



La race a-t-elle un effet sur la qualité sensorielle de la viande de jeune bovin ?

Comparaison entre quinze races bovines européennes de la qualité sensorielle (tendreté, jutosité, flaveur) de la viande (noix d'entrecôte) issue de taurillons

Mots-clés : viande bovine, race, analyse sensorielle

Auteurs : Alexandre Conanec^{1,2,3}, Maria Del Mar Campo⁴, Ian R. Richardson⁵, Per E. Ertbjerg⁶, Sebastiana Failla⁷, Begoña Panea^{4,8}, Marie Chavent³, Jérôme Saracco³, John L. Williams^{9,10}, Marie-Pierre Ellies-Oury^{1,2}, Jean-François Hocquette²

¹Bordeaux Sciences Agro, 1 cours du Général de Gaulle, CS 40201, 33175 Gradignan, France

²INRAE, Clermont Auvergne, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint Genès Champanelle, France

³Université de Bordeaux, UMR5251, INRIA, 33400 Talence, France

⁴Department of Animal Production and Food Science, Agrifood Institute of Aragón (University of Zaragoza - CITA). 50013 Zaragoza, Spain

⁵Bristol Veterinary School, University of Bristol, Langford, Bristol, UK

⁶Department of Food and Nutrition, University of Helsinki, 00014 Helsinki, Finland

⁷Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di Zootecnia e Acquacoltura, Monterotondo, Roma, 00015, Italy

⁸Agrifood Institute of Aragon-IA2 (CITA-University of Zaragoza), 50059 Zaragoza, Spain.

⁹Davies Research Centre, School of Animal and Veterinary Sciences, The University of Adelaide, Adelaide, Australia

¹⁰Dipartimento di Scienze Animali, della Nutrizione e degli Alimenti, Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy

¹¹Department of Animal Production and Health, Agrifood Research and Technology Centre of Aragon (CITA). Avda. Montañana 930, 50059, Zaragoza, Spain

Cet article correspond à une étude publiée dans *Livestock Science* 250 (2021) 104548. Elle démontre qu'il existe peu de différences de qualité sensorielle entre races bovines bien que les races rustiques ou mixtes tendent à produire une viande légèrement moins tendre et moins juteuse et les races les plus grasses une viande avec plus de goût.

Résumé :

Dans le cadre du consortium européen Gemqual, 436 jeunes bovins issus de 15 races bovines différentes ont été conduits dans des systèmes d'élevage similaires afin d'évaluer l'impact de la race sur la qualité organoleptique de la viande déterminée par analyse sensorielle. Une comparaison de deux méthodes statistiques pour traiter les données de l'analyse sensorielle a tout d'abord été réalisée. L'analyse de variance avec ou sans effet dégustateur a abouti à des résultats similaires indiquant que ce choix méthodologique n'est pas décisif pour l'interprétation des résultats. Une classification non supervisée (classification ascendante hiérarchique) a ensuite permis de classer les races en fonction de trois profils sensoriels sur la base de 4 descripteurs (tendreté, jutosité, intensité de flaveur et flaveur anormale). Elle permet de mettre en évidence 5 associations de races. : Les races Aberdeen Angus, Highland et Jersey, qui ont une teneur élevée en lipides dans le muscle étudié (*Longissimus thoracis*), se sont distinguées des autres races par une flaveur de bœuf plus élevée. Les races mixtes et rustiques, Simmental, Casina et Marchigiana, ont produit une viande significativement moins juteuse et moins tendre que celle des races sélectionnées pour la production de viande. Les trois autres associations suivantes rassemblent les races Limousine et Charolaise dont le profil semble assez proche, les races Pirenaica et Avilena tendres et fortement appréciées par les panélistes, les races Asturiana de los Valles et Piemontaise caractérisées par une flaveur anormale plus intense.

Dans l'ensemble, malgré des différences significatives de caractéristiques de l'animal, de la carcasse et du muscle, les différences de qualité sensorielle entre la plupart des races étaient faibles, avec seulement des différences significatives entre les quelques races qui présentaient des profils sensoriels extrêmes (comme la Simmental et la Pirenaica).

Abstract: Does breed have an effect on the sensory quality of beef from young bulls?

Within the framework of the European consortium GemQual, 436 young cattle from 15 different cattle breeds were reared in similar livestock systems in order to assess the impact of the breed on beef sensory quality determined by sensory analysis. A comparison of two statistical methods to process sensory analysis data was first performed. The analysis of variance with or without a panelist effect led to similar results indicating that this methodological choice is not decisive for the interpretation of the results. An unsupervised classification (hierarchical ascending classification) then made it possible to group the breeds according to three sensory profiles on the basis of 4 descriptors (tenderness, juiciness, intensity of flavor and abnormal flavor). This highlights five breed associations.

- The Aberdeen Angus, Highland and Jersey breeds, which have a high fat content in the studied muscle (*Longissimus thoracis*), were distinguished from the other breeds by a higher beef flavor.

- The mixed and hardy breeds, Simmental, Casina and Marchigiana, produced meat that was significantly less juicy and less tender than that of the breeds selected for meat production.

The following three other associations bring together:

- the Limousin and Charolais breeds whose profile seems quite similar:

- the Pirenaica and Avilena breeds highly appreciated by the panelists since they produce tender beef,

- the Asturiana de los Valles and Piemontaise breeds characterized by a more intense abnormal flavour.

Overall, despite significant differences in animal, carcass and muscle characteristics, differences in sensory quality between most breeds were small, with only significant differences between the few breeds that exhibited extreme sensory profiles. (such as Simmental and Pirenaica).

INTRODUCTION

En raison d'une hétérogénéité importante entre régions et territoires et suite à la spécialisation fonctionnelle des bovins pour la production de lait ou de viande, une variabilité importante des races bovines existe en Europe. La production des carcasses qui résultent de ces races est tout aussi hétérogène : la conformation, l'état d'engraissement, le rendement en viande des carcasses sont très variables d'une race à l'autre.

Si la variabilité de ces caractéristiques est aujourd'hui admise (Alberti *et al.*, 2008), l'impact de la race sur la qualité sensorielle de la viande fait toujours l'objet de débats et donc de recherches. En effet, de nombreux essais ont été réalisés. Bures *et al.* (2018) concluent à des différences significatives de tendreté, jutosité et flaveur entre l'Aberdeen Angus (AA) et les trois autres races étudiées pour des abattages à même âge : Gasconne, Holstein (H) et Simmental (S). Il a aussi été observé que la tendreté de la race Gasconne était supérieure à celle des races Holstein et Simmental. Huuskonen *et al.* (2016) ont noté que la race AA a une tendreté et une jutosité supérieures à la Red Nordic, mais ces races ne diffèrent pas pour la flaveur. Ozluturk *et al.* (2004) ont observé une supériorité de la race Charolaise (C) en tendreté voire en flaveur mais pas en jutosité par rapport à la Simmental et à la race Eastern Anatolian Red. En revanche, d'autres études n'ont rapporté aucune différence significative entre ces races (Pesonen *et al.*, 2012, Nian *et al.*, 2017).

