



Le genre et le type racial des bovins ont un impact sur la qualité des viandes en bouche

Les effets du genre et du type racial sur la qualité de la viande bovine ne s'expliquent pas seulement par des différences de caractéristiques de carcasse

Mots-clés : Viande bovine, Consommateurs, Qualité sensorielle, Type racial, Genre

Auteurs : Sarah P.F. Bonny^{1,7}, Isabelle Legrand², David W. Pethick¹, Jerzy Wierzbicki³, Paul Allen⁴, Linda J. Farmer⁵, Rod J. Polkinghorne⁶, Graham E. Gardner¹, Jean-François Hocquette^{7,8}

¹ School of Veterinary and Life Sciences, Murdoch University, Murdoch, WA 6150, Australie ; ² Institut de l'Elevage, Service Qualité des Viandes, MRAL, 87060 Limoges Cedex 2, France ; ³ Polish Beef Association Ul. Kruczkowskiego 3, 00-380 Warszawa, Pologne ; ⁴ Teagasac Food Research Centre, Ashtown, Dublin 15, Irlande ; ⁵ Agri-Food and Biosciences Institute, Newforge Lane, Belfast BT9 5PX, Royaume-Uni ; ⁶ 431 Timor Road, Murrurundi, NSW 2338, Australie ; ⁷ INRA, UMRH 1213 Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France ; ⁸ Clermont Université, VetAgro Sup, UMRH 1213 Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France.

* E-mail de l'auteur correspondant : s.bonny@murdoch.edu.au

Le genre et la race des bovins sont connus comme des facteurs pouvant potentiellement modifier la qualité en bouche de la viande bovine notamment par des différences de teneurs de gras et de collagène intramusculaires. Cette étude révèle que la variabilité de la qualité sensorielle entre des types raciaux et des genres différents n'est pas complètement expliquée par les différences de caractéristiques des carcasses entre races ou types raciaux.

Résumé :

Fournir une viande bovine de qualité constante est essentiel non seulement pour la satisfaction du consommateur mais aussi pour soutenir durablement la filière viande bovine. Les caractéristiques de la carcasse telles que son poids, le degré d'ossification (un indicateur de la maturité physiologique des animaux), et la note de persillé sont supposées expliquer la majorité des différences de qualité de viande entre les races et les genres. Dans cette étude initialement publiée dans *Animal* (2016), 10:6, pp 987-995, nous avons donc fait l'hypothèse que ces facteurs expliquent avec une bonne précision la qualité sensorielle de la viande bovine issue de taurillons, de bœufs ou de femelles de races allaitante, laitière ou croisée. Au total, 8 128 échantillons de différents muscles ont été prélevés sur 482 carcasses d'animaux abattus en France, Pologne, Irlande et Irlande du Nord. Ils ont été classés à l'abattage selon la méthode du système « Meat Standards Australia » (MSA), puis évalués pour leur tendreté, jutosité, appréciation de la saveur et appréciation globale sur une échelle de 0 à 100 par des consommateurs naïfs (c'est-à-dire non entraînés) selon les protocoles MSA (Watson et al., 2008). Les notes des 4 critères ont été pondérées (0,3 ; 0,1 ; 0,3 ; 0,3) et combinées pour former une note globale de qualité en bouche appelée MQ4. Les carcasses ont été regroupées en trois catégories de type racial : races à viande, races laitières et animaux croisés. Les taurillons ont des notes MQ4 inférieures à celles des bœufs et des femelles. Les notes MQ4 des races allaitantes sont plus faibles que celles des races laitières pour 5 muscles sur les 16 étudiés. Ces écarts sont observés même en tenant compte des différences de caractéristiques de carcasses, notamment en termes d'engraissement. Alors que ce n'est pas le cas dans la version actuelle du système MSA, le genre et le type racial de l'animal doivent donc être pris en compte dans un éventuel modèle de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine en Europe.

