

Viandes et Produits carnés

Revue des instituts de recherches et des centres techniques des filières viandes et produits carnés

La revue scientifique

Viandes & Produits Carnés

Référence de l'article : VPC – 2015 – 31 – 2 – 4

Date de publication : 1^{er} avril 2015

www.viandesetproduitscarnes.com

Le standard de qualité AHDB Beef & Lamb : un exemple de démarche qualité en Angleterre

**« La Norme Qualité AHDB Beef & Lamb » : une démarche qualité basée sur la connaissance
des facteurs impliqués dans le déterminisme de l'acceptabilité de la viande rouge par les
consommateurs.**

Mots-clés : démarche qualité, viande bovine

Auteur : Kim R. Matthews¹

¹ AHDB Beef & Lamb, Agriculture and Horticulture Development Board, Stoneleigh Park, Kenilworth, Warwickshire CV8 2TL, Angleterre

* E-mail de l'auteur correspondant : kim.matthews@ahdb.org.uk

La démarche « Quality Standard Mark » est un exemple de démarche qualité en Angleterre élaborée dans l'intérêt commun des consommateurs et de la filière. Cet article décrit cette démarche de qualité. Il a été préalablement publié en 2013 dans l'ouvrage « Developments in beef meat quality » édité par JD Wood qui résume les travaux qui ont été présentés lors de la « Langford Food Industry Conference » en juin 2012.

Résumé : De très nombreux facteurs sont impliqués dans le déterminisme de l'acceptabilité de la viande rouge par les consommateurs. Cet article passe en revue les facteurs qui influencent la qualité de la viande bovine et qui, de ce fait, pourraient faire partie d'un cahier des charges pour une viande de meilleure qualité. Les avantages et les inconvénients d'une démarche de qualité sont brièvement discutés. La démarche « Quality Standard Mark » est présentée comme un exemple de démarche qualité en Angleterre qui offre des avantages pour les consommateurs et la filière. Les changements dans les pratiques qui sont induits par cette démarche sont également décrits.

INTRODUCTION

De très nombreux facteurs sont impliqués dans le déterminisme de l'acceptabilité de la viande rouge par les consommateurs. Une étude réalisée pour le Defra (Département britannique de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales) en 2007 (MLC, 2007) a notamment permis de mettre en évidence que bon nombre de sujets qui préoccupent les consommateurs sont directement liés aux perceptions sensorielles auxquelles la filière tente de répondre en améliorant soit ses systèmes de production, soit ses stratégies de communication. L'apparence (couleur et teneur en gras), les propriétés nutritionnelles (teneur en gras et type, essentiellement), et la qualité gustative (texture et flaveur) comptent parmi les principaux critères de qualité pouvant être directement induits par des modifications apportées aux propriétés physiques ou biochimiques de la viande bovine. Cet article s'intéressera essentiellement à la qualité gustative de la viande en faisant également référence à certaines caractéristiques visuelles.

La qualité gustative de la viande bovine peut se déterminer selon trois approches principales:

- déterminer le traitement (des animaux, des carcasses et des découpes) de manière à délivrer le niveau de qualité requise sur la base d'un cahier des charges précis et d'une surveillance qui en garantit le respect,
- connaître et comprendre, d'un bout à l'autre de la filière, des facteurs ayant une incidence sur la qualité, les consigner, puis, sur la base de modèles, prévoir la qualité gustative moyenne de la carcasse ou des découpes dont elle est composée.
- recourir à des outils pour évaluer les critères de qualité présentant de l'intérêt à un stade déterminant de la filière afin de déterminer la destination la plus appropriée de la viande bovine.

Les filières bovines anglaises (et plus largement britanniques) pratiquent la démarche qualité depuis des années. Cette approche parfaitement adaptée à la structure du secteur (qui se caractérise par une clientèle de grandes surfaces) fera l'objet du présent article. Les avantages et les inconvénients de cette

démarche de qualité y seront abordés ultérieurement.

Le Plan directeur pour une viande bovine de qualité durable et meilleure (*Bueprint for Improved Consistent Quality Beef*) lancé en 1990 par la MLC (*Meat and Livestock Commission* – Commission pour la viande et le bétail) (MLC, 1990) a été décisif dans la mise en place d'une démarche qualité à l'échelle nationale. Ce document comprend tout un panel de recommandations en matière de bonnes pratiques pour obtenir une viande de bonne qualité gustative. Lors de la définition de ces pratiques, l'état de l'art sur le sujet a été passé en revue afin de rédiger le Plan directeur à l'appui des études scientifiques disponibles et des conclusions issues du propre programme de recherches de la MLC (la plupart de ces conclusions sont décrites par Fisher *et al.* (1994)). Cette compilation a depuis été plusieurs fois mise à jour. Dernièrement, afin d'avoir l'assurance de conseiller au mieux le secteur sur les pratiques les plus pertinentes, un recueil actualisé a été publié en 2011 Ce recueil s'appuie sur les ouvrages les plus récents pour former un référentiel à jour étayé de preuves collectées sur dix ans d'études scientifiques, de recherches financées par la taxe interprofessionnelle (publiées et non publiées) et d'échanges au sein de la communauté scientifique internationale sur la viande bovine (Matthews, 2011). Cet article se basera dans une large mesure sur ce référentiel, dont la version complète est consultable sur le site Web de AHDB Beef & Lamb qui a également publié sous forme de dépliant une synthèse des principales recommandations.

Cet article s'attachera dans un premier temps à recenser les principaux facteurs devant être inclus dans un cahier des charges qualitatif avant d'évoquer les « pour » et les « contre » d'une démarche de qualité et l'actualisation de la démarche qualité à l'origine de la norme qualité «Quality Standard Mark ».

I. LES FACTEURS LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION AYANT UNE INCIDENCE SUR LA QUALITÉ DE LA VIANDE

I.1. Les effets génétiques

La race a globalement peu d'effets sur la qualité gustative de la viande bovine. L'effet le plus important sur la qualité gustative lié à la « race » se rapporte à la dureté observée par de nombreux chercheurs en viande bovine dans les élevages de races *Bos indicus* (zébu ou brahman). Pour ce qui est de l'espèce *Bos taurus* (européenne), tout effet directement induit par la race observable pourrait être dû à des facteurs associés tels que le niveau de gras ou le nombre de jours de maturation, même s'il existe des preuves d'un effet dû aux différences de structure fibreuse des muscles.