Ces quelques exemples illustrent tout d'abord que les travaux menés jusqu'à présent n'ont étudié que rarement plus de 4 ou 5 races dans des conditions expérimentales similaires. De plus, les différences observées entre races sont faibles, voire inexistantes, et pas toujours cohérentes entre études en raison de conditions expérimentales souvent différentes. C'est pourquoi, le consortium européen

GemQual a étudié l'influence de la race sur la qualité de la viande bovine à grande échelle dans des conditions d'élevage similaires. Ainsi, la qualité sensorielle de la viande issue de taurillons a été comparée entre 15 races européennes conduites en conditions d'élevage identiques.

En parallèle, le traitement statistique des données d'analyses sensorielles collectées durant les expérimentations rapportées dans la littérature est parfois différent. Dans la majorité de ces études (Pesonen *et al.*, 2012, Ozluturk *et al.*, 2004), les notes des jurés sont moyennées par animal. Cette note moyenne est la variable étudiée dans les modèles statistiques pouvant comporter un ou plusieurs facteurs fixes (race, ration, sexe, etc.) qui sont étudiés pour leur impact potentiel sur la qualité de la viande. Pourtant, dans d'autres études, le traitement de l'analyse sensorielle est réalisé via un modèle statistique comportant également des effets aléatoires notamment pour prendre en compte les variations de notation entre jurés. C'est par exemple le cas pour des études sur le yaourt (Saint-Eve *et al.*, 2006), le fromage (Gierczynski *et al.*, 2007) et le vin (Vidal *et al.*, 2003). Cette méthode est parfois adoptée pour l'étude de la viande (Bures *et al.*, 2018, Blanco *et al.*, 2020) bien que ce ne soit pas le cas général (cf. références ci-dessus ; Nian *et al.*, 2017, Huuskonen *et al.*, 2016).

L'objectif de cet article est donc double. Il s'agit tout d'abord de comparer les deux traitements statistiques qui viennent d'être évoqués pour étudier si la prise en compte de l'effet juré permet (ou pas) de réduire la variabilité résiduelle et donc de détecter d'éventuelles différences entre races. Le second objectif vise à étudier l'effet de la race sur la qualité sensorielle de la viande afin de mettre en évidence les facteurs de variation de la qualité de la viande les plus influents.

I. MATERIELS & METHODES

I.1. Dispositif expérimental

L'étude a porté sur 436 taurillons, issus de 15 races européennes, élevés dans des conditions aussi similaires que possible (Albertí *et al.*, 2008) dans cinq stations expérimentales en France (races Limousine et Charolaise),

au Royaume-Uni (races Jersey, South Devon, Aberdeen Angus et Galloway), en Espagne (races Casina, Avileña - Negra Ibérica, Pirenaica et Asturiana de los Valles), en Italie

(races Piemontese et Marchigiana) et au Danemark (races Holstein, Danish Red et Simmental).

Des animaux sans relation directe depuis deux générations ont été sélectionnés pour représenter la diversité génétique de chaque race. Toutes les procédures expérimentales ont été approuvées par les comités d'éthique respectifs de chaque centre de recherche, conformément à la directive européenne (U.S., 2010).

Les bovins ont été abattus lorsqu'ils avaient atteint 75% du poids moyen à maturité de leur race ($15 \pm 1,3$ mois d'âge, avec une fourchette entre 398 et 511 jours, Alberti *et al.*,

I.2. Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle a été réalisée comme décrit par MacKintosh *et al.* (2017). En bref, les muscles ont été découpés en steaks de 2 cm d'épaisseur puis grillés (sur un grill double face) jusqu'à atteindre une température à cœur de 74°C.

Deux panels composés de 10 dégustateurs formés, l'un au Royaume-Uni et l'autre en Espagne, ont évalué la qualité de la viande à l'aide de 4 descripteurs sensoriels : la tendreté, la jutosité, la flaveur de bœuf et l'arrière-goût, sur une échelle de 8 points, 1 signifiant le descripteur le moins intense et 8 le descripteur le plus intense, comme décrit par Wood *et al.* (1995). Chaque échantillon de viande provenant de 29 à 31 animaux par race a été évalué par l'un des deux panels, dans des sessions de 12 échantillons chacune, en groupes de 4 échantillons, avec un ordre aléatoire entre les panélistes pour éviter les effets de premier ordre et de report. Les évaluations ont eu lieu dans une salle de panel spécialement conçue à cet effet et éclairée par une lumière rouge. Chaque cabine contenait un écran d'ordinateur et une

I.3. Analyse rhéologique

Les valeurs de la force de cisaillement de Warner-Bratzler et de la force de compression (Instron 3365) mesurées sur de la viande crue et cuite obtenues pour des échantillons provenant des mêmes animaux (Christensen *et al.*, 2011) ont été utilisées dans les analyses statistiques. Pour ces mesures, les échantillons congelés ont été décongelés pendant la nuit et équilibrés à température ambiante (25°C) avant l'analyse de la texture. Pour la force de cisaillement Warner-Bratzler, les tranches ont été cuites dans un bain-marie à 80°C jusqu'à ce que la température interne atteigne 75°C. L'échantillon a ensuite été refroidi pendant 45 minutes dans de l'eau courante puis stocké à 4°C

I.4. Traitement statistique

Le traitement statistique des données de l'analyse sensorielle a fait ici l'objet d'une attention particulière. La prise en compte d'un effet aléatoire supplémentaire pour modéliser les écarts de notation entre les jurés a été comparée à l'analyse de variance classique qui analyse les notes moyennes de chaque animal.

Pour comparer les deux traitements statistiques, seules les données du panel espagnol ont été utilisées permettant de confronter les deux approches de modélisation en l'absence de l'effet panel qu'il n'est pas courant d'observer dans les dispositifs classiques.

Le premier modèle d'analyse de variance à effets mixtes (EM) modélise donc l'intégralité des effets (1) à l'exception

(2008). Ils ont été abattus dans des abattoirs commerciaux ou expérimentaux en fonction des infrastructures disponibles dans les différents pays.

Les carcasses ont été divisées en deux parties, la queue se trouvant sur le côté droit de la carcasse, puis réfrigérées à $4 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 24 h. Le muscle *Longissimus thoracis* (noix d'entrecôte) a été coupé 24h *post-mortem* entre les 6^{ème} et 13^{ème} côtes gauches et mis sous vide pour maturation à $2^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ pendant 10 jours *post-mortem*, avant d'être congelé à -18°C pour conservation jusqu'aux analyses (Christensen *et al.*, 2011).

souris optique faisant partie du système sensoriel informatisé (Fizz, version 2.20 h, Biosystemes, Couternon, France), pour la saisie directe des réponses sensorielles. Les évaluateurs ont goûté les échantillons dans un ordre basé sur les plans décrits par MacFie *et al.* (1989), pour équilibrer les effets de transfert entre les échantillons.