Abstract: The eating quality of beef is influenced by sex and breed

Delivering beef of consistent quality to the consumer is vital for consumer satisfaction and will help to ensure demand and therefore profitability within the beef industry. Carcass traits such as ossification score, carcass weight and marbling explain the majority of the differences between breeds and sexes. Therefore, in this study previously published in *Animal* (2016), 10:6, pp 987-995, it was expected that these factors would explain the eating quality of bulls and dairy breeds with good accuracy. In total, 8,128 muscle samples from 482 carcasses from France, Poland, Ireland and Northern Ireland were MSA graded at slaughter then evaluated for tenderness, juiciness, flavour liking and overall liking by untrained consumers, according to MSA protocols (Watson et al., 2008). The scores were weighted (0.3, 0.1, 0.3, 0.3) and combined to form a global eating quality (MQ4) score. The carcasses were grouped into one of three breed categories; beef breeds, dairy breeds and crosses. Bulls had lower MQ4 scores than steers and females. Beef breeds had lower eating quality scores than dairy breeds and crosses for 5 out of the 16 muscles tested. Even after accounting for differences in carcass traits, bulls still differ in eating quality when compared with females and steers. Breed type also influenced eating quality beyond differences in carcass traits, which is not considered in the current MSA system. This should be taken into account in any potential model to predict the eating quality of beef in Europe.

INTRODUCTION

La variabilité de la qualité de la viande bovine est considérée, entre autres, comme un facteur majeur dans la réduction de la consommation de cette viande (Robitaille, 2012 ; Polkinghorne et al., 2008). Une enquête nationale française a mis en évidence qu'il n'existe aucune relation nette entre le prix de la viande bovine et la qualité gustative de la viande bovine au niveau du consommateur (Normand et al., 2014). De plus, il a été montré qu'un système de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine serait bien accepté par les consommateurs européens (Verbeke et al., 2010). D'une façon générale, les consommateurs se disent prêts à payer plus cher la viande bovine si sa qualité en bouche pouvait être garantie (Lyford et al., 2010). De nombreux facteurs influencent la qualité sensorielle parmi lesquels la race et le sexe des animaux.

Les différences entre les taurillons, les génisses et les bœufs associées à la variabilité de la qualité de la viande sont bien connues. En effet, il est bien établi que les mâles entiers se développent plus rapidement, qu'ils ont une efficacité alimentaire plus élevée, et produisent des carcasses à rendement plus élevé avec moins de matières grasses que les bouvillons (Field, 1971). Par ailleurs, les génisses tendent à déposer davantage de gras intramusculaire et donc à produire une viande plus persillée que les mâles entiers (Venkata Reddy et al., 2015). De nombreuses études ont montré que le niveau de persillé est associé à une tendreté, une jutosité, une flaveur et une appréciation globale plus élevées (Thompson, 2001 ; Chriki et al., 2012). Par conséquent, les teneurs plus faibles en gras intramusculaire et donc, une viande moins

persillée chez le taurillon (Drayer, 2003 ; Choat et al., 2006) se traduiraient par une qualité gustative inférieure. Au-delà de l'effet du sexe sur l'adiposité, la tendreté de la viande des génisses serait favorisée par le diamètre plus petit des fibres musculaires et, dans certains cas, par la teneur plus faible en collagène des muscles par comparaison avec les taurillons (Boccard et al., 1979 ; Seideman et al., 1989 ; Chriki et al., 2013a). Ces différences, combinées à l'augmentation du persillé qui contribue à diluer le collagène dans le muscle (Lee et al., 1990), expliqueraient pourquoi la viande des génisses serait plus tendre que celle des taurillons. Il ressort de ces observations que la principale différence entre les sexes, le persillé (lui-même corrélé à l'engraissement des muscles et des carcasses) serait en grande partie à l'origine des différences de qualité sensorielle de la viande entre taurillons, génisses et bœufs.