L'*USDA Meat Animal Research Center* à Clay Center, dans l'État du Nebraska, s'est spécialisé dans l'évaluation à large échelle des races bovines depuis la fin des années 70. Un large éventail de races de reproducteurs est croisé avec des femelles de race commune (soit Hereford, soit Angus, soit croisées « MARC III »). Chaque « cycle » du programme de reproduction inclut une combinaison différente d'espèces. Les résultats montrent invariablement que les races *Bos indicus*, à l'exclusion de la Touli (type Sanga), produisent de la viande plus dure. Chez les races *Bos taurus*, même si les résultats ne sont pas uniformes entre les cycles du programme, un examen d'ensemble tend à démontrer un léger avantage en termes de tendreté chez l'Aberdeen Angus et la Hereford (Tatum, 2006). Si ces effets demeurent modestes, ces races n'en demeurent pas moins souvent privilégiées aux États-Unis, essentiellement en raison de leur niveau de persillage plus élevé et, partant, de leur meilleur indice de qualité USDA qui, il convient toutefois de préciser, ne constituent pas des indicateurs particulièrement pertinents en matière de tendreté de la viande.

British research (Homer *et al.*, 1997) a étudié les effets du génotype des reproducteurs et du niveau de gras sur les qualités gustatives de la progéniture de vaches laitières. Pour les morceaux de bifteck, aucune différence gustative notable n'a été observée chez les six races de reproducteurs étudiées. Pour ce qui est du rôti supérieur, le Blanc bleu belge obtient des notes de tendreté supérieures à celles des cinq autres races de reproducteurs. Dans

l'ensemble, les chercheurs sont parvenus à la conclusion que les effets génétiques étaient négligeables. Curieusement, les chercheurs polonais ont également jugé plus avantageux le croisement entre la race Blanc bleu belge et les taureaux de race laitière par rapport aux croisements entre Charolais et Aberdeen Angus, bien que les taureaux noirs et blancs de race pure présentent un indice de tendreté équivalent à celui du Blanc bleu belge ! Les auteurs citent d'autres travaux polonais parvenant à la conclusion que les qualités gustatives de la race noire et blanche sont supérieures à celle des croisements (Groth *et al.*, 1999) !

Les études réalisées auprès de bœufs de race pure ont montré un léger avantage en termes de tendreté chez l'Aberdeen Angus par rapport à la Holstein. La race charolaise se situe dans la moyenne (Sinclair *et al.*, 2001). L'Aberdeen Angus produirait également une viande plus goûteuse et juteuse avec des notes d'acceptabilité globalement supérieures à celles des deux autres races.

Il est donc possible de conclure que, même si les effets génétiques demeurent négligeables, l'Aberdeen Angus de race pure est probablement plus avantageuse sur le plan gustatif, au même titre, potentiellement, que l'Hereford. Chez les élevages bovins britanniques, les preuves d'effets génétiques sur les qualités gustatives de viandes issues de croisements restent peu nombreuses. Les bénéfices génétiques de la race Blanc bleu belge sur les qualités gustatives de la viande sont probablement imputables au gène unique responsable des propriétés musculaires des bovins culards.

Au sein d'une même race, l'activité de la calpastatine diffère en fonction des rameaux. La sélection de races à fort taux de croissance ou à fort indice de consommation net contribue plus particulièrement à accroître l'activité de la calpastatine et donc à réduire la protéolyse après abattage (Oddy *et al.*, 2001). La sélection de rameaux plus tendres pourrait s'envisager, mais les phénotypes restent difficiles à mesurer à moins que le testage de la descendance dans le cadre d'un abattage commercial ne soit prévu (même la sélection génomique passe par la collecte de phénotypes !). La sélection de

marqueurs génétiques, de QTL ou de gènes spécifiques sur le plan de la qualité gustative est en théorie possible, et plusieurs essais commerciaux sont notamment disponibles dans ce domaine. Toute la difficulté de cette démarche est de s'assurer que ces essais sont effectivement validés auprès des populations présentant de l'intérêt. En outre, il est clairement impossible d'observer de quelconques différences génétiques sans un contrôle strict du traitement des carcasses après abattage. Par exemple, Allais *et al.* (2011) ont mis en évidence la corrélation entre les SNP dans les gènes responsables de la calpastatine et de la micro-calpaïne et la tendreté / dureté de la viande, mais les polymorphismes auxquels ces marqueurs sont associés et leurs effets varient selon la race. Cette étude prouve donc à quel point il importe de faire preuve de la plus grande prudence dans le transfert de marqueurs génétiques d'une population à une autre.

I.2 Les effets liés au sexe

Peu de preuves mettent en évidence une différence de qualité gustative entre mâles et génisses. Les principales questions à examiner en termes de sexe concernent essentiellement le traitement des taurillons. L'état de l'art recense de nombreux éléments probants portant sur les qualités gustatives des taurillons par rapport à celles des bœufs. Des études ont été menées dans plusieurs pays et ont porté sur diverses races et systèmes de production. Les données publiées à ce jour indiquent que la qualité gustative des taurillons de boucherie est moindre par rapport à celle des bœufs du même âge, plus particulièrement en termes de tendreté.

Néanmoins, les conclusions des essais réalisés dans le cadre du Plan directeur *Beef Blueprint* mentionné plus haut ont permis de révéler des moyens permettant d'inclure les taurillons dans une démarche de qualité. La viande de taurillon de boucherie ressort généralement plus dure que celle des bœufs et des génisses. Un examen plus approfondi des résultats de ces essais a permis de conclure que les taurillons peuvent produire une viande de qualité à condition de satisfaire à certaines exigences supplémentaires, à savoir abaisser l'âge limite d'abattage et soumettre la viande à une maturation prolongée.

I.3. L'âge de l'animal

La littérature en la matière s'accorde à reconnaître l'incidence de l'âge sur la tendreté de la viande (se reporter à l'étude de Harper (Harper, 1999)). De mars 1996 à novembre 2005, la limite d'âge maximale des bovins abattus au Royaume-Uni pour une consommation humaine était de 30 mois. Conforme à l'âge limite maximal recommandé dans le cadre du Plan directeur *Beef Blueprint* de la MLC, cette limite d'âge est censée prévenir les éventuels problèmes de qualité gustative rencontrés chez les animaux plus âgés et, vraisemblablement, chez les animaux à croissance plus lente. Depuis 2005, l'abattage d'un certain nombre d'animaux âgés de plus de trente mois concerne désormais la viande bovine de premier choix, ce qui relance donc de nouveau le débat sur la qualité gustative des bovins plus âgés.

