, 131-141.

DUMONT B.L., 1981. Beef quality, marketing and the consumer. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci., 10, 37-57.

FIELD R.A., NELMS G.E., SCHOONOVER C.D., 1966. Effects of age, marbling and sex on palatability of beef. J. Anim. Sci., 25, 360-365.

FISCHER C., HAMM R., 1980. Biochemical studies on fast-glycolyzing bovine muscle. Meat Sci., 4, 41-49.

FISCHELL V.K., ABERLE E.D., JUDGE M.D., PERRY T.W., 1985. Palatibility and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate. J. Anim. Sci., 61, 151-156.

GEAY Y., ROBELIN J., BOCCARD R., 1975. Caractéristiques d'engraissement des bovins limousins. Bull. Techn. CRZV Theix, 22, 29-34.

GILL C.O., NEWTON K.G., 1981. Microbiology of DFD beef. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci., 10, 305-321.

HEDRICK H.B., PATERSON T.A., MATCHES A.G., THOMAS J.D., MORROW R.F., STRINGER W.C., LIPSEY R.J., 1983. Carcass palatability characteristics of beef produced on pasture, corn, silage and corn grain. J. Anim. Sci., 57, 791-801.

HEDRICK H.B., THOMPSON G.B., KRAUSE G.F., 1969. Comparison of feedlot performance and carcass characteristics of half-sib bulls, steers and heifers. J. Anim. Sci., 29, 687-692.

HOWARD A., LAWRIE R.A., 1956. Studies on beef quality. Spec. Rept. Fd Invest. Bd., London, n° 63.

HUNT M.C., HEDRICK H.B., 1977. Profile of fiber type and related properties of five bovine muscles. J. Food Sci., 42, 513-517.

KOPP J., 1971. Evolution qualitative du collagène musculaire de bovin en fonction de l'âge des animaux. Conséquences sur la tendreté de la viande. Bull. Techn. CRZV Theix, 5, 47-54.

KOPP J., 1976. Tendreté de la viande bovine. Principaux facteurs de variation liés à l'âge des animaux. Bull. Techn. CRZV Theix, 24, 37-46.

LABORDE D., MONIN G., 1985. Pouvoir de rétention d'eau de la viande de porc : influence du type métabolique musculaire et importance des composants du sarcoplasme. Sci. Alim., 5, 341.

LAWRIE R.A., 1953. The relation of energy-rich phosphates in muscle to myoglobin and to cytochrome oxidase activity. Biochem. J., 55, 305-307.

LAWRIE R.A., 1966. In : Meat Science, 1st ed., Pergamon Press, Oxford.

LAWRIE R.A., POMEROY R.W., WILLIAM D.R., 1964. Studies in the muscles of meat animals. J. Agric. Sci., 62, 89-92.

LEFAUCHEUR L., 1989. Les différents types de fibres musculaires chez le porc. Conséquences sur la production de viande. INRA Prod. Anim., 2, 205-213.

LIBORIUSSEN T., 1982. Sire breed influence of various beef breeds on calving performance, growth rate, feed efficiency, carcass and meat quality. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci., 21, 82.

MALTERRE C., BOCCARD R, COTENCIN M., 1974. Influence du poids d'abattage sur la composition de la carcasse et les qualités de la viande de taurillons limousins. Bull. Techn. CRZV Theix, 17, 57-65.

MARINOVA P., RENERRE M., PINKAS A., POLIKRONOV O., LACOURT A., 1985. Comparaison de la composition des carcasses et de quelques qualités de la viande de buffles et de bovins. 31e Congrès Europ. Chercheurs Viande, Varna, Bulgarie.

MARTIN A.H., FREEDEN H.T., 1974. *Post mortem* pH changes as related to tenderness and water-holding capacity of muscles from steer, bull and heifer carcasses. Can. J. Anim. Sci., 54, 127-135.

MAY M.L., DIKEMAN M.E., SCHALLES R.R., 1975. Histology of exotic cross bovine muscles. J. Anim. Sci., 41, 298 (Abstract).

MENISSIER F., SAPA J., FOULLEY J.L., FREBLING J., BONAITI B., 1982. Comparison of different sire breeds crossed with Friesan cows/preliminary results. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci., 21, 94-136.

MICOL D., TOURAILLE C., 1983. Influence de la castration sur la qualité des carcasses et des viandes de bovins abattus à deux ans. Réunion Chercheurs Viande, V.P.C., n° spécial 1983, 73-74.

MILLER M.F., CROSS H.R., BUYCK M.J., CROUSE J.D., 1987. Bovine *longissimus dorsi* muscle glycogen and color response as affected by dietary regimen and *post mortem* electrical stimulation in young bulls. Meat Sci., 19, 253-262.

MITCHELL H.H., HAMILTON J.S., 1933. J. Agric. Res., 46, 917.

MONIN G., OUALI A., 1991. Muscle differentiation and meat quality. In : Develop. Meat Sci., Lawrie R.A. éd., 5, 89-158.

MONIN G., TALMANT A., LABORDE D., ZABARI M., SELLIER P., 1986. Compositional and enzymatic characteristics of the *Longissimus dorsi* muscle from Large White, halothane-positive and halothane-negative Pietrain, and Hampshire pigs. Meat Sci., 16, 307-316.

MOTTRAM D.S., EDWARDS R.A., 1983. The role of triglycerides and phospholipids in the aroma of cooked beef. J. Sci. Fd Agric., 34, 517-522.