L'une des différences les plus marquées entre les races bovines (Alberti et al., 2008 ; Cuvelier et al., 2006), notamment entre les races allaitantes et laitières porte, comme pour le sexe, sur la quantité, la composition et la répartition du tissu adipeux au sein des carcasses. Les bovins de race Holstein tendent à déposer plus de gras à un jeune âge et ont moins de graisse sous-cutanée (Garcia-de-Siles et al., 1977 ; Lizaso et al., 2011) que les races allaitantes, ce qui peut induire des notes de jutosité et de flaveur plus importantes (Lizaso et al., 2011). Par conséquent, nous avons fait l'hypothèse que la différence de qualité sensorielle entre les races est attribuable aux différences d'engraissement de la viande.

I. METHODOLOGIE

Dans le cadre d'une étude européenne initialement publiée dans *Animal* (2016), 10:6, pp 987–995, plus de 12 900 consommateurs naïfs, c'est-à-dire non-entraînés, qui correspondent aux acheteurs réels de viande (7 202 femmes et 5 764 hommes), de quatre pays (France, Pologne, Irlande, et Irlande du Nord) ont noté la qualité sensorielle de 18 types

de muscles, issus de 521 carcasses. Ces dernières ont été regroupées en trois catégories de type racial : races à viande, races laitières et croisements entre races, et trois catégories de genre : mâles entiers (taurillons), mâles castrés (bœufs ou bouvillons) et femelles. (Tableau 1).

Tableau 1 : Nombre de carcasses dans chaque catégorie de sexe ou de type racial par pays

| Pays | Genre | | | Type racial | | |
|-----------------|-----------|----------|------------|-------------|----------|------------|
| | Taurillon | Femelles | Bouvillons | Croisés | Laitiers | Allaitants |
| Australie | - | - | 40 | 20 | - | 20 |
| France | 3 | 45 | - | 7 | 19 | 22 |
| Irlande | - | 70 | 16 | 86 | - | - |
| Irlande du Nord | 41 | 39 | 199 | - | 95 | 184 |
| Pologne | 51 | 17 | - | 29 | 38 | 1 |

Le poids des carcasses, l'âge des animaux, la note de persillé, et le pH ultime ont été enregistrés après l'abattage (Tableau 2). Les muscles étudiés étaient le *m. triceps brachii caput longum* (macreuse à bifteck), *m. serratus ventralis cervicis* (pièce parée), *m. longissimus thoracis et lumborum-1* (faux-filet), *m. spinalis dorsi* (noix d'entrecôte), *m. semitendinosus* (rond de gîte), *m. rectus femoris* (rond de

tranche), *m. vastus lateralis* (plat de tranche), *m. biceps femoris* (gîte noix), *m. infraspinatus* (paleron), *m. tensor fasciae latae* (aiguillette baronne), *m. gluteus medius* (rumsteck), *m. gluteus medius* (pointe du filet de rumsteck), *m. longissimus thoracis et lumborum-2* (faux-filet), *m. psoas major* (filet), *m. adductor femoris* (rond de tendre de tranche), *m. semimembranosus* (tendre de tranche).

Tableau 2 : Statistiques descriptives des caractéristiques de l'ensemble des carcasses étudiées

| | N | Moyenne | Ecart-type | Minimum | Maximum |
|--|------|---------|------------|---------|---------|
| Age (jours) | 480* | 906 | 731 | 369 | 6 133 |
| pH ultime | 521 | 5,60 | 0,19 | 5,33 | 7,15 |
| Poids de carcasse (kg) | 521 | 327 | 53 | 188 | 515 |
| Note de persillé (échelle de 0 à 1100) | 521 | 331 | 113 | 100 | 820 |

N=Nombre de carcasses

* L'âge n'est pas connu pour les animaux en provenance d'Australie

Les échantillons (en moyenne dix par muscle d'une même carcasse mais avec de fortes différences en fonction des pays) ont été dégustés après l'un des quatre types de cuisson : grillade, rôti, cuisson lente, et barbecue (méthode coréenne). Pendant les dégustations, chaque consommateur naïf a noté la tendreté, l'appréciation de la saveur, la jutosité et l'appréciation globale pour sept échantillons différents. Les 4 notes ont été combinées ensemble par la formule (0,3 tendreté + 0,3 appréciation de la saveur + 0,1 jutosité + 0,3 appréciation globale) adaptée de Watson et al. (2008) afin de générer une note globale appelée MQ4 (« Meat Quality 4 »). Toutes les notes sont distribuées sur une échelle de 0 à 100.