Dans l'ensemble, il ne fait aucun doute que plus l'animal est âgé, plus la viande perd en tendreté. Les conclusions d'une étude réalisée en 1989 (Purchas, 1989) sont probablement toujours d'actualité : il est ainsi peu probable que les effets de l'âge sur la tendreté de la viande soient d'une quelconque importance pour les systèmes de production de viande commerciale dans lesquels les bovins atteignent un stade de développement correct et sont encore raisonnablement jeunes au moment de leur abattage (jusqu'à 30 mois). Pour ce qui est des taurillons, il est généralement considéré comme plus prudent d'imposer une limite d'âge inférieure en raison de la maturité précoce de cette viande et donc de sa dureté plus probable.

I.4. Le taux de croissance

Un important panel de données, toutes presque exclusivement issues de parcs d'engraissement, montre les bénéfices des bovins en phase de finition pour les rations à haute valeur énergétique. Pour autant, de récentes recherches semblent suggérer que cet effet ne concernerait pas tous les muscles, le plus grand bénéficiaire étant l'ailoyau (Archile-Contreras *et al.*, 2010).

Des études australiennes ont également démontré l'effet positif du taux de croissance sur la tendreté (Perry *et al.*, 2002 ; Perry et

Thompson, 2005). Le taux de croissance semblerait donc contribuer à la tendreté de la viande de manière certes modeste mais positive (un taux de croissance élevé procurant une meilleure tendreté) au sein d'un même groupe de bovins, mais ces études n'ont pas pris en considération les différences entre divers groupes de bovins. Ces résultats suggèrent que la manipulation des modes de croissance n'est pas d'une grande utilité pour l'amélioration de la tendreté de la viande. En revanche, réduire les variations de taux de croissance au sein d'un même groupe pourrait fournir un bon moyen pour maîtriser les variations de tendreté dans la viande, une conclusion qui corrobore les travaux de Sinclair *et al.* (2001) selon lesquels le taux de croissance, lorsqu'il fait l'objet d'une manipulation délibérée, resterait sans effet sur le niveau de tendreté de la viande. Des recherches françaises sur la qualité gustative des animaux en phase de finition dans différents systèmes de production commerciale ont montré que les systèmes avec les niveaux de nutrition les plus élevés et donc des bovins plus jeunes à l'abattage produisaient la viande la plus tendre (Oury *et al.*, 2007).

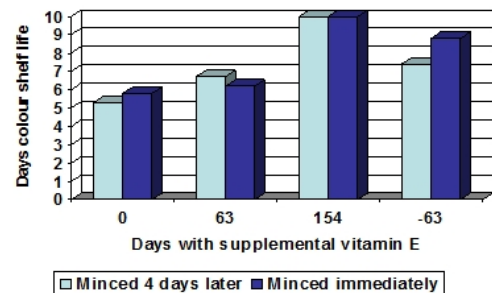
Maltin et des confrères (Maltin *et al.*, 2003) citent dans leur étude plusieurs articles britanniques et irlandais suggérant l'absence de bénéfices du taux de croissance pré-abattage ou de la croissance compensatoire sur la tendreté. Les auteurs suggèrent que les modèles de croissance décrits par d'autres sont plus extrêmes que ceux qui auraient été normalement observés sous des latitudes aux climats tempérés. Il semble pour autant indiqué d'harmoniser autant que possible les modèles de croissance afin de réduire les variations de tendreté de la viande.

I.5. Le régime alimentaire

Il est possible d'améliorer la couleur et la stabilité du niveau de gras de la viande bovine en administrant aux animaux de la vitamine E (voir la Figure 1). Un nombre considérable d'articles confirment l'utilisation de la vitamine E à cet effet pour la viande bovine. Dans son examen de l'état de l'art à ce sujet, Liu *et al.* (1995) ont conclu qu'une dose de 500 UI par tête pendant les 126 jours précédant l'abattage était censée prolonger la durée de conservation de la viande. Selon un projet de

recherche mené à l'Université de Bristol, en collaboration avec divers partenaires, dont la MLC, une dose de 1 000 UI par tête pendant 100 jours procurerait des bénéfices en termes de durée de conservation.

Figure 1 : Conservation de la couleur pour du haché de quartier avant suremballé



End of shelf life determined by a saturation value of 18

En ordonnées : Conservation de la couleur en nombre de jours

En abscisse : Nombre de jours avec administration de vitamine E en complément

En bleu ciel : Haché 4 jours après

En bleu foncé : Haché frais

La durée de conservation est déterminée par une valeur de saturation de 18

Plusieurs études montrent les bénéfices d'une alimentation à base de fourrage sur la couleur et la stabilité des niveaux de gras, probablement en raison de la présence d'antioxydants, dont la vitamine E, dans les aliments. Les bénéfices du fourrage stocké (ensilage et herbe sèche) sur la stabilité à l'oxydation des steaks de viande bovine lors du processus d'emballage au détail ont été mis en évidence par O'Sullivan *et al.* (O'Sullivan *et al.*, 2003 ; 2004). Ces travaux ont également montré que le mode de conservation du fourrage avait une incidence sur la couleur de la viande. D'autres études ont également confirmé les avantages du pâturage ou de l'ensilage par rapport aux concentrés sur le plan de la stabilité de la couleur (Gatellier *et al.*, 2005 ; Warren *et al.*, 2008). Wood *et al.* (2007) ont dressé une synthèse des données concernant le rôle de l'oxydation dans la présence de saveurs indésirables dans la viande bovine, l'alimentation à base de fourrage produisant des saveurs plus recherchées,

probablement en raison des antioxydants contenus dans ce type d'aliments.

De plus en plus d'éléments tendent à montrer que la composition du régime alimentaire influe sur la saveur de la viande bovine. En Amérique du Nord, les données recueillies tendent à montrer une nette différence entre le bœuf engraisé au grain et celui engraisé à l'herbe, les américains préférant la saveur des animaux engraisés au grain (cf. Sapp *et al.*, 1999), avec un goût encore plus prononcé pour les bovins nourris au maïs par rapport à ceux nourris à l'orge. En revanche, les consommateurs britanniques et irlandais semblent préférer la saveur plus forte des animaux engraisés à l'herbe, que les Américains trouvent trop prononcée en saveurs indésirables. D'après l'étude entreprise à l'Université de Bristol (Wood et Richardson, 2004), le régime alimentaire serait un facteur déterminant pour la saveur de la viande bovine.

