

Etude des interactions et du compromis entre les performances de 30 génisses Blonde d'Aquitaine et les qualités nutritionnelle et sensorielle de la viande

CONANEC A. (1), PICARD B. (1), CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (1), CHAVENT M. (2,3), DENOYELLE C. (4), GRUFFAT D. (1), NORMAND J. (4), SARACCO J. (2,3), ELLIES-OURY M.P. (1)

(1) Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(2) INRIA Bordeaux Sud-Ouest, CQFD Team, F-33400 Talence, France.

(3) Université de Bordeaux, IMB, UMR 5251, F-33400 Talence, France

(4) Institut de l'Élevage, Service Qualité des Carcasses et des Viandes, 69007 Lyon, France

RESUME

L'objectif de ces travaux était d'étudier l'interaction globale entre les principaux indicateurs de performance en termes de : qualité nutritionnelle et sensorielle de la viande, performances zootechnique des animaux et valorisation de leurs carcasses, dans le but de mettre à l'épreuve une méthode de gestion des compromis. Pour ce faire, une modélisation statistique de 24 indicateurs a été réalisée, à partir des données de 30 génisses de race Blonde d'Aquitaine engraisées avec un régime de base (paille + concentré) complété par 4 suppléments lipidiques différentes. L'étude de la sensibilité des modèles a permis d'identifier les indicateurs de performances liés entre eux et de quantifier la force de ces liens. Il a notamment été montré que les animaux à croissance lente produisent des carcasses grasses, avec des notes de marbré et de persillé élevées, sources d'une intensité de flaveur importante. En parallèle, une proportion d'acides gras polyinsaturés plus importante a été relevée dans les muscles des carcasses les plus maigres. S'il est ainsi possible d'atteindre les recommandations santé fixées par l'ANSES, il ressort dans le même temps que ces proportions élevées d'acides gras polyinsaturés peuvent conduire, dans certains cas, à la production de saveurs indésirables. Toutefois, dans ce travail, réalisé sur une population homogène d'animaux, aucun lien fort n'a pu être mis en évidence entre la qualité nutritionnelle et la qualité sensorielle de la viande ($r=-0,17$), laissant supposer la possibilité de produire des viandes aux propriétés optimisées sur ces deux types de qualité.

Study of the interaction and the compromise between the performances of 30 Blonde d'Aquitaine heifers through the nutritional and the organoleptic quality of the meat

CONANEC A. (1), PICARD B. (1), CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (1), CHAVENT M. (2), DENOYELLE C. (3), GRUFFAT D. (1), NORMAND J. (3), SARACCO J. (2), ELLIES-OURY M.P. (1)

(1) Université Clermont Auvergne, INRA, VetAgro Sup, UMR Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

SUMMARY

The aim of this study was to examine the comprehensive interactions between the main performance indicators in terms of the nutritional and organoleptic properties of meat, cattle zootechnical performance and the carcass value, in order to assess a new method of managing the trade-off between these four performance goals. For this purpose, each performance indicator has been statistically modeled basing on the data collected on 30 heifers of the Blonde d'Aquitaine breed whose dietary treatment has been enriched with 4 different sources of lipids. The sensitivity analysis allowed identifying the links between the indicators, as well as, determining the strength of their relationships. It has been shown that slow-growing animals produce fatter carcasses with high marbling and intramuscular fat, which affects positively the meat flavor. Furthermore, the higher proportion of polyunsaturated fatty acids was found in the leaner carcasses. This high proportion allows to reach the ANSES recommendations, it may, however, possibly lead to undesirable flavor. Ultimately, no apparent link between the nutritional and sensory properties of meat ($r=-0,17$) was established.

INTRODUCTION

Dans un contexte de réduction de la consommation globale de viande en France, la filière viande bovine est particulièrement touchée avec un recul de la consommation de près de 1 kg/hab/an entre 2009 et 2013 (FranceAgriMer 2014). L'une des pistes envisagées par la filière, pour endiguer cette chute de la consommation, serait de proposer aux consommateurs une segmentation de l'offre plus claire, notamment sur le plan de la qualité sensorielle et de la qualité nutritionnelle de la viande. Idéalement, cette clarification devrait, dans le même temps, assurer une rentabilité aux acteurs principaux de la filière. Cela implique notamment l'élevage d'animaux efficaces sur le plan économique et dont la valeur commerciale des carcasses est optimisée (Dockès et al. 2011).