MOUTHON P., MAGAT A., 1976. Diagnostic biochimique des myopathies dégénératives des jeunes bovins. Rec. Méd. Vét., 152, 451-455.

OFFER G., KNIGHT P., 1988. The structural basis of WHC in meat. In : Develop. Meat Sci.- 4., Lawrie R.A. éd., 63-243.

OUALI A., OBLED A., COTTIN P., MERDACI N., DUCASTAING A., VALIN C., 1983. Comparative effects of *post mortem* storage and low-calcium requiring neutral proteinase on bovine and rabbit myofibrillar proteins.J. Sci. Fd. Agric., 34, 466-476.

OUALI A., VALIN C., 1984. Principaux facteurs technologiques et biologiques influant sur le processus de maturation des viandes. Bull. Techn. CRZV Theix, INRA, 55, 73-78.

PALMER A.Z., 1963. Proceed. Meat Tenderness Symposium, Campbell Soup Co.,161.

PURCHAS R.W., DAVIES H.L., 1974. Meat production of friesan steers : the effect of intramuscular on palatibility and the effect of growth rates on composition changes. Aust. J. Agric. Res., 25, 667-677.

REAGAN J.O., CARPENTER Z.L., SMITH G.C., KING G.T., 1971. Comparison of palatibility traits of beef produced by young bulls and steers. J. Anim. Sci., 32, 641-648.

RENAND G., 1988. Variabilité génétique de la croissance musculaire et conséquences sur les qualités de la viande chez les bovins. Prod. Anim., 1, 115-121.

RENERRE M., 1982. Influence de l'âge et du poids à l'abattage sur la couleur des viandes bovines (races Frisonne et Charolaise). Sci. Alim., 2, 17-30.

RENERRE M., 1984. Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. Sci. Alim., 4, 567-584.

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

RENERRE M., LABAS R., 1987. Biochemical factors influencing myoglobin formation in beef muscles. Meat Sci., 19, 151-165.

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

SEIDEMANN S.C., CROSS H.R., OLTJEN R.R., SCHAUBACHER B.D., 1982. Utilization of the intact male for red meat production : a review. J. Anim. Sci., 55, 826-840.

SEIDEMAN S.C., CROUSE J.D., 1986. The effects of sex condition and diet on bovine muscle fiber characteristics. Meat Sci., 17, 55-72.

SORNAY J., 1978. Les viandes à pH élevé : un problème préoccupant pour la filière bovine. L'Elevage, n°spécial la Viande Bovine, 141-145.

SORNAY J., LEGRAS P., 1978. Cartographie du pH dans les carcasses de gros bovin. Ind. Alim. Agric., mai 1978, 392-396.

TALMANT A., MONIN G., BRIAND M., DADET M., BRIAND Y., 1986. Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. Meat Sci., 18, 23-40.

TARRANT P.V., 1981. The occurence, causes and economic consequences of dark-cutting in beef - a survey of current information. Curr. Top. Vet. Med. Anim. Sci., 10, 3-33.

TARRANT P.V., MOTHERSILL C., 1977. Glycolysis and associated changes in beef carcasses. J. Sci. Fd Agric., 28, 738-750.

TARRANT P.V., SHERINGTON J., 1980. An investigation of ultimate pH in the muscles of commercial beef carcasses. Meat Sci., 4, 287-297.

TOURAILLE C., 1982. Influence du sexe et de l'âge à l'abattage sur les qualités organoleptiques des viandes de bovins limousins abattus entre 16 et 33 mois. Bull. Techn. CRZV Theix, 48, 83-89.

TOURAILLE C., 1989. Qualités organoleptiques des viandes bovines et ovines. L' Alimentation et la vie, Bull. ASSHA, 75, 31-42.

VALIN C., GOUTEFONGEA R., 1978. Etude de la qualité des viandes de bovin. 2. Comparaison des caractéristiques organoleptiques des viandes de taurillons et d' animal adulte. Ann. Technol. Agric., 27, 609-627.

VALIN C., PALANSKA O., GOUTEFONGEA R., 1975. Etude de la qualité des viandes de bovin. 1. Etude biochimique de la maturation des viandes de taurillon. Ann. Technol. Agric., 24, 47-54.

VALIN C., TOURAILLE C., VIGNERON P., ASHMORE C.E., 1982. Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. Meat Sci., 6, 257-263.

VAN HAVERBEKE G., LEMERCIER G., CABANIE P., MOUTHON P., 1978. Etude histoenzymologique et ultra structurale des muscles de jeunes bovins précoces atteints de dégénérescence musculaire. Bull. Soc. Sci. Vét. Méd. Comp., Lyon, 80, 4.

WATSON M.J., 1969. The effect of castration on the growth and meat quality of grazing cattle. Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb., 4, 164-168.

WENIGER J.H., STEINHAUF D., 1968. Meat quality in respect to carcass evaluation in cattle. World Rev. Anim. Prod., 4, 87-92.

Summary

Biological factors of beef quality

Technological and eating qualities of beef, that is to say, processing ability, water holding capacity, colour, juiciness and flavour, all depend on several biological factors. This article reviews the principle factors, namely, the anatomical location and the physiological function of the muscle, genetic type (breed and culard type,) age, sex and farming conditions. It appears that amongst the variation factors in meat quality between animals that age, sex and farming conditions play a major role, whereas breed has only a minor effect.

MONIN G., 1991. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. INRA Prod. Anim., 4 (2), 151-160.