I.6. État d'engraissement et conformation des carcasses

Il a été démontré que les bovins les plus maigres tendent à produire une viande moins riche sur le plan gustatif, bien que cette incidence n'ait pas de grandes répercussions. La classe d'engraissement n° 3 fixée par la MLC est largement utilisée comme seuil de référence pour exclure les animaux plus maigres de la démarche qualité.

Les données publiées en la matière indiquent qu'à des faibles niveaux de graisse intramusculaire (ou de gras infiltré), la tendreté et la sensation de chair juteuse de la viande bovine sont moins satisfaisantes. Certains éléments montrent en outre qu'une viande bovine savoureuse implique un niveau minimal de graisse intramusculaire. Denoyelle (1995) a établi un minimum obligatoire de 4 % de teneur en lipides dans le muscle *longissimus lombaire*, mais n'a confirmé aucun effet de l'état d'engraissement dans deux autres muscles. Un faible niveau de graisse intramusculaire est généralement associé à une pauvre couverture en graisse externe. L'essai Blueprint a confirmé l'effet favorable du gras sur la texture de la viande bovine, bien que, là encore, cette incidence demeure modeste. À l'issue de l'étude de grande ampleur sur l'effet de l'état d'engraissement sur la qualité gustative de la viande bovine qu'elle a

commandée, la MLC est parvenue à la conclusion que le gras infiltré a bien une incidence, mais que celle-ci reste généralement modeste. D'après les éléments probants les plus récents, un niveau minimal d'engraissement de 3 selon la grille de classement EUROP semble raisonnablement prudent pour protéger le consommateur contre des niveaux de graisse intramusculaire trop faibles.

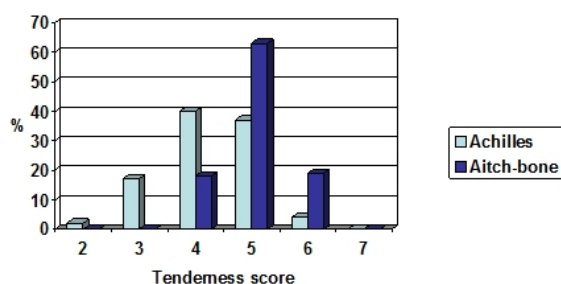
En termes de conformation, le niveau O+ est largement admis comme critère minimal. Les données venant corroborer ce constat s'appuient en partie sur l'observation concrète selon laquelle les muscles des animaux de bonne conformation sont relativement plus épais que ceux des carcasses de conformation médiocre. Les carcasses respectant ce niveau ont ainsi moins de risques d'être exposées au phénomène de durcissement engendré par le raccourcissement des fibres musculaires dû au froid. Un autre critère à prendre en considération est que la masse musculaire des carcasses de bonne conformation sera vraisemblablement moins riche en collagène, un des facteurs responsable de la dureté de la viande (Bouton *et al.*, 1978). En outre, exclure les carcasses de conformation très médiocre offre certaines protections contre les bovins à croissance et à antécédents nutritionnels irréguliers.

II. LES FACTEURS EN AVAL DE L'EXPLOITATION

II.1. La suspension des carcasses

La suspension des carcasses par l'os de symphyse (ou la hanche) est un critère important des programmes d'amélioration de la qualité dans de nombreux pays. Plusieurs parutions d'articles font état des effets bénéfiques de la suspension des carcasses à chaud par l'os de symphyse lors de l'opération de réfrigération (Ahnström *et al.*, 2006 ; Ahnström *et al.*, 2009 ; Joseph et Connolly, 1977 ; Lundesjo *et al.*, 2001). En règle générale, la suspension des carcasses par la hanche améliore la consistance et augmente la tendreté moyenne (voir la Figure 2).

Figure 2 : Répartition de la tendreté des longes de bœuf en fonction du procédé de suspension



Ordonnées : Répartition du % de carcasses en fonction du coefficient de tendreté

Abscisse : Notes de tendreté : 2 3 4 5 6 7

Bleu clair : suspension classique par le Tendon d'Achille

Bleu foncé : suspension pelvienne

La suspension pelvienne (par l'os de symphyse) produit son effet en exerçant une pression constante sur les principaux muscles du quartier arrière et des longes. Ce procédé prévient en outre le raccourcissement des muscles et peut également accélérer le processus de maturation de la viande. En Grande-Bretagne, la suspension par l'os de symphyse a largement été remplacée au profit d'une suspension par l'ischium (autre position dans la région du bassin) pour des raisons de sécurité. Cette suspension produit essentiellement les mêmes effets en termes de tension exercée sur les muscles.

II.2. La vitesse de réfrigération et la stimulation électrique (SE)

Une mauvaise réfrigération peut être un facteur de dureté de la viande due au phénomène de raccourcissement des muscles. De nombreuses preuves de cet effet sont collectées depuis des années. Dernièrement, par exemple, Prado et de Felicio (2010) ont comparé le procédé de refroidissement à l'air « traditionnel » (vitesse de l'air de 2 m/s pour une température de 0°C) avec le procédé de refroidissement à l'air lent (soit 2 m/s pour une température de 10°C les 12 premières heures) et ont constaté une différence de dureté notable dans les longes de bœuf réfrigérées selon le procédé conventionnel qui induit des forces de cisaillement plus importantes. Les différences observées étaient toujours visibles même après 60 jours de maturation.

Une viande bovine qui n'est soumise à aucune stimulation électrique obéit généralement au principe pratique suivant : aucun muscle de la carcasse ne doit tomber sous les 10°C durant les 10 heures de suspension (Bendall, 1972). Si la température des muscles passe en dessous d'une plage thermique comprise entre 10 et 14°C, alors que les carcasses se trouvent encore au stade précoce précédant la rigidification, il y a un risque de raccourcissement musculaire et, par conséquent, de dureté pour la viande (Locker et Hagyard, 1963). Les seules conditions dans lesquelles une température des muscles inférieure à 10°C durant les 10 heures de suspension ne pose aucun problème sont celles d'une stimulation électrique (SE). En effet, la stimulation épuise les réserves énergétiques contenues dans le muscle avant réfrigération de telle manière que le muscle ne dispose plus d'énergie suffisante pour se contracter.