Au sein de l'ensemble des échantillons analysés, 40 animaux issus de 7 races différentes ont été utilisés pour la formation et le calibrage des panels, via une double dégustation (par chacun des 2 panels) Cet échantillon a été utilisé pour comparer le panel espagnol et le panel britannique afin de définir les valeurs de calibrage pour chaque attribut sensoriel. La formation a consisté en 5 sessions de 8 échantillons chacune, avec discussion, pour parvenir à un accord commun entre les panélistes. Une forte relation a été trouvée entre les scores, malgré des valeurs absolues différentes. Les résultats des animaux testés en commun par les deux panels ont donc été utilisés pour calculer un facteur de correction entre les deux panels.

jusqu'à l'analyse. Les mesures sur les échantillons crus et cuits ont été effectuées sur 10 blocs (2 cm de longueur et 1 cm par 1 cm de section transversale) coupés perpendiculairement à la direction des fibres. Pour le test de compression à 80%, les échantillons (1 cm² de section transversale), ont été coupés parallèlement à l'axe longitudinal des fibres musculaires, et ont été analysés à l'aide d'un dispositif de compression modifié qui évite l'allongement transversal de l'échantillon. Les données de force de cisaillement et de compression à 80% sont décrites dans Christensen *et al.* (2011).

de l'effet panel. Dans ce modèle, l'effet race est considéré fixe car c'est le facteur d'intérêt de l'expérimentation. A l'inverse, l'effet animal et l'effet juré, résultant d'un processus d'échantillonnage, ont été considérés aléatoires.

L'effet aléatoire juré, qui est croisé, se distingue toutefois de l'effet aléatoire animal, qui est hiérarchique. En effet, chaque juré a dégusté des échantillons de plusieurs races (i) testées alors qu'un animal k ne peut appartenir qu'à une seule race i.

Pour estimer les paramètres des effets, la fonction lmer du package lmerTest version 3.1-0 a été utilisée avec le critère d'optimisation REML (Kuznetsova *et al.*, 2017) avec le logiciel R version 3.6.1.

Le second modèle d'analyse de variance ne comporte que des effets fixes (EF) et est celui le plus classiquement utilisé dans la littérature pour traiter les données d'analyse sensorielle en qualité de la viande.

La p-value testant l'hypothèse de nullité (H0) de l'effet race a permis de comparer les deux modèles. La comparaison des races deux à deux a ensuite été testée via le test post-hoc de Tukey lorsque l'hypothèse de nullité précédente était rejetée. La fonction lsmean du package emmeans (Lenth, 2020) a été utilisée pour procéder à ce test, et une synthèse des différences significatives a été réalisée. Le seuil de 5% a été choisi pour rejeter l'hypothèse H0.

Sur la base de la comparaison précédente des modèles, l'effet race a été analysé, soit en incluant un effet aléatoire juré (EM) si les différences entre les deux modèles étaient importantes, soit en se basant sur les notes moyennes (EF) si pas ou peu de différences étaient observées entre les deux modèles. Ce deuxième choix permet notamment de rester cohérent avec la littérature et donc d'autoriser la

comparaison des résultats avec des analyses similaires. Dans cette seconde analyse, l'effet panel (pays) a été pris en compte. Cet effet n'étant composé que de deux modalités, il n'était pas adapté de le modéliser comme un effet aléatoire car l'estimation de sa variance avec seulement deux observations n'aurait pas été pertinente. Cet effet a donc été considéré fixe bien qu'il eut pu être considéré aléatoire si le nombre de panels formés avait été plus important.

Enfin, une analyse multivariée de l'ensemble des descripteurs a été conduite pour identifier les similitudes et les différences entre les races. Les données moyennées (lsmean) centrées et réduites ont ainsi été analysées via une classification ascendante hiérarchique (CAH).

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a ensuite été réalisée afin d'étudier les corrélations entre les descripteurs étudiés dans cet article et les valeurs moyennes de force de cisaillement et de compression mesurées sur les viandes crues et cuites précédemment obtenues à partir des mêmes échantillons (Christensen *et al.*, 2011).

II. RESULTATS

II.1. Comparaison des modèles statistiques

Les 4 descripteurs utilisés pour étudier la qualité sensorielle de la viande permettent tous de discriminer au moins une race des autres, indépendamment du modèle statistique utilisé (Tableau 1). La tendreté est le descripteur le plus discriminant pour distinguer les races les unes des

autres dans la mesure où la p-value pour la tendreté est la plus faible.

Par ailleurs, la prise en compte de l'effet juré ne permet pas de mieux discriminer les races au vu des p-values équivalentes observées d'un modèle à l'autre.

Tableau 1 : P-value résultante du test de l'hypothèse H0 d'égalité des moyennes des notes sensorielles entre les deux pays (Royaume-Uni, Espagne)

Descripteurs	Anova à Effets Mixtes	Anova à Effets Fixes
Tendreté	8.5e-06	9.2e-06
Jutosité	1.9e-04	3.2e-04
Flaveur	2.6e-03	2.5e-03
Flaveur anormale	2.8e-04	3.6e-04

De même, les comparaisons deux-à-deux des races conduisent globalement aux mêmes conclusions pour les deux modèles statistiques utilisés. Seul le degré de significativité de la différence entre deux races change d'un modèle à l'autre (Tableau 2). En effet, la race Simmental se distingue significativement de la race Pirenaica sur les descripteurs de tendreté et de jutosité avec le modèle

incluant un effet aléatoire juré (Anova à Effets Mixtes) (p-value respectivement de 0,049 et de 0,047 contre 0,065 et 0,058 pour le modèle sans effet juré). A l'inverse, seul le modèle traitant les données moyennées (Anova à Effets Fixes) permet de discriminer ces deux races sur le critère de l'appréciation globale (0,051 pour le modèle Anova à Effets Mixtes contre 0,045 pour le modèle Anova à Effets Fixes).

Tableau 2 : P-value du test de Tukey comparant les races Pirenaica et Simmental (NS : effet non significatif)

Descripteurs	Anova à Effets Mixtes	Anova à Effets Fixes
Tendreté	0,049	0,065 (NS)
Jutosité	0,047	0,058 (NS)
Flaveur	0,003	0,007
Flaveur anormale	0,999 (NS)	0,999 (NS)
Appréciation globale	0,051 (NS)	0,045