Malgré l'enjeu, peu d'études se sont intéressées à la prise en considération conjointe de l'ensemble de ces paramètres

d'intérêt : performances zootechniques des animaux, qualité des carcasses, qualité nutritionnelle et sensorielle des viandes, afin d'étudier leurs interactions. Toutefois, une approche innovante a récemment été mise en œuvre par Ellies-Oury et al. (2016). Celle-ci vise à agréger les variables d'un même paramètre d'intérêt via un clustering de variables, puis à mettre en relation les variables agrégées entre les différents paramètres d'intérêt. Ce travail a permis de conclure à une absence de corrélation entre les qualités nutritionnelle et sensorielle. Ces résultats sont venus compléter ceux des études antérieures qui avaient montré des interactions entre les composantes de ces deux qualités. Par exemple, il a été établi qu'une augmentation du gras intramusculaire améliore la jutosité, la flaveur et la tendreté de la viande (Jeremiah et al. 2003; Thompson 2004), mais dégrade la proportion d'acides gras polyinsaturés (AGPI) au profit des acides gras saturés

(AGS) et mono-insaturés (AGMI) (revue de Wood et al. 2008).

L'objectif de cette étude est donc de préciser et de modéliser les liens entre les différents paramètres d'intérêt dans le but de proposer une méthodologie d'optimisation des performances bovines en lien avec des attentes de qualité (carcasse, nutritionnelle et/ou sensorielle) fixées a priori.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Base de données utilisées

Ce travail mobilise les données recueillies dans le cadre du projet Lipivimus (ANR-06-PNRA-018).

Trente génisses de race Blonde d'Aquitaine ont été réparties en quatre lots homogènes (en termes d'âge, de poids et d'état corporel). Durant une période d'environ 100 jours, elles ont reçu une ration (iso-énergétique et iso-protéique) à base de paille et d'aliment concentré. A ce régime Témoin (n= 8) ont été associés 3 régimes expérimentaux contenant différentes suppléments lipidiques (du lin extrudé (n= 8) ; un mélange lin (1/3) et colza (2/3) extrudés (n= 6) ; de la palmitostéarine (n= 8)). L'objectif initial de l'expérimentation était d'étudier l'impact des différentes sources lipidiques sur le profil en acide gras et la qualité sensorielle des viandes. Un ensemble de mesures et analyses a été réalisé 1) sur chaque animal au cours de la période de finition, 2) sur la carcasse à l'abattage, 3) sur le muscle *Longissimus thoracis* (LT). Un total de 83 variables a ainsi été récolté, permettant de caractériser les performances zootechniques des animaux, la qualité des carcasses, la qualité sensorielle et la qualité nutritionnelle du muscle LT.

1.2. Réduction des indicateurs illustrant chaque PI

Dans un premier temps, ces 83 variables ont fait l'objet d'une réduction dimensionnelle en appliquant un clustering de variables (Chavent et al. 2012) afin de condenser l'information dans un ensemble de 24 indicateurs peu redondants et caractérisant de manière large les 4 PI (Tableau 1).

Tableau 1 :

Paramètre d'intérêt (PI)	Indicateurs sélectionnés pour chaque PI (et abréviation associée)
Performances zootechniques des animaux (PZA)	3 indicateurs : Poids vif (PV), croissance moyenne en finition (GMQ), efficacité alimentaire ¹ (Eff_alim)
Qualité des carcasses (QC)	7 indicateurs : Chroma (C*), pH, quantité de gras (Qte_gras), proportion de gras (prop_gras), poids de carcasse (poids_carc), conformation (confo), Luminance (L*)
Qualité nutritionnelle (QN)	7 indicateurs : C16:0/C18:0, teneur en lipides (lipides), AGPI/AGMI, AG longs (AGL), AG trans (AGtr), AGPI n-6/AGPI n-3 (n-6/n-3), CLA
Qualité sensorielle (QS)	7 indicateurs : Tendreté, jutosité, saveur amère, goût rance et poisson, flaveur gras vs métal, goût sang et acide, intensité de flaveur

1.3. Modélisation des liens entre indicateurs

Chaque indicateur (centré et réduit au préalable) a ensuite fait l'objet d'une modélisation à partir des indicateurs des autres paramètres d'intérêt (excepté ceux du paramètre d'intérêt modélisé).