Il existe un grand nombre de données disponibles sur l'intérêt que présente la SE dans la prévention des effets du durcissement de la viande induits par le raccourcissement des muscles dû au froid. De nombreuses preuves démontrent en outre que la SE améliore la tendreté en plus de prévenir les effets du raccourcissement des muscles dû au froid (par exemple, Strydom *et al.*, 2005).

Il est possible d'appliquer la SE à haute (habituellement entre 500 et 1 000 volts), à basse (inférieure à 100 volts) et à moyenne (100 volts) tension. Si toutes les plages de

tension semblent dans l'ensemble produire des résultats efficaces dans la réduction rapide du pH dans la viande bovine, et donc dans la prévention présumée du raccourcissement musculaire dû au froid, des éléments tendent à démontrer que la SE à haute tension s'avère plus efficace. Il existerait en outre un lien de cause à effet avec la durée d'application. Hwang et Thompson (2001) ont ainsi établi qu'une stimulation électrique réalisée à 3 minutes post mortem, à haute ou à basse tension, produit une viande plus dure qu'une stimulation opérée à 40 minutes.

Il a récemment été observé dans le secteur britannique (Matthews, 2008), ainsi que dans le cadre de plusieurs travaux de recherche, qu'une température élevée dans les muscles profonds du quartier arrière pourrait être responsable d'un muscle pâle et humide, un peu à l'instar d'une viande porcine classée PSE (exsudative ou pâle) (De Boever *et al.*, 2009 ; de Smet *et al.*, 2010 ; Simmons *et al.*, 2008). D'autres (Rosenvold *et al.*, 2008), en revanche, suggèrent qu'aucun raccourcissement musculaire à chaud ne survient après une stimulation électrique des muscles désossés à chaud. Pour autant, il a été constaté que la dénaturation des protéines associée à une diminution thermique plus lente lors de la réfrigération serait plus sévère à l'intérieur du muscle profond *semimembranosus* qu'à sa surface, avec pour conséquence des niveaux plus faibles de protéolyse et une viande plus dure (Huff-Lonergan *et al.*, 2010 ; Kim *et al.*, 2010a), ce qui laisserait à penser qu'une stimulation électrique excessive en l'absence de refroidissement rapide serait à éviter.

La vitesse de diminution du pH la plus adéquate est probablement celle comprise dans la fenêtre pH / température adoptée par le programme de la *Meat Standards Australia* (MSA) et mise en œuvre par *Meat and Livestock Australia* pour résoudre les problèmes de variations de qualité gustative de la viande bovine australienne (Thompson, 2002). D'après ce programme, la température doit être inférieure à 35°C et supérieure à 12° pour obtenir un pH de 6.

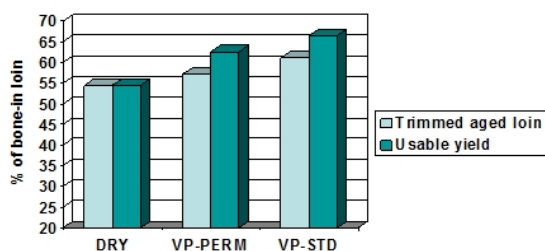
II.3. La maturation

La maturation ou le traitement de la viande post-mortem ont longtemps été associés à une

meilleure tendreté et saveur. Des améliorations notables ont été couramment constatées au niveau des lombes ayant fait l'objet d'une maturation jusqu'à 14 voire 21 jours, des bénéfices ayant même été observés jusqu'à 60 jours de maturation (Prado et de Felicio, 2010). La maturation offre également un moyen essentiel de réduire les variations de tendreté, généralement en réduisant voire en éliminant les différences associées au type de bovin, c'est-à-dire à la race (Ibrahim *et al.*, 2008 ; Monsón *et al.*, 2005). À l'inverse, il convient de veiller à éviter des maturations trop prolongées afin de préserver au mieux la saveur de la viande bovine et de prévenir le développement de saveurs anormales (Spanier *et al.*, 1997). Il convient également de noter que les effets de la maturation varient selon les muscles.

La maturation dite « humide » est pratique courante dans la production de viande bovine commerciale en Angleterre. Ce procédé consiste à stocker la viande à des températures de réfrigération (inférieure à 3°C) dans des emballages sous vide, généralement entre 7 et 21 jours. Les professionnels ont tendance à penser que la maturation des viandes non désossées est plus avantageuse sur le plan de la saveur que la maturation sous emballage. Avant que ne se développe l'emballage sous vide, la maturation se faisait en atmosphère sèche. La maturation en atmosphère sèche consiste à placer la viande non emballée en chambre froide dont la température, le taux d'humidité et le débit d'air sont contrôlés. On observe un intérêt croissant pour le recours à la maturation en atmosphère sèche afin de produire un produit de choix dans la mesure où la saveur de la viande bovine, en particulier, est réputée supérieure à celle des bœufs ayant fait l'objet d'une maturation humide. La *National Cattlemen's Beef Association* a publié un bilan détaillé des effets de la maturation en atmosphère sèche sur la viande bovine (*National Cattlemen's Beef Association Center for Research and Knowledge Management*, 2008). AHDB Beef & Lamb a comparé la maturation en atmosphère sèche avec la maturation en emballage sous vide en recourant à des sacs à la fois perméables et imperméables. Les sacs perméables ont produit des viandes de qualité analogue à celle de la maturation en atmosphère sèche, avec toutefois des pertes de masse réduites (voir la Figure 3).

Figure 3 : Rendement utilisable selon les différentes méthodes de maturation



Ordonnées : Rendement des longes en %
 En bleu ciel : Rendement des longes parées
 En bleu foncé : Rendement utilisable (haché compris)
 Dry : maturation sèche
 VP-Perm : maturation en sous vide perméable
 VP-STD maturation en sous vide standard

II.4. Le conditionnement pour la vente au détail

La maturation de la viande après abattage est un moyen largement utilisé pour améliorer la qualité gustative, et plus particulièrement la tendreté. On considérait généralement que l'attendrissage par maturation se produisait avec le temps à des températures de réfrigération de l'abattage jusqu'à la consommation. La viande ne s'attendrit pas sous l'effet d'un froid supplémentaire lors de l'entreposage en congélateur ni une fois cuisinée.