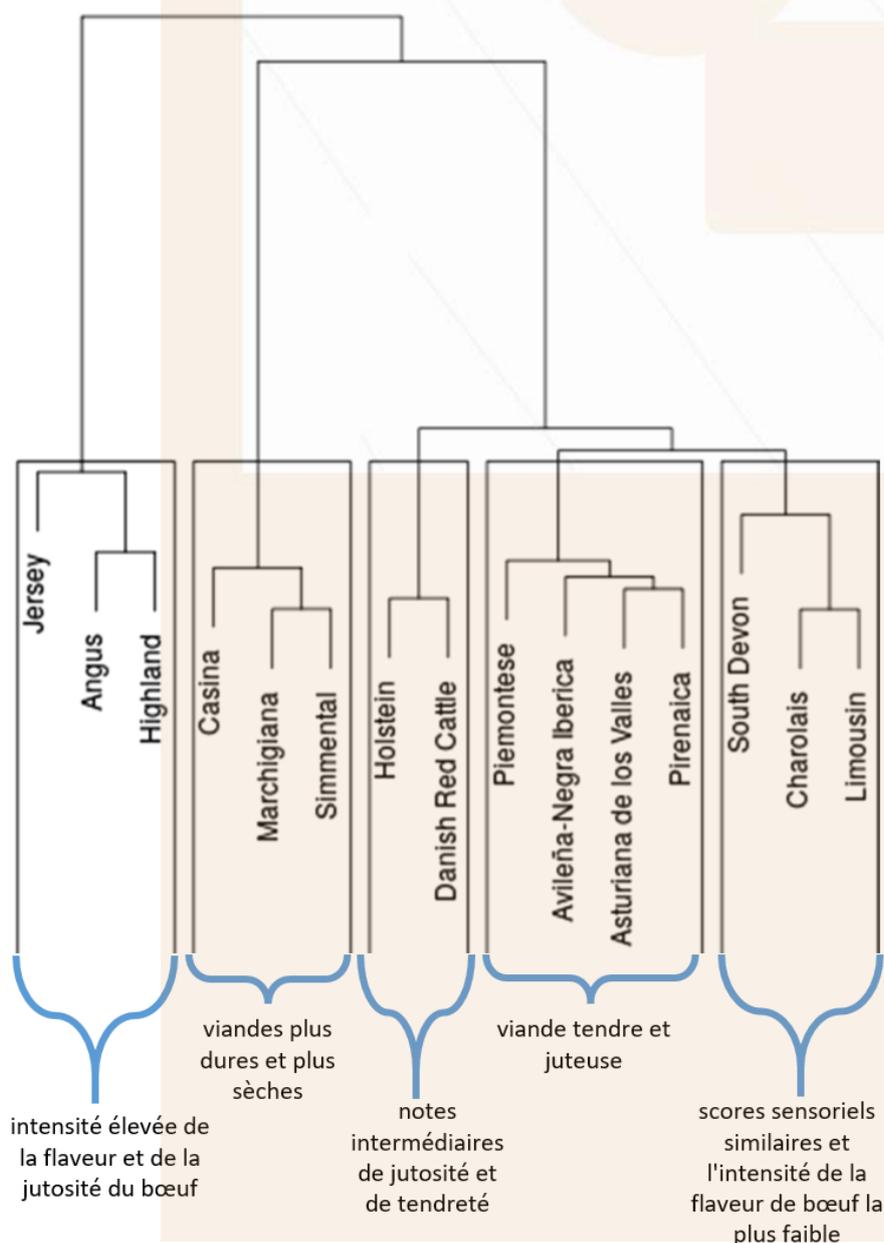
Le modèle basé sur les scores moyens (FE) étant largement utilisé et ne biaisant pas l'analyse des données sur la qualité sensorielle de la viande, il a été utilisé pour évaluer l'effet de la race sur la qualité sensorielle de la viande dans les analyses suivantes. L'âge de l'animal (qui variait entre 398 et 511 jours) a eu un effet significatif sur la saveur de bœuf (valeur $p=0,019$) mais n'était pas significatif pour les autres descripteurs. L'âge a donc été exclu dans l'analyse ANOVA (Tableau 3).

II.2. Effet de la race sur la qualité sensorielle de la viande bovine

Le profil sensoriel de la viande des 15 races étudiées met en évidence cinq associations principales obtenues par la méthode de classification ascendante hiérarchique (Figure 1). L'analyse en composantes principales (ACP) (Figure 2) inclut également des données issues d'analyses rhéologiques préalablement obtenues sur les mêmes

échantillons (données non présentées car précédemment publiées par Christensen *et al.*, 2011). Ceci permet d'observer distinctement le positionnement sensoriel de ces 5 associations : 83% de l'information des 8 descripteurs utilisés pour discriminer les niveaux de qualités sensorielles de ces races sont résumés sur le premier plan.

Figure 1 : Dendrogramme illustrant la classification ascendante hiérarchique des races, sur la base des données moyennes (lsmean) d'analyses sensorielles présentées dans le Tableau 3 centrées et réduites.



Les races Aberdeen Angus, Highland et Jersey font partie du premier groupe (Figure 1). Ces races se caractérisent par une intensité élevée de la flaveur et de la jutosité du bœuf (Tableau 3). Les races du deuxième groupe comprennent une race à double finalité et deux races rustiques (Simmental, Casina et Marchigiana) qui présentent des viandes plus dures et plus sèches. Les races laitières, Holstein et Danish Red, forment le groupe 3, et sont caractérisées par des notes intermédiaires de jutosité et

de tendreté (Figure 2). Les races à double musculature, Asturiana de los Valles et Piemontese et les races bovines à croissance rapide Pirenaica et Avileña Negra Ibérica, en groupe 4, sont caractérisées par une viande tendre et juteuse. Les races bovines françaises hautement spécialisées (groupe 5), Limousine et Charolaise, ont des scores sensoriels similaires et l'intensité de la flaveur de bœuf la plus faible (Tableau 3).

Tableau 3 : Comparaison des races (LSMEAN ± écart-type) pour chaque descripteur de la qualité sensorielle de la viande

Race	Tendreté	Jutosité	Flaveur	Flaveur anormale
Aberdeen Angus	4,6 ± 1,0 ^{abc}	5,3 ± 0,9^e	5,5 ± 1,2^d	3,4 ± 1,8
Asturiana de los Valles	4,9 ± 1,2 ^{bc}	5,0 ± 0,8 ^{bcde}	4,5 ± 0,9 ^{ab}	3,2 ± 0,6
Avileña Negra Ibérica	5,0 ± 1,1 ^{bc}	4,8 ± 0,9 ^{abcde}	4,4 ± 0,9 ^{ab}	3,0 ± 0,5
Casina	4,0 ± 1,5^{ab}	4,5 ± 0,8 ^{abcd}	4,5 ± 0,7 ^{ab}	3,0 ± 0,5
Charolais	4,8 ± 1,0 ^c	5,0 ± 0,7 ^{bcde}	4,3 ± 1,1^{ab}	2,8 ± 0,6
Danish Red cattle	4,7 ± 0,9 ^{abc}	4,6 ± 0,5 ^{abcde}	4,5 ± 0,7 ^{ab}	2,9 ± 0,5
Highland	4,1 ± 1,0 ^{ab}	5,0 ± 0,9^{bcde}	5,2 ± 1,2^{cd}	3,3 ± 2
Holstein	4,6 ± 0,9 ^{abc}	4,4 ± 0,6 ^{ab}	4,5 ± 0,7 ^{ab}	2,9 ± 0,5
Jersey	4,9 ± 1,79 ^{bc}	5,0 ± 0,7^{bcde}	4,8 ± 1,0^{bc}	3,6 ± 1,9
Limousin	4,8 ± 0,9 ^{bc}	5,0 ± 0,8 ^{bcde}	4,2 ± 1,0^a	2,9 ± 0,5
Marchigiana	3,8 ± 1,3^a	4,3 ± 0,8 ^{abc}	4,3 ± 0,9 ^{ab}	2,9 ± 0,6
Piemontaise	4,9 ± 1,0 ^{bc}	4,7 ± 0,7 ^{abcde}	4,2 ± 0,9 ^{ab}	3,2 ± 0,6
Pirenaica	5,3 ± 1,0 ^c	5,0 ± 0,9 ^{de}	4,5 ± 0,9 ^{ab}	3,1 ± 0,5
Simmental	3,7 ± 1,3^a	4,2 ± 0,7 ^c	4,2 ± 0,8 ^{ab}	3,0 ± 0,6
South Devon	4,9 ± 0,7 ^{bc}	5,1 ± 0,4 ^{cde}	4,8 ± 1,4 ^{abcd}	2,9 ± 1,4

Pour un descripteur donné (et donc dans une même colonne), deux races sont significativement différentes l'une de l'autre si aucune des lettres en exposant n'est identique. Les scores vont de la plus faible (1) à la plus forte (8) intensité.