Cinq types de modèles ont été comparés à l'aide du package *modvarsel* (Ellies-Oury et al. 2018 (soumis)) : (régression linéaire (lm), Random Forest (rf), Sliced Inverse Regression (SIR), régression ridge et partial least square regression (PLSR)). L'objectif était ici de choisir le modèle le plus performant. Une sélection des indicateurs a également été opérée afin de déterminer lesquels avaient une forte influence sur le modèle.

Pour chaque modèle, l'importance de chaque indicateur dans la prédiction du modèle a été calculée. Pour ce faire, deux méthodes complémentaires ont été utilisées : 1) le calcul des indices de sensibilité selon la décomposition de la variance de Sobol (Sobol 2001) et 2) une évaluation graphique à l'aide d'une application Shiny².

1.4. Méthode de gestion des compromis

Chaque paramètre d'intérêt étant approché par plusieurs indicateurs (Tableau 1), il a semblé pertinent de réaliser une hiérarchie parmi ces indicateurs et de proposer une pondération de ceux-ci en fonction de leur importance pour les opérateurs de la filière. Cette pondération, réalisée à dire d'experts, a permis d'agréger linéairement chaque indicateur en un index synthétique (1 pour chaque paramètre d'intérêt).

Dans un souci de concision, seul le lien entre qualité nutritionnelle et qualité sensorielle a été traité dans le présent papier. Pour évaluer le lien existant entre ces deux types de qualité et élaborer un compromis en cas d'antagonisme, les modèles de prédiction précédemment établis ont été utilisés afin de générer une population de N=500 individus virtuels mais réalistes. La projection des individus ainsi générés sur le plan qualité nutritionnelle / qualité sensorielle a permis de visualiser la relation entre ces deux paramètres d'intérêt et de repérer les meilleurs individus combinant des qualités nutritionnelle et sensorielle optimales. Ceux-ci ont fait l'objet d'une étude spécifique par la suite.

L'ensemble des traitements a été réalisé avec R version 3.5.0 (2018-04-23), en mobilisant les packages *glmnet*, *modvarsel*, *pls*, *randomForest* et *sensitivity*.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. MODELISATION DES RELATIONS ENTRE LES INDICATEURS

Vingt-quatre modèles de prédiction ont été construits pour prédire les variations des 24 indicateurs sélectionnés (Tableau 1). Seulement certains d'entre eux (notamment ceux dont la qualité de prédiction est suffisamment correcte et dont l'importance pour la caractérisation du paramètre d'intérêt est notable) seront présentés ici.

Parmi ceux-ci, le modèle de prédiction de la **proportion de gras** est largement influencé (de manière positive) par la teneur en lipides des muscles ($S_i=0,91$). Le GMQ semble avoir (selon les indices de sensibilité) une plus faible influence ($S_i=0,035$) mais on peut toutefois noter qu'un GMQ faible favorise, à la fois, un rapport muscle/gras faible et les dépôts de gras intra et inter musculaires. Ainsi, un GMQ faible semble conditionner une teneur lipidique des muscles LT élevée (Figure 1b).

Le modèle de prédiction de la **tendreté** fait intervenir 3 régresseurs : le poids vif, la quantité de gras et le poids de carcasse. Pour le poids vif, qui contribue à hauteur de 15% des variations du modèle, on remarque une corrélation négative avec la tendreté. L'influence de la quantité de gras sur la tendreté est plus contrastée. Il semble toutefois qu'une quantité de gras de carcasse très élevée entraîne une tendreté plus faible. Pour une quantité de gras moyenne ou