Les résultats ont été analysés avec un modèle statistique mixte linéaire en utilisant le logiciel SAS (SAS v9.1). De

façon à prendre en compte la variabilité expérimentale notamment de la méthode de suspension des carcasses, de la méthode de cuisson, du type de muscle, de la durée de maturation, du pays d'origine, le modèle de base ayant servi à analyser les données comprenait non seulement ces facteurs mais aussi le numéro d'identification de chaque animal et le groupe d'abattage. Les facteurs de variation suivants ont été testés dans le modèle de base : le genre, et le type de race des animaux ainsi que les interactions entre ces facteurs. Ensuite, le pH ultime, le poids de la carcasse, le degré d'ossification (indicateur de la maturité physiologique des animaux) et la note de persillé ont été rajoutées comme covariable au modèle de base afin de prendre en compte les effets de ces facteurs de variation.

II. RESULTATS

Les effets de la méthode de cuisson, du type de muscle et du genre des animaux sur la qualité de la viande sont significatifs et l'interaction de l'effet du genre avec les autres facteurs ne l'est pas. Plus précisément, la note globale de qualité sensorielle (le MQ4) des taurillons ($52,1 \pm 1,40$) est plus faible ($P < 0,05$) que celles des femelles ($54,4 \pm 1,32$) et des bœufs ($56,0 \pm 1,32$) qui ne diffèrent pas significativement entre elles. Après l'introduction des notes de persillé et du degré d'ossification dans le modèle statistique, les différences entre genres restent similaires, indiquant qu'elles ne s'expliquent ni par l'âge des animaux, ni par leur note de persillé.

Des différences significatives de qualité sensorielle (note globale MQ4) sont observées entre types raciaux, mais seulement pour cinq des seize muscles étudiés (Tableau 3). Ces comparaisons ont été effectuées uniquement avec les échantillons grillés en raison du nombre de données plus

important (Tableau 3) et les résultats ne sont pas modifiés ni par la méthode de cuisson, ni par le mode de suspension des carcasses. Pour les 5 muscles présentant des différences significatives, la viande issue des races allaitantes présente un score MQ4 en moyenne inférieur de 7 unités environ sur une échelle de 100 par rapport à celle issue d'animaux croisés ou de race laitière. Comparée avec celles des croisés, la viande des races laitières offre une qualité inférieure de 6 unités environ ($P < 0,05$) pour deux muscles (*m. biceps femoris* et *m. rectus femoris*). En revanche, pour le *m. semimembranosus*, les races laitières produisent une viande de meilleure qualité (+5 unités, $P < 0,05$) que les races croisées. Aucune des autres variables analysées (pH ultime, poids de carcasse, degré d'ossification et note de persillé) ne modifie ces résultats, indiquant que les différences observées ne dépendent pas de ces facteurs.

III. DISCUSSION

III.1. Effet du genre

Comme nous l'avions anticipé, les notes de qualité sensorielle de la viande issue des taurillons sont inférieures à celles des femelles et des bœufs (Chriki et al., 2013b). Mais, contrairement à notre hypothèse, cette différence ne serait pas expliquée par les caractéristiques des animaux et des carcasses (pH ultime, poids de carcasse, degré d'ossification et note de persillé). En effet, les mêmes différences sont observées après correction pour ces facteurs et notamment pour le persillé. Pourtant, d'autres résultats (Drayer, 2003 ;

Choat et al., 2006 ; Chriki et al., 2013a) suggèrent que les différences d'état d'engraissement expliqueraient en grande partie l'effet du genre des animaux. Il semble donc que l'effet du genre sur la qualité de la viande bovine soit complexe et ne puisse être complètement appréhendé par cette étude. D'autres variables non mesurées ici telles que le diamètre des fibres musculaires et la teneur en collagène des muscles pourraient être d'autres facteurs explicatifs (Chriki et al., 2013a) pour certains types de muscles au moins.