L'analyse en composantes principales (ACP) qui prenait également en compte les valeurs moyennes précédemment publiées de la force de cisaillement et de la force de compression mesurées sur les viandes crue et cuite (Christensen *et al.*, 2011) a montré trois groupes distincts (Figure 2) correspondant aux cinq associations discriminantes sur les deux premières dimensions, qui expliquent 84% de la variation. Les groupes qui étaient les plus proches dans le clustering agglomératif hiérarchique (groupes 3, 4 et 5) sont également regroupés dans l'ACP. Les races qui produisent la viande la plus juteuse et la plus tendre (scores > 4,8), notamment Asturiana de los Valles, Avileña Negra Ibérica et South Devon, sont regroupées dans le quart supérieur droit de l'ACP. Les races produisant de la viande de bœuf présentant à la fois une flaveur intense (> 4,8) et une flaveur anormale (> 3,3), Jersey, Aberdeen Angus et Highland (groupe 1), sont regroupées dans le quart inférieur droit (Figure 2), tandis que les races présentant les notes de tendreté les plus faibles, Casina, Marchigiana,

Simmental (groupe 2) sont regroupées dans le quart inférieur gauche.

D'après l'analyse en composantes principales, une corrélation significative a été trouvée entre la tendreté et la jutosité ($r=0,63$, valeur $p=0,01$) (Figure 3). La corrélation négative observée entre les valeurs de compression et la tendreté n'était pas significative ($r=-0,21$, $p\text{-value}=0,44$), tout comme la corrélation entre la force de cisaillement brute et la tendreté ($r=-0,33$, $p\text{-value}=0,22$). Cependant, la corrélation négative observée entre la note de tendreté et la force de cisaillement pour la viande cuite était significative ($r=-0,60$, $p\text{-value}=0,02$), ce qui peut venir de l'effet de la cuisson, la force ayant été évaluée sur viande crue tandis que la tendreté a été évaluée sur viande cuite. Une corrélation positive entre la flaveur de bœuf et l'arrière-goût a également été observée ($r=0,60$, valeur $p=0,02$), ce qui signifie que les races ayant la plus forte intensité de flaveur de bœuf avaient également l'arrière-goût le plus élevé, ce qui peut être dû au fait que les panels sensoriels évaluent ces deux descripteurs de manière similaire.

Figure 2 : Cartographie des races sur la base des descripteurs d'analyse sensorielle (Tableau 3) et de mesures rhéologiques (forces de compression et de cisaillement).

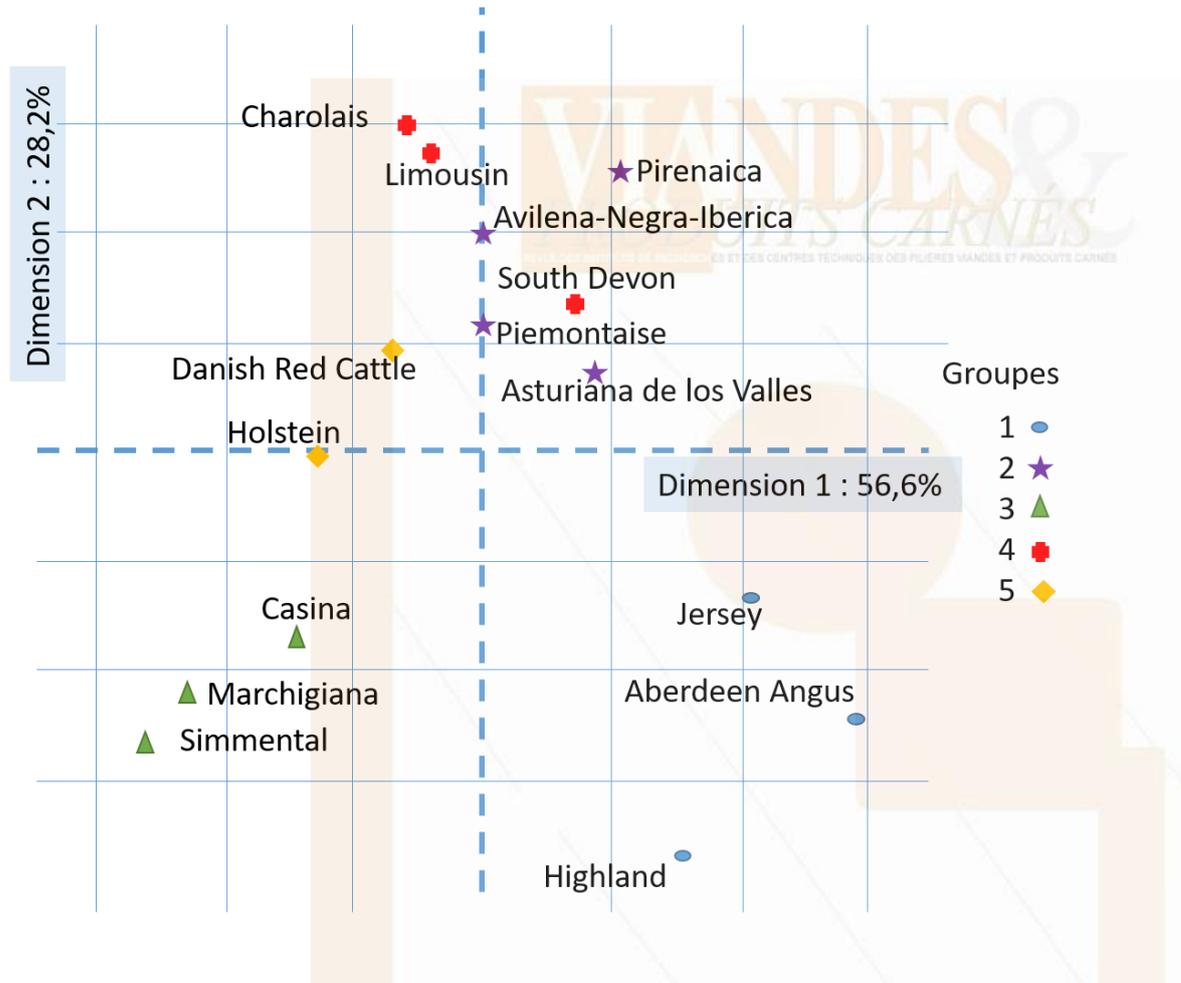
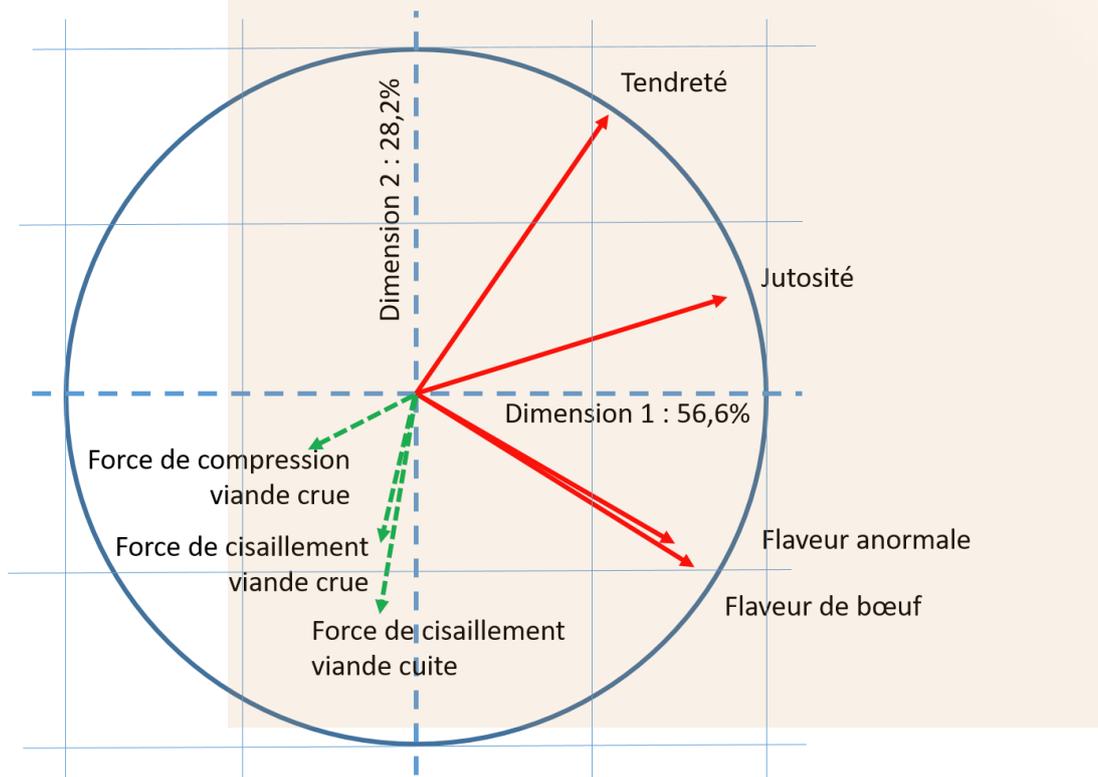