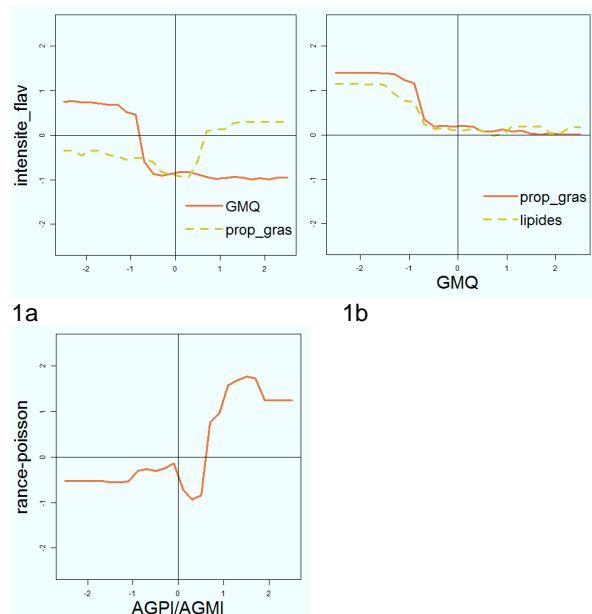
¹ Agrégation de l'indice de consommation (MS_{ing}/GMQ), de l'efficacité protéique (PD_{ing}/GMQ) et l'efficacité énergétique (UFV_{ing}/GMQ)

² Voir <https://alexandre-conanec.shinyapps.io/cowperf/>

faible, il est en revanche difficile de tirer une conclusion aussi claire.

Les modèles de prédiction de la **flaveur indésirable** de la viande semblent très dépendants des variations du rapport AGPI/AGMI ($S_i=0,81$ et Figure 1c). Plus précisément, une forte proportion d'AGPI comparativement aux AGMI, induit une perception de « flaveur rance » et de « flaveur de poisson » du produit.

Le modèle construit pour prédire l'**intensité de flaveur** est enfin fortement influencé par la proportion de gras. Une faible vitesse de croissance semble également être liée à une plus forte intensité de flaveur (Figure 1a).



1a : Prédiction de l'intensité de la flaveur en fonction des variations du GMQ et de la proportion de gras
 1b : Prédiction de la proportion de gras et de la teneur en lipides en fonction des variations du GMQ
 1c : Prédiction de la flaveur rance-poisson en fonction des variations du rapport AGPI/AGMI

Les modèles de prédiction ont permis d'établir **qu'une croissance lente induit une meilleure répartition du gras** (proportion de gras, marbré et persillé supérieurs ; teneur en lipides musculaire plus élevées) **et une flaveur plus intense** que les croissances plus rapides. Nos résultats contredisent la revue de Park et al. (2018) qui indiquent qu'une finition rapide à l'aide d'une ration à forte concentration énergétique induit une augmentation du marbré et du persillé. Toutefois, il semble que le GMQ en finition ait un effet controversé sur le dépôt de gras intramusculaire (Pethick et al. 2004). Dans notre cas, les rations distribuées étant iso-énergétiques, on peut supposer que les différences de GMQ ne sont pas induites par la concentration énergétique des rations, mais plutôt par d'autres facteurs (génétique notamment).

Les modèles permettent également d'établir qu'un marbré et un persillé élevés sont associés à une flaveur plus intense de la viande, en accord avec les travaux de Thompson (2004) relatif à l'impact du gras intramusculaire sur la qualité sensorielle des viandes.

Les modèles permettent également d'établir que **les carcasses les plus maigres offrent une viande de meilleure qualité nutritionnelle** (rapport muscle/gras et AGPI/AGMI importants) **que les carcasses les plus grasses**. Ce résultat corrobore ceux de Warren et al. (2008) qui indiquent que les muscles dont la teneur en lipides est plus élevée ont une proportion d'AGPI faible comparativement à celles en AGMI et AGS. Ces répartitions différentielles peuvent être associées au stockage adipeux

(grâce à la synthèse *de novo* d'AGS ou AGMI) par les animaux les plus gras. Les carcasses les plus maigres permettent donc de répondre plus facilement aux recommandations de l'ANSES (2011). Il faut toutefois préciser que l'oxydation des AGPI a tendance à favoriser le dégagement de flaveurs de poisson ou de flaveurs rance (Wood et al. 2008). L'ajout d'antioxydants (naturellement présent dans l'herbe ou de synthèse) à la ration peut alors être recommandé dans la mesure où ils sont de nature à limiter l'oxydation des AGPI par ré-équilibrage du rapport pro/anti-oxydants (Gobert 2010).