Tabelau 3 : Effets significatifs du type racial sur la qualité sensorielle de la viande selon le muscle (le nombre d'échantillons est indiqué entre parenthèses)

| Muscle | Races allaitantes | Animaux croisés | Races laitières |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| <i>M. triceps brachii caput longum</i> | 58.8 ± 2.86 (20) | 53.5 ± 2.44 (33) | - |
| <i>M. serratus ventralis cervicis</i> | 50.2 ± 2.89 (19) | - | - |
| <i>M. longissimus thoracis et lumborum -1</i> | - | 61.7 ± 5.34 (9) | 73.5 ± 72.3 (7) |
| <i>M. spinalis dorsi</i> | - | 76.4 ± 10.65 (6) | 7.4 ± 74.3 (6) |
| <i>M. semitendinosus</i> | - | 49.7 ± 2.52 (41) | - |
| <i>M. rectus femoris</i> | 48.6 ± 1.83 (59) ^a | 59.3 ± 2.00 (43) ^b | 54.1 ± 1.86 (60) ^c |
| <i>M. vastus lateralis</i> | - | 51.4 ± 10.6 (4) | 41,2 ± 5,00 (4) |
| <i>M. biceps femoris</i> | 31.5 ± 1.73 (95) ^a | 40.6 ± 1.73 (86) ^b | 34.2 ± 1.71 (85) ^c |
| <i>M. infraspinatus</i> | 67.5 ± 2.08 (60) | 63.5 ± 2.84 (17) | 62.4 ± 2.55 (25) |
| <i>M. tensor fasciae latae</i> | 59.3 ± 2.13 (49) | - | 58.2 ± 2.14 (53) |
| <i>M. gluteus medius</i> | 45.8 ± 1.45 (251) ^a | 53.6 ± 1.72 (88) ^b | 54.8 ± 1.57 (139) ^b |
| <i>M. gluteus medius</i> | 52.9 ± 2.78 (38) | 58.4 ± 5.13 (13) | 56.2 ± 3.32 (11) |
| <i>M. longissimus thoracis et lumborum -2</i> | 54.0 ± 1.40 (478) ^a | 58.1 ± 1.55 (179) ^b | 58.4 ± 1.49 (211) ^b |
| <i>M. psoas major</i> | 75.4 ± 1.61 (127) | 78.4 ± 1.78 (71) | 76.4 ± 1.71 (85) |
| <i>M. adductor femoris</i> | 38.8 ± 2.63 (18) | - | 37.9 ± 4.43 (12) |
| <i>M. semimembranosus</i> | 35.7 ± 1.43 (312) ^a | 40.1 ± 1.56 (171) ^b | 44.8 ± 1.55 (149) ^c |

^a La note globale MQ4 a été calculée par la formule suivante : MQ4 = 0,3 tendreté + 0,1 jutosité + 0,3 appréciation de la flaveur + 0,3 appréciation globale

Le symbole (-) indique l'absence de données.

^{a,b} Les moyennes dans une même colonne avec des exposants différents sont significativement différentes à $P < 0.05$.

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre d'échantillons analysés. Le nombre d'échantillon est très variable, certains muscles ayant été analysés dans les quatre pays (France, Pologne, Irlande, Irlande du Nord) et certains muscles ayant été étudiés dans un, deux ou trois pays seulement.

III.2. Effet du type racial

En accord avec notre hypothèse, les animaux des types raciaux avec le degré d'engraissement le plus élevé qui sont les plus précoces pour le dépôt de gras (telles que les races laitières) produisent une viande avec des notes de qualité sensorielles légèrement plus élevées, mais seulement pour certains muscles (Tableau 5). Ces différences pourraient s'expliquer par des teneurs plus élevées en gras intramusculaire chez les races laitières, favorables à la flaveur et à la tendreté. Ceci est en accord avec les travaux de Lizaso et al., (2011) qui ont trouvé que les notes de jutosité et de flaveur étaient plus élevées pour la viande issue de la race Holstein par comparaison avec la race à viande Pirenaica. Cependant, contrairement aux travaux précédents (Lizaso et al., 2011), nos observations ne s'expliquent pas par des différences de persillé, ou par d'autres variables analysées. Par conséquent, il est possible que d'autres facteurs, tels que la teneur en collagène ou les caractéristiques des fibres musculaires (type, taille, etc.) soient responsables de la faible