Figure 3 : Cercle de corrélation des descripteurs de l'analyse sensorielle (Tableau 3) en combinaison avec les données rhéologiques précédemment publiées (Christensen *et al.*, 2011).



III. DISCUSSION

Les caractéristiques des animaux et des carcasses et leur classification selon la grille européenne (EUROP) ont permis de classer les races évaluées dans l'étude GemQual en 3 groupes (Albertí *et al.*, 2008). Sur la base des caractéristiques musculaires et mécaniques de la viande bovine produite par ces animaux au stade concerné (75% du poids au stade adulte) et de l'analyse chimique d'échantillons provenant des mêmes animaux, les races laitières, (Danish Red Cattle, Holstein, Jersey) ont été regroupées car elles présentaient les teneurs en collagène total et insoluble les plus élevées (Christensen *et al.*, 2011), tandis que les races à fort développement musculaire (Piemontese, Asturiana de los Valles et Limousine) présentaient les teneurs en collagène les plus faibles. Il a été démontré que les races Aberdeen Angus, Highland et les races laitières avaient les teneurs en lipides intramusculaires les plus élevées, tandis que les races Piémontaise, Limousines et Asturiana de los Valles avaient les teneurs les plus faibles (Christensen *et al.*, 2011). À partir de la classification des races basée sur les caractéristiques de l'animal et de la carcasse (Albertí *et al.*, 2008), ou sur les caractéristiques du muscle et de la viande (Christensen *et al.*, 2011), on s'attendait à ce que les races diffèrent significativement en termes de qualité sensorielle. Cependant, cette étude n'a révélé que des différences mineures entre les races.

Les faibles différences de notes sensorielles entre les races peuvent être dues à la variabilité élevée entre animaux d'une même race et à la forte variabilité associée à l'évaluation des caractéristiques sensorielles par rapport aux mesures ou aux données instrumentales collectées sur l'animal, la carcasse, le muscle et la viande. Les résultats des panels sensoriels sont connus en effet pour être assez variables (Gagaoua *et al.*, 2016a), ce qui rend difficile la standardisation et la précision de ces mesures, prérequis pour étudier leurs facteurs de variation (Hocquette *et al.*, 2012).

Dans cette étude, nous avons comparé deux modèles statistiques pour évaluer la variabilité technique associée aux différences de protocole expérimental. Cette comparaison a montré que la prise en compte du panéliste comme facteur n'améliore pas significativement la robustesse du modèle statistique, et ne permet pas de détecter des différences supplémentaires entre les races par rapport au modèle sans panéliste comme facteur de variation.

La contribution des caractéristiques de l'animal, de la carcasse et du muscle pour expliquer la variabilité des notes sensorielles est connue pour être faible ou modérée, comme cela a été observé pour les caractéristiques de la carcasse (Judge *et al.*, 2021), les notes de la grille EUROP (Bonny *et al.*, 2016), le persillé (Liu *et al.*, 2020), les caractéristiques biochimiques du muscle (Gagaoua *et al.*, 2016b) ou les mesures mécaniques (Destefanis *et al.*, 2008).

Ces travaux ont montré que les races à croissance rapide comme la Pirenaica (Campo *et al.*, 1999) ainsi que les races à fort développement musculaire produisent la viande bovine la plus tendre. Cela peut être expliqué par des proportions de collagène total et insoluble plus faibles lorsque la masse musculaire est élevée, ce qui contribue à la moindre dureté de la viande bovine des animaux à fort

développement musculaire (Purslow, 2005). Une teneur en collagène plus élevée par g de tissu a été observée dans le muscle *Longissimus thoracis* de bouvillons Angus par rapport à des bouvillons Limousin (Chambaz *et al.*, 2003) et dans les bovins Limousin par rapport à des bovins Bleu Belge culards (Raes *et al.*, 2003) abattus à même âge. D'autres différences de notes sensorielles entre les races peuvent s'expliquer par des différences de teneur en lipides intramusculaires. La teneur élevée en lipides intramusculaires des races Aberdeen Angus, Highland et Jersey pourrait expliquer au moins en partie la flaveur élevée, tandis que la faible teneur en lipides intramusculaires de la race Limousine pourrait induire une flaveur de bœuf moins intense (Gagaoua *et al.*, 2016b). Les différences de teneur en lipides, en collagène intramusculaire et aussi de type de fibres sont supposées expliquer les écarts de qualité sensorielle de la viande bovine, mais les résultats divergent concernant l'effet du type de muscle, du type d'animal ou de la race (Chriki *et al.*, 2012, Chriki *et al.*, 2013). On peut également ajouter que la complexité et le caractère multifactoriel de la perception sensorielle pourraient également expliquer ces relations parfois contradictoires avec les données physicochimiques car les critères organoleptiques évalués sont interdépendants (tels que la jutosité et la tendreté).