Le conditionnement d'une grande majorité de morceaux de viande de premier choix distribués via les circuits de vente au détail est centralisé en atmosphère modifiée (MAP – *modified atmosphere packs*, essentiellement 80 % d'O₂ et 20 % de CO₂). Torngren (2003) a constaté que le conditionnement présentant une forte concentration en oxygène (80 % d'O₂ contre 20 % de CO₂) appauvrit la qualité gustative (la tendreté est également réduite et la saveur diminuée) de la viande bovine par rapport à un conditionnement sous vide suivi d'un suremballage. Ce constat a été par la suite corroboré par un certain nombre d'autres études (Lagerstedt *et al.*, 2010 ; Madsen et Claussen, 2006 ; Zakrys-Waliwander *et al.*, 2010).

Suite à la publication de travaux en 2003, AHDB Beef & Lamb a financé des études dans le but d'établir si le conditionnement à forte concentration en oxygène interrompt simplement la maturation ou participe en réalité au durcissement de la viande. Les résultats ont définitivement démontré que la viande durcissait en barquettes à forte concentration en oxygène (Division technique de la MLC, 2006). Il a été depuis montré que l'oxydation a certaines incidences sur la viande : elle empêche notamment le phénomène de protéolyse, ce qui interrompt tout attendrissage consécutif par maturation (Maddock Carlin *et al.*, 2006) ; les protéines durcissent directement sous l'effet de l'oxydation des protéines (Kim *et al.*, 2010b) ; l'oxydation détruit la saveur de la viande bovine (principalement à cause du développement de notes de gras ranci (Campo *et al.*, 2006).

III. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS INDUITS PAR UNE DÉMARCHE DE QUALITÉ

Un nombre considérable d'éléments probants permet aujourd'hui aux filières bovines de s'engager dans une réelle démarche de qualité dans l'optique de produire des viandes de meilleure qualité. Le recours à des cahiers des charges qualitatifs répond généralement à la démarche d'approvisionner des clients spécifiques ou de valoriser une image de marque. Autrement dit, le secteur fait évoluer ses pratiques dans le but d'augmenter le nombre d'animaux conformes à la démarche qualité mise en place et renforce ce faisant la qualité globale de la viande. On peut par ailleurs observer qu'une telle démarche se fonde sur des études scientifiques et s'appuie sur des données expérimentales pour définir les pratiques à inclure dans le cahier des charges qualitatif. Une démarche qualité peut également se révéler particulièrement efficace dans le renforcement d'une image de marque et peut s'inscrire dans une véritable stratégie de commercialisation.

En revanche, cette approche, au même titre que les modèles prédictifs, ne saurait déterminer de manière absolue la qualité d'un morceau donné de viande. Elle ne saurait pas plus réduire les variations de qualité ni même multiplier la probabilité qu'un produit en particulier offrira une meilleure qualité gustative. Elle présente en outre le risque d'assister à une dévalorisation inutile des animaux qui ne répondent pas à la démarche qualité mise en place, alors que certains de leurs morceaux, de bonne qualité, sont propres à la consommation.

Idéalement, toute démarche de qualité devrait s'accompagner d'un outil de mesure dans le but d'accroître globalement la qualité tout en évaluant la qualité réelle sur la base des carcasses ou des découpes.

IV. LA NORME QUALITÉ « QUALITY STANDARD MARK »

Les programmes mis en place dans le cadre de la démarche qualité « Quality Standard Mark » pour la viande de bœuf et d'agneau ont été lancés en 2005 pour offrir aux détaillants certaines garanties quant à la viande qu'ils achetaient. L'idée de ces programmes était de s'appuyer sur les approches déjà en place pour doter la filière d'un véritable processus d'assurance qualité destiné à améliorer la qualité gustative des viandes bovines et ovines. Ces programmes sont des composantes majeures de la stratégie plus vaste d'AHDB Beef & Lamb qui vise à distinguer les viandes bovines et ovines de qualité de simples produits de consommation en contribuant à instaurer des partenariats commerciaux durables et avantageux à la fois pour les producteurs et la filière.

À ce jour, plus d'un quart des produits bovins et ovins issus de la filière anglaise vendus au détail affichent la marque de la norme qualité. La plupart des principaux détaillants sont membres du programme, au même titre que les plus importants transformateurs, grossistes et charcutiers traiteurs du secteur, ainsi que près de 1 800 distributeurs indépendants. On dénombre plus de 18 000 points de vente où sont entreposés ou vendus du bœuf ou de l'agneau portant la norme qualité.

En 2011/12, AHDB Beef & Lamb a passé en revue l'ensemble des critères de son programme qualité et a évalué le rôle de la démarche qualité. Aux termes de cet examen, de nouvelles exigences ont été intégrées à la norme. Les nouveaux standards ont été officiellement introduits fin 2012. Compte tenu du succès rencontré, on pourrait raisonnablement se demander pourquoi modifier le programme maintenant. AHDB Beef & Lamb s'est fixé pour mission de travailler à l'amélioration des filières bovines et ovines en Angleterre. Ces révisions répondent donc à la volonté d'aligner son programme plus étroitement encore sur les messages du *Better Returns Programme* à l'attention des exploitants, tout en répondant à la demande des consommateurs pour une viande au goût uniforme et plus savoureuse. Ces efforts devraient en définitive contribuer à

améliorer les prix de vente pour les producteurs et à valoriser la filière en la rendant plus efficace.

Les nouvelles normes concernant la viande bovine introduisent les critères supplémentaires suivants :

- limite d'âge relevée à 36 mois pour les bœufs et les génisses
- Limites de classement : une classe d'engraissement comprise entre 2 et 4H et une conformation comprise entre E et O+
- Maturation minimale des animaux âgés de 30 mois ou moins : 7 jours pour les découpes à poêler, à rôtir ou à griller
- Maturation prolongée pour les animaux âgés entre 30 et 36 mois : maturation de 14 jours pour les découpes à poêler, à rôtir et à griller. Il est possible d'appliquer à titre subsidiaire l'un des procédés post-abattage pour améliorer la tendreté tel que cité dans le guide «Guidance to Meat Quality », comme par exemple la suspension par la hanche ou la stimulation électrique en plus de la maturation standard de 7 jours
- Age maximal pour les taurillons de 16 mois à l'abattage et maturation minimale de 14 jours pour les découpes de taureaux à poêler, à rôtir et à griller

Les nouvelles normes concernant la viande ovine introduisent les critères supplémentaires suivants :

- Limites de classement (ou critères équivalents en l'absence de classement) : classe d'engraissement comprise entre 2 et 3H et conformation comprise entre E et O

Ces modifications ont été bien accueillies par le secteur, et le nombre de participants au programme est resté particulièrement élevé, très peu de membres existants ayant préféré ne pas adopter les nouveaux standards.