différence de qualité sensorielle entre les types raciaux (Boccard et al., 1979, Christensen et al., 2011, Lizaso et al., 2011). Une autre hypothèse serait que la note de persillé classiquement mesurée au niveau du faux filet soit insuffisante pour décrire la diversité de l'engraissement des muscles de l'ensemble de la carcasse, qui diffèrent par leur structure, leur composition et leur fonction biologique. En effet, les travaux en viande bovine (Brackebusch, 1991) et en viande ovine (Anderson et al., 2015) ont souligné la variabilité considérable dans les corrélations de teneur en gras intramusculaire entre le *m. longissimus thoracis et lumborum* et d'autres muscles de toute la carcasse. En outre, les différences de méthodes de production, de régimes alimentaires et d'âge des animaux à l'abattage présents dans cette étude compliquent également l'analyse des résultats. Cependant, nous pouvons conclure que le type racial est une variable nécessaire pour améliorer la prédiction de la qualité en bouche de la viande issue de certains muscles au moins.

CONCLUSION

Il est bien connu qu'une partie de la variabilité de la qualité sensorielle de la viande bovine peut être attribuée à des différences de race et de genre des animaux. Les génisses et les taurillons d'une part, ainsi que les races laitières d'autre part, fournissent une part importante de la viande bovine en Europe continentale alors que la viande bovine est principalement issue de bœufs dans les pays anglo-saxons. En conséquence, pour mettre en place un système européen de prédiction de qualité de la viande bovine à destination du consommateur, il est nécessaire de comprendre exactement comment ces deux facteurs (race, genre) modifient la qualité sensorielle de la viande que ce soit directement, ou indirectement (par l'intermédiaire de modifications des

caractéristiques de la carcasse ou de la note de persillé). Cette étude confirme qu'il existe des différences de qualité sensorielle de la viande entre les genres et les types raciaux des animaux mais une grande partie de ces différences pourrait être expliquée par des facteurs tels que le poids de carcasse, la note de persillé et l'âge des animaux. Toutefois, selon notre étude, les différences de qualité appréciées par des consommateurs naïfs dues au type racial et au genre des bovins ne sont pas complètement expliquées par ces variables. Ainsi, la mise en place en Europe d'un système de prédiction de la qualité en bouche de la viande bovine nécessiterait de considérer la race et le genre des animaux, en plus des caractéristiques des carcasses.

Références :