La tendreté de la viande de Simmental a été rapportée comme étant plus faible que celle d'autres races (Shackelford *et al.*, 1994 ; Chambaz *et al.*, 2003 ; Zwambag *et al.*, 2013, Xie *et al.*, 2012), ce qui est en accord avec nos résultats. De manière intéressante, Chambaz *et al.* (2003) ont rapporté que la race Simmental produisait une viande moins tendre que les races Angus et Limousin au même niveau de teneur en gras intramusculaire. La viande de la race Angus a été signalée comme étant plus tendre, plus juteuse et plus savoureuse que celle de la race Holstein (Bures et Barton, 2018), ce qui est également en accord avec nos résultats.

La comparaison des races est difficile car peu d'informations sont disponibles. La collecte d'informations fiables est difficile car les animaux sont élevés de différentes manières. En effet, les systèmes d'élevage diffèrent selon les races et dépendent aussi des ressources locales et des pratiques des différentes régions. Les races originaires de régions spécifiques avec des aliments, des ressources et des conditions d'élevage particulières, se retrouvent aujourd'hui disséminées au niveau international. De nombreuses études ont comparé différents types de bovins et de pratiques, confondant les races, les sexes et les systèmes d'élevage (Gagaoua *et al.*, 2016b) plutôt que de comparer strictement les races toutes choses égales par ailleurs. Afin de réaliser une comparaison en minimisant les biais entre un grand nombre de races, le projet GemQual a établi des protocoles aussi standardisés que possible avec des animaux jeunes (taurillons uniquement). Néanmoins, certains biais sont susceptibles d'être encore présents. Outre les différences de système d'élevages et de races, il est nécessaire de recruter et former les panélistes puis entretenir leurs compétences de sorte qu'ils donnent des résultats cohérents. Il a été démontré que certains descripteurs ont une corrélation modérée entre panels d'experts, par exemple pour la tendreté $r=0,67$, la jutosité $r=-0,14$, la flaveur $r=0,10$, et la flaveur anormale $r=0,20$. En effet, une corrélation

élevée nécessiterait de se baser sur un dictionnaire des descripteurs et des protocoles d'évaluation desdits descripteurs identiques entre équipes de scientifiques, ce qui est difficilement réalisable.

Des méta-analyses de plusieurs études sont également possibles, bien que cela nécessite de tenir compte de la diversité des protocoles dans l'analyse. Ce type d'analyse pourrait cependant constituer une bonne solution pour aborder un sujet aussi vaste et complexe que la caractérisation d'une ou plusieurs races. Un travail récent a montré que la standardisation des échelles de notation, bien que nécessaire, ne résout pas tous les problèmes et qu'un effet aléatoire associé à l'expérience est nécessaire dans le modèle d'analyse (Judge *et al.*, 2021). D'autres sources de

variabilité telles que la durée de maturation de la viande, le degré de maturité et le sexe de l'animal rendent difficile la détermination de la contribution de la race aux différences de qualité sensorielle. L'allongement de la durée de maturation réduit les différences de tendreté de la viande entre les races, mais également probablement celles de flaveur et de jutosité. Il a été démontré qu'après une maturation de 21 jours, les différences entre les races ne peuvent pas être détectées (Campo *et al.*, 1999). Dans l'étude GemQual, la viande a été maturée pendant 10 jours, durée pour laquelle les effets de la race sur la qualité sensorielle de la viande bovine auraient encore pu être observés.

IV. CONCLUSION

La diversité des races bovines européennes est une source de variabilité de la qualité sensorielle, même si les différences observées entre races sont majoritairement faibles.

Ce travail a tout d'abord permis de comparer deux méthodologies de traitement statistique des données issues des analyses sensorielles (une analyse de variance classique *vs* une analyse avec prise en compte de l'effet aléatoire lié aux jurés). La très forte similitude des résultats obtenus avec les deux approches permet de conclure que l'une et l'autre semblent satisfaisantes.

Cinq groupes de races ont émergé parmi les 15 races étudiées sur un total de 436 taurillons abattus entre 13 et 17 mois d'âge, à 75% du poids moyen adulte. Les races allaitantes à forte teneur de gras intramusculaire (Aberdeen Angus, Highland et Jersey) se distinguent par une flaveur et une jutosité en bouche supérieures. Les races Simmental, Casina et Marchigiana semblent être les viandes avec les

notes les plus faibles pour plusieurs descripteurs parmi les 15 races étudiées. Les profils des Limousins et des Charolais semblent assez proches. La Pirenaica est la race qui obtient le meilleur score de tendreté en moyenne même si ce score n'est pas significativement différent de celui des races du second groupe. Les races Asturiana de los Valles et Piemontaise se caractérisent par une flaveur anormale plus intense telle que perçue par les panélistes.

Les résultats de ce travail réalisé avec un grand nombre de races sont cependant à nuancer. En effet, de nombreux facteurs interagissent avec la race de sorte que ces résultats ne seront peut-être pas extrapolables à d'autres types d'animaux (vaches, génisses, bœuf) ou d'autres muscles maturés dans des conditions différentes. De plus, seules des races pures ont été étudiées dans cette expérimentation, il n'est donc pas possible d'en tirer des enseignements concernant la qualité sensorielle de croisements entre races.

Références

- Albertí, P., Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J. L., Ripoll, G., Ertbjerg, P., Christensen, M., Gigli, S., Failla, S. & Concetti, S. (2008). Live weight, body size and carcass characteristics of young bulls of fifteen European breeds, *Livestock Science* 114(1), 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.04.010>.
- Blanco, M., Ripoll, G., Delavaud, C. & Casasús, I. (2020). Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight, *Livestock Science* p. 104156. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104156>.
- Bonny, S. P. F., Hocquette, J.-F., Pethick, D. W., Farmer, L. J., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., Polkinghorne, R. J. & Gardner, G. E. (2016). The variation in the eating quality of beef from different sexes and breed classes cannot be completely explained by carcass measurements, *Animal* 10(6), 987–995. <https://doi.org/10.1017/S175173111500292X>.
- Bureš, D. & Bartoň, L. (2018). Performance, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Gascon, Holstein and Fleckvieh finishing bulls, *Livestock Science* 214: 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.017>.
- Campo, M. M., Sanudo, C., Panea, B., Albertí, P. & Santolaria, P. (1999). Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. *Meat Science*, 55, 371–378. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00162-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00162-X).
- Campo, M. M., Santolaria, P., Sanudo, C., Lepetit, J., Olleta, J. L., Panea, B. & Albertí, P. (1999). Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 51, 383–390. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00159-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00159-4).
- Chambaz, A., Scheeder, M. R. L., Kreuzer, M., & Dufey, P.-A. (2003). Meat quality of Angus, Simmental, Charolais, and Limousine steers compared at the same intramuscular fat content. *Meat Science*, 63, 491–500.
- Chriki, S., Gardner, G. E., Jurie, C., Picard, B., Micol, D., Brun, J.-P., Journaux, L. & Hocquette, J.-F. (2012). Cluster analysis application identifies muscle characteristics of importance for beef tenderness, *BMC Biochemistry* 13(1): 29. <https://doi.org/10.1186/1471-2091-13-29>.
- Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L. & Hocquette, J.-F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics, *Livestock Science* 155(2-3): 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.009>.