CONCLUSION

Au vu des données scientifiques disponibles à ce jour, il est tout à fait approprié de mettre en place une démarche qualité afin d'améliorer la qualité gustative des viandes bovines et ovines. Ces cahiers des charges qualitatifs peuvent être spécifiques à une filière donnée

ou s'appliquer à l'échelle de tout le secteur. L'initiative entreprise dans le cadre du programme baptisé « Quality Standard Scheme » offre un parfait exemple de démarche qualité à l'échelle de toute une filière largement suivie qui a su s'adapter pour renforcer les qualités gustatives des viandes bovines et ovines vendues aux consommateurs.

Références :

Ahnström, M. L., Enfält, A.-C., Hansson, I. et Lundström, K. (2006). Pelvic suspension improves quality characteristics in M. semimembranosus from Swedish dual purpose young bulls. *Meat Science* 72 (3): 555-559.

Ahnström, M. L., Hessle, A., Johansson, L., Hunt, M. C. et Lundström, K. (2009). Influence of carcass suspension on meat quality of Charolais heifers from two sustainable feeding regimes. *Animal* 3: 906-913.

Allais, S., Journaux, L., Levéziel, H., Payet-Duprat, N., Raynaud, P., Hocquette, J. F., Lepetit, J., Rousset, S., Denoyelle, C., Bernard-Capel, C. et Renand, G. (2011). Effects of polymorphisms in the calpastatin and μ -calpain genes on meat tenderness in 3 French beef breeds. *Journal of Animal Science* 89: 1-11. (DOI : 10.2527/jas.2010-3063).

Archile-Contreras, A. C., Mandell, I. B. et Purslow, P. P. (2010). Disparity of dietary effects on collagen characteristics and toughness between two beef muscles. *Meat Science* 86: 491-497.

Bendall, J. R. (1972). The influence of rate of chilling on the development of rigor and "cold shortening". *Meat chilling - why and how?*, Vol. Symposium number 2 Bristol: Meat Research Institute

Bouton, P. E., Harris, P. V. et Shorthose, W. R. (1978). Comparison of some properties of meat normal steers and steers heterozygous for muscular hypertrophy. *Meat Science* 2: 161.

Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D. et Richardson, R. I. (2006). Flavour perception in oxidation of beef. *Meat Science* 72: 303-311.

De Boever, M., Lescouhier, S. et de Smet, S. (2009). Influence of post mortem glycolysis and cooling on colour and colour stability in different muscles of Belgian Blue beef. *55th International Congress of Meat Science and Technology*, PE4.85. Copenhagen

de Smet, S., de Boever, M. et Lescouhier, S. (2010). Two-toned muscle colour in the *Biceps femoris* of belgian blue double-muscled cattle. *Advancing Beef Safety and Quality through Research and Innovation: An international conference organised by ProSafeBeef*, 65. (Ed G. Duffy). Aberystwyth, UK: Teagasc, Food Research Centre, Ashtown, Dublin

Denoyelle, C. (1995). Évolution de la saveur de la viande bovine en fonction de la teneur en lipides intramusculaires. *Viandes et produit carnés* 16 (3): 89-92.

Fisher, A. V., Cook, G., Fursey, G. A. J. et Nute, G. R. (1994). Beef tenderness variation due to animal production factors and the effects of electrical stimulation, carcass suspension method, chill rate and ageing duration. *BSAP 50th Winter Meeting*, 181. Scarborough: British Society of Animal Production

Gateulier, P., Mercier, Y., Juin, H. et Renner, M. (2005). Effect of finishing mode (pasture- or mixed-diet) on lipid composition, colour stability and lipid oxidation in meat from Charolais cattle. *Meat Science* 69 (1): 175-186.

Groth, I., Wielgosz-Groth, Z., Kijak, Z., Pogorzelska, J. et Wronski, M. (1999). Comparison of meat quality in young black and white breed bulls and their hybrids with beef breeds. *Journal of Animal and Feed Sciences* 8: 145-156.

Harper, G. S. (1999). Trends in skeletal muscle biology and the understanding of toughness in beef. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 1105-1129.

Homer, D. B., Cuthbertson, A., Homer, D. L. M. et McMenamin, P. (1997). Eating quality of beef from different sire breeds. *Animal Science* 64: 403-408.

Huff-Lonergan, E., Zhang, W. et Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science* 86: 184-195.

Hwang, I. H. et Thompson, J. M. (2001). The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef longissimus dorsi muscle. *Meat Science* 58: 135-144.

Ibrahim, R. M., Goll, D. E., Marchello, J. A., Duff, G. C., Thompson, V. F., Mares, S. W. et Ahmad, H. A. (2008). Effect of two dietary concentrate levels on tenderness, calpain and calpastatin activities, and carcass merit in Waguli and Brahman steers. *Journal of Animal Science* 86 (6): 1426-1433.

Joseph, R. L. et Connolly, J. (1977). The effects of suspension method, chilling rates and post mortem ageing period on beef quality. *Journal of Food Technology* 12: 231.