2.2. UN EXEMPLE DE COMPROMIS ENTRE QS ET QN

Comme indiqué précédemment, les modèles de prédiction ont été utilisés pour générer 500 individus virtuels dont les performances sur les plans sensoriel et nutritionnel ont été agrégées à l'aide des pondérations proposées par les experts. Ces processus ont permis de projeter les individus sur un plan qualité nutritionnelle / qualité sensorielle (Figure 2).

Il existe une légère corrélation négative ($r=-0,17$; $p\text{-value}<0,001$) entre la qualité nutritionnelle et la qualité sensorielle, mais qui paraît tout de même très faible et permet de conclure que ces deux paramètres d'intérêt sont peu liés. Cela rejoint les conclusions de Ellies-Oury et al. (2016) qui indiquaient que ces deux PI étaient orthogonaux et donc indépendants l'un de l'autre. La nouveauté des présents résultats est d'établir ce constat au sein d'un groupe d'animaux homogène, à la différence de ces auteurs qui avaient travaillé sur 3 races : l'Angus, la Blonde d'Aquitaine et la Limousine. L'absence de lien fort entre ces deux paramètres d'intérêt signifie qu'un compromis n'est pas forcément nécessaire pour maximiser simultanément la qualité nutritionnelle et la qualité sensorielle.

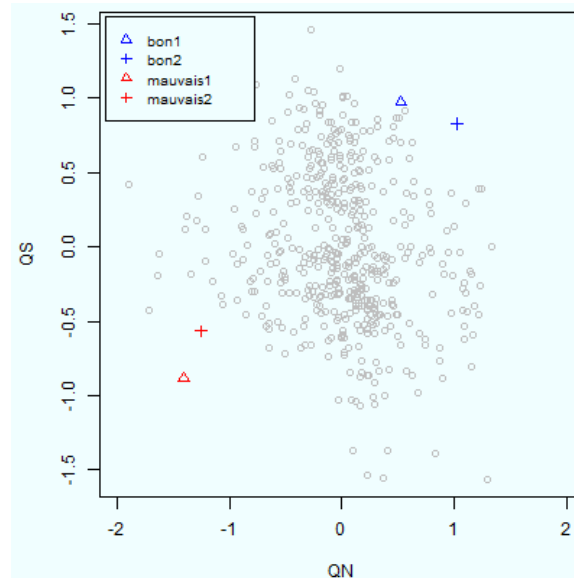


Figure 2 : Projection des individus virtuels générés sur le plan qualité nutritionnelle / qualité sensorielle, et sélection des meilleurs (bon1 et bon2) et plus mauvais (mauvais1 et mauvais2) individus

Néanmoins, il est intéressant d'étudier le profil des individus qui semblent le plus (et le moins) correspondre aux attentes fixées (maximisation simultanée des qualités nutritionnelle et sensorielle) afin de comprendre l'agencement de leurs caractéristiques et un hypothétique lien avec la méthodologie employée.

On peut noter que **les meilleurs profils** (Figure 3) justifient leur position par une tendreté importante et l'absence de flaveur indésirable, exceptée la flaveur « sang » et « acide ». En revanche la jutosité et l'intensité de flaveur de ces individus est moyenne. Ces résultats semblent en lien

avec les coefficients d'importance attribués à chaque indicateur. L'exercice d'attribution de ces coefficients d'importance est donc délicat car les résultats y sont très liés.

A l'inverse, les **moins bons profils** sont caractérisés par une tendreté et une jutosité faibles (Figure 3). Les saveurs indésirables comme le « rance-poisson » et l'amertume sont plus élevées que pour les meilleurs profils mais cela reste acceptable. Sur le plan nutritionnel, le bilan est plutôt négatif avec notamment une proportion d'AGPI faible et une teneur en lipides élevée. Ces animaux semblent néanmoins mieux finis avec des poids vifs et de carcasse élevés, des états d'engraissement supérieurs à la moyenne, et des conformations importantes. En lien avec des carcasses plus grasses, ces profils sont peu performants sur le plan de l'efficacité alimentaire et du GMQ comparativement au reste des individus.