Christensen, M., Erbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., Olleta, J. L., Panea, B., Albertí, P. & Juárez, M. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds, *Meat Science* 87(1): 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.003>.

Destefanis G., Brugiapaglia A., Barge M.T., Dal Molin E. (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner–Bratzler shear force. *Meat Science* 78, 153–156.

Dransfield, E., Martin, J.-F., Bauchart, D., Abouelkaram, S., Lepetit, J., Culioli, J., Jurie, C. & Picard, B. (2003). Meat quality and composition of three muscles from French cull cows and young bulls, *Animal Science* 76(3): 387–399. <https://doi.org/10.1017/S1357729800058616>.

Gagaoua, M., Micol, D., Picard, B., Terlouw, C. E., Moloney, A. P., Juin, H., Meteau, K., Scollan, N., Richardson, I. & Hocquette, J.-F. (2016a). Interlaboratory assessment by trained panelists from France and the United Kingdom of beef cooked at two different end-point temperatures, *Meat Science* 122: 90–96. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.07.026>.

Gagaoua M., Terlouw E.M.C., Micol D., Hocquette J.-F., Moloney A.P., Nuernberg K., Bauchart D., Boudjellal A., Scollan N.D., Richardson R.I., Picard B., (2016b). Sensory quality of meat from eight different types of cattle in relation with their biochemical characteristics *Journal of Integrative Agriculture*, 15, 1550–1563. <http://prodinra.inra.fr/record/360882>

Gierczynski, I., Labouré, H., Sémon, E. & Guichard, E. (2007). Impact of hardness of model fresh cheese on aroma release: in vivo and in vitro study, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(8): 3066–3073. <https://doi.org/10.1021/jf0633793>.

Hocquette J.F., Capel C., David V., Guéméné D., Bidanel J., Ponsart C., Gastinel P.L., Le Bail P.Y., Monget P., Mormède P., Barbezant M., Guillou F, Peyraud J.L., 2012. Objectives and applications of phenotyping network set-up for livestock. *Animal Science Journal*, 83, 517–528.

Hothorn, T., Bretz, F. & Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models, *Biometrical Journal* 50(3): 346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>.

Huuskonen, A. K., Pesonen, M. & Honkavaara, M. (2016). Performance and meat quality of Nordic Red and Aberdeen Angus bulls offered faba bean or field pea based whole crop legume-cereal silages, *Agricultural and Food Science* 25(1): 1–12. <https://doi.org/10.23986/afsci.52311>.

Judge, M., Conroy, S., Hegarty, P., Cromie, A., Fanning, R., Kelly, D., Croften, E. & Berry, D. (2021). Eating quality of the longissimus thoracis muscle in beef cattle—Contributing factors to the underlying variability and associations with performance traits, *Meat Science* 172, 108371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108371>

Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B. & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest package: Tests in linear mixed effects models, *Journal of Statistical Software* 82(13): 1–26. <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v082.i13>.

Lenth, R. (2020). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.4.5. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>

Liu J., Chriki S., Ellies-Oury M.P., Legrand I., Pogorzelski G., Wierzbicki J., Farmer L., Troy D., Polkinghorne R., Hocquette J.F. (2020). European conformation and fat scores of bovine carcasses are not good indicators of marbling. *Meat Science*, 170, 108233.

MacFie H.J., Bratchell N., Greenhoff K. and Vallis L.V. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of Sensory Studies* 4, 129–148.

MacKintosh S.B., Richardson I., Kim E.J., Dannenberger D., Coilmier D. and Scollan N.D. (2017). Addition of an extract of Lucerne (*Medicago sativa* L.) to cattle diets – Effects on fatty acid profile, meat quality and eating quality of the M. longissimus muscle. *Meat Science* 130: 69–80 (2017).

Monsón, F., Sañudo, C. & 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. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>.

Nian, Y., Kerry, J. P., Prendiville, R. & Allen, P. (2017). The eating quality of beef from young dairy bulls derived from two breed types at three ages from two different production systems, *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 56(1): 31–44. <http://dx.doi.org/10.1515/ijafr-2017-0003>.

Özlütürk, A., Tüzemen, N., Yanar, M., Esenbuga, N. & Dursun, E. (2004). Fattening performance, carcass traits and meat quality characteristics of calves sired by Charolais, Simmental and Eastern Anatolian Red sires mated to Eastern Anatolian Red dams, *Meat Science* 67(3): 463–470. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.11.022>.

Pesonen, M., Honkavaara, M. & Huuskonen, A. K. (2012). Effect of breed on production, carcass traits and meat quality of Aberdeen Angus, Limousin and Aberdeen Angus x Limousin bulls offered a grass silage-grain-based diet, *Agricultural and Food Science* 21(4), 361–369. <https://doi.org/10.23986/afsci.6520>.

Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science* 70, 435–447.

Raes, K., Balcaen, A., Dirinck, P., De Winne, A., Claeys, E., Demeyer, D., & De Smet S. (2003). Meat quality, fatty acid composition and flavor analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65, 1237–1246.

Renand, G., Picard, B., Touraille, C., Berge, P. & Lepetit, J. (2001). Relationships between muscle characteristics and meat quality traits of young Charolais bulls, *Meat Science* 59(1): 49–60. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00051-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00051-1).

Saint-Eve, A., Martin, N., Guillemain, H., Sémon, E., Guichard, E. & Souchon, I. (2006). Flavored yogurt complex viscosity influences real-time aroma release in the mouth and sensory properties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(20), 7794–7803. <https://doi.org/10.1021/jf060849k>.

Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Cundiff, L. V., Gregory, K. E., Rohrer, G. A., & Savell, J. W. (1994). Heritabilities and phenotypic and genetic correlations for bovine postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and growth rate. *Journal of Animal Science*, 72, 857–863.

Serra, X., Guerrero, L., Guàrdia, M., Gil, M., Sañudo, C., Panea, B., Campo, M., Olleta, J., García-Cachán, M. & Piedrafita, J. (2008). Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality, *Meat Science* 79(1), 98–104. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12350>

Vidal, S., Francis, L., Guyot, S., Marnet, N., Kwiatkowski, M., Gawel, R., Cheynier, V. & Waters, E. J. (2003). The mouth-feel properties of grape and apple proanthocyanidins in a wine-like medium, *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(6): 564–573. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1394>.

Wood, J., Nute, G., Fursey, G. & Cuthbertson, A. (1995). The effect of cooking conditions on the eating quality of pork, *Meat Science* 40(2): 127-135. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)00051-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)00051-8)

Zwambag, A., Kelly, M., Schenkel, F., Mandell, I., Wilton, J., & Miller, S. (2013). Heritability of beef tenderness at different aging times and across breed comparisons. *Canadian Journal of Animal Science.*, 93, 307–312.