- Albertí P., Panea B., Sañudo C., Olleta J.L., Ripoll G., Ertbjerg P., Christensen M., Gigli S., Failla S., Concetti S., Hocquette J.F., Jailler R., Rudel S., Renand G., Nute G.R., Richardson I., Williams J.L. (2008). Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science*, 114, 19–30.
- Anderson F., Pethick D.W., Gardner G.E. (2015). The correlation of intramuscular fat content between muscles of the lamb carcass and the use of computed tomography to predict intramuscular fat percentage in lambs. *Animal* 9, 1239–1249.
- Boccard R.L., Naudé 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 Science*, 3, 261-280.
- Brackebusch S.A., McKeith F.K., Carr T.R., McLaren D.G. (1991). Relationship between *longissimus* composition and the composition of other major muscles of the beef carcass. *Journal of Animal Science*, 69, 631–640.
- Choat W.T., Paterson J.A., Rainey B.M., King M.C., Smith G.C., Belk K.E., Lipsey R.J. (2006). The effects of cattle sex on carcass characteristics and *longissimus* muscle palatability. *Journal of Animal Science*, 84, 1820-1826.
- Chriki S., Gardner G.E., Jurie C., Picard B., Micol D., Brun J.P., Journaux L., Hocquette J.F. (2012). Cluster analysis application in search of muscle biochemical determinants for beef tenderness. *BMC Biochemistry*, 13:29.
- Chriki S., Picard B., Faulconnier Y., Micol D., Brun J.P., Reichstadt M., Jurie C., Durand D., Renand G., Journaux L., Hocquette J.F. (2013a). A data warehouse of muscle characteristics and beef quality in France in the context of the European beef sector. *Italian Journal of Animal Science*, volume 12:e41
- Chriki S., Renand G., Picard B., Micol D., Journaux L., Hocquette J.F. (2013b). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, 155, 424-434.
- Christensen M., Ertbjerg P., Failla S., Sañudo C., Richardson R.I., Nute G.R., Olleta J.L., Panea B., Albertí P., Juárez M., Hocquette J.F., Williams J.L. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87, 61-65.
- Cuvelier C., Cabaraux J.F., Dufrasne I., Clinquart A., Hocquette J.F., Istasse L., Hornick J.L. (2006). Performance, slaughter characteristics and meat quality of young bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds fattened with a sugar-beet pulp or a cereal-based diet. *Animal Science*, 82, 125-132.
- Drayer M.L. (2003). Evaluation of intact males and steers for growth performance and meat quality. *California State University, Fresno*.
- Field R.A. (1971). Effect of castration on meat quality and quantity. *Journal of animal science* 32, 849-858.
- Garcia-de-Siles J.L., Ziegler J.H., Wilson L.L., Sink J.D. (1977). Growth, carcass and muscle characters of Hereford and Holstein steers. *Journal of Animal Science*, 44, 973-984.
- Lee C.Y., Henricks D.M., Skelley G.C., Grimes L.W. (1990). Growth and hormonal response of intact and castrate male cattle to trenbolone acetate and estradiol. *Journal of Animal Science*, 68, 2682.
- Lizaso G., Beriain M.J., Horcada A., Chasco J., Purroy A. (2011). Effect of intended purpose (dairy/beef production) on beef quality. *Canadian Journal of Animal Science*, 91, 97-102.
- Lyford C., Thompson J., Polkinghorne R., Miller M., Nishimura T., Neath K., Allen P., Belasco E. (2010). Is willingness to pay (WTP) for beef quality grades affected by consumer demographics and meat consumption preferences? *Australasian Agribusiness Review*, 18, 1-17.
- Normand J., Rubat E., Evrat-Georgel C., Turin F., Denoyelle C. (2014). Les Français sont-ils satisfaits de la tendreté de la viande bovine ?. *Viandes et Produits Carnés*, VPC-2014-30-5-2.
http://www.viandesetproduitscarnes.fr/phocadownload/vpc_vol_30/3052_normand_enquete_nationale_tendrete.pdf.
- Polkinghorne R., Thompson J.M., Watson R., Gee A., Porter M. (2008). Evolution of the Meat Standards Australia (MSA) beef grading system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1351-1359.
- Robitaille J. (2012). La consommation de viande. Évolution et perspectives de croissance. *Bioclips plus* 15 (1).
- Seideman S.C., Cross H.R., Crouse J.D. (1989). Carcass characteristics, sensory properties and mineral content of meat from bulls and steers. *Journal of Food Quality*, 11, 497-507.
- Thompson J.M. (2001). The relationship between marbling and sensory traits. In “Beef CRC Marbling Symposium 2001”, Coffs Harbour, NSW, Australia, pp. 30-35.
- Venkata Reddy B., Sivakumar A.S., Jeong D.W., Woo Y.B., Park S.J., Lee S.Y., Byun J.Y., Kim C.H, Cho S.H., Hwang I. (2015). Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. *Animal Science Journal*, 86, 1-16.
- Verbeke W., Van Wezemael L., de Barcellos M.D., Kügler J.O., Hocquette J.F., Ueland Ø., Grunert K.G. (2010). European beef consumers’ interest in a beef eating-quality guarantee: Insights from a qualitative study in four EU countries. *Appetite*, 54, 289-296.
- Watson R., Polkinghorne R., Thompson J.M. (2008). Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, 1368-1379.