- Kim, Y. H. B., Fritchen, A., Grubbs, J. K., Anderson, M. J., Lonergan, S. M. et Huff-Lonergan, E. (2010a). Protein denaturation of beef deep semimembranosus muscle negatively affects meat tenderness by limiting protein degradation and mu-calpain autolysis. *International Congress of Meat Science and Technology*, 87. Jeju, Corée du Sud : National Institute of Animal Science
- Kim, Y. H. B., Lonergan, S. M. et Huff-Lonergan, E. (2010b). Influence of high-oxygen and lactate/phosphate enhancement on proteolysis, protein polymerization, and tenderness of post mortem beef muscle. *International Congress of Meat Science and Technology*, 87. Jeju, Corée du Sud : National Institute of Animal Science
- Lagerstedt, A., Lundstrom, K. et Lindahl, G. (2010). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef *M. longissimus dorsi* steaks. *Meat Science* (DOI : 10.1016/j.meatsci.2010.08.010).
- Liu, Q., Lanari, M. C. et Schaefer, D. M. (1995). A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science* 73: 3131-3140.
- Locker, R. H. et Hagyard, C. J. (1963). A cold shortening effect in beef muscles. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 14: 787.
- Lundesjo, M., Lundstrom, K. et Hansson, I. (2001). Effect of pelvic suspension in beef on yield, shear force and sarcomere length of valuable cuts with emphasis on *m. semimembranosus*. *47th International Congress of Meat Science and Technology*, Vol. 2, 76-77. Cracovie, Pologne
- Maddock Carlin, K. R., Huff-Lonergan, E., Rowe, L. J. et Lonergan, S. M. (2006). Effect of oxidation, pH and ionic strength on calpastatin inhibition of μ - and m-calpain. *Journal of Animal Science* 84: 925-937.
- Madsen, N. T. et Claussen, I. (2006). Sensory evaluation of beef steaks stored in MA combinations of CO, CO₂, N₂ and O₂. *International Congress of Meat Science and Technology*, 405-406. Dublin
- Maltin, C., Balcerzak, D., Tilley, R. et Delday, M. (2003). Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 337-347.
- Matthews, K. R. (2008). Evaluation of the pH fall in English and Welsh beef abattoirs against the Meat Standards Australia pH/temperature window. Milton Keynes EBLEX/HCC
- Matthews, K. R. (2011). Review of published literature and unpublished research on factors influencing beef quality. Kenilworth, Warwickshire : EBLEX, Agriculture and Horticulture Development Board.
- http://www.eblex.org.uk/documents/content/research/rd_qs_b_-_meatqualityreview2010-beef.pdf
- MLC (1990). A Blueprint for improved consistent quality beef. Milton Keynes: The Meat and Livestock Commission
- MLC (2007). Review of available information of factors influencing consumer perception and purchasing and quality parameters important to consumers (Objective 1.1): Red meat. Milton Keynes: Meat and Livestock Commission.
- http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=FO0310_9771_FRA.doc
- MLC Technical Division (2006). Effects of retail packaging on meat quality: Final report - Beef. Milton Keynes
- Monsón, F., Sañudo, C. et Sierra, I. (2005). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* 71 (3): 471-479.
- National Cattlemen's Beef Association Center for Research and Knowledge Management (2008). Dry-aging of beef. Centennial, Colorado: National Cattlemen's Beef Association. www.beefresearch.org
- O'Sullivan, A., Galvin, K., Moloney, A. P., Troy, D. J., O'Sullivan, K. et Kerry, J. P. (2003). Effect of pre-slaughter rations of forage and/or concentrates on the composition and quality of retail packaged beef. *Meat Science* 63: 279-286.
- O'Sullivan, A., O'Sullivan, K., Galvin, K., Moloney, A. P., Troy, D. J. et Kerry, J. P. (2004). Influence of concentrate composition and forage type on retail packaged beef quality. *Journal of Animal Science* 82: 2384-2391.
- Oddy, V. H., Harper, G. S., Greenwood, P. L. et McDonagh, M. B. (2001). Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef. *Australian Journal of Agricultural Research* 41: 921-942.

- Oury, M. P., Agabriel, J., Agabriel, C., Micol, D., Picard, B., Blanquet, J., Laboure, H., Roux, M. et Dumont, R. (2007). Relationship between rearing practices and eating quality traits of the muscle *rectus abdominis* of Charolais heifers. *Livestock Science* 111: 242-254.
- Perry, D., Thompson, J. M., Reverter, A. et Johnston, D. J. (2002). Effect of growth rate on palatability in beef cattle. *48th International Congress of Meat Science and Technology*, 276-277. Rome
- Perry, D. et Thompson, J. M. (2005). The effect of growth rate during backgrounding and finishing on meat quality traits in beef cattle. *Meat Science* 69: 691-702.
- Prado, C. S. et de Felicio, P. E. (2010). Effects of chilling rate and spray-chilling on weight loss and tenderness in beef strip loin steaks. *Meat Science* 86 (2): 430-435.
- Purchas, R. W. (1989). On-farm factors affecting meat quality characteristics. In *Meat production and processing*, Vol. Occasional publication number 11: New Zealand Society of Animal Production.
- Rosenvold, K., North, M., Devine, C., Micklander, E., Hansen, P., Dobbie, P. and Wells, R. (2008). The protective effect of electrical stimulation and wrapping on beef tenderness at high *pre rigor* temperatures. *Meat Science* 79: 299-306.
- Sapp, P. H., Williams, S. E. et McCann, M. A. (1999). Sensory attributes and retail display characteristics of pasture- and/or grain-fed beef aged 7, 14 or 21 days. *Journal of Food Quality* 22: 257-274.
- Simmons, N. J., Daly, C. C., Cummings, T. L., Morgan, S. K., Johnson, N. V. et Lombard, A. (2008). Reassessing the principles of electrical stimulation. *Meat Science* 80 (1): 110-122.
- Sinclair, K. D., Lobley, G. E., Horgan, G. W., Kyle, D. J., Porter, A. D., Matthews, K. R., Warkup, C. C. et Maltin, C. A. (2001). Factors influencing beef eating quality. 1. Effects of nutritional regimen and genotype on organoleptic properties and instrumental texture. *Animal Science* 72 (2): 269-278.
- Spanier, A. M., Flores, M., McMillin, K. W. et Bidner, T. D. (1997). The effect of post-mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef. Correlation of treatment, sensory, instrumental and chemical descriptors. *Food Chemistry* 59 (4): 531-538.
- Strydom, P. E., Frylinck, L. et Smith, M. F. (2005). Should electrical stimulation be applied when cold shortening is not a risk? *Meat Science* 70 (4): 733-742.
- Tatum, J. D. (2006). Pre-harvest cattle management practices for enhancing beef tenderness. 22. Centennial, Colorado: National Cattlemen's Beef Association
- Thompson, J. (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science* 62: 295-308.
- Tornøren, M. A. (2003). Effect of packing method on colour and eating quality of beef loin steaks. *International Congress of Meat Science and Technology*, 495-496. Campinas, Brésil
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Nute, G. R., Hughes, S. I., Wood, J. D. et Richardson, R. I. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science* 78 (3): 270-278.
- Wood, J. D. et Richardson, R. I. (2004). Factors affecting flavour in beef: A literature review, with recommendations for the British beef industry on how flavour can be controlled. 51. Langford, Bristol: University of Bristol
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I. et Whittington, F. M. (2007). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science* 78: 343-358.
- Zakrys-Waliwander, P. I., O'Sullivan, M. G., Walsh, H., Allen, P. et Kerry, J. P. (2010). Sensory comparison of commercial low and high oxygen modified atmosphere packed sirloin beef steaks. *Meat Science* (DOI : 10.1016/j.meatsci.2010.12.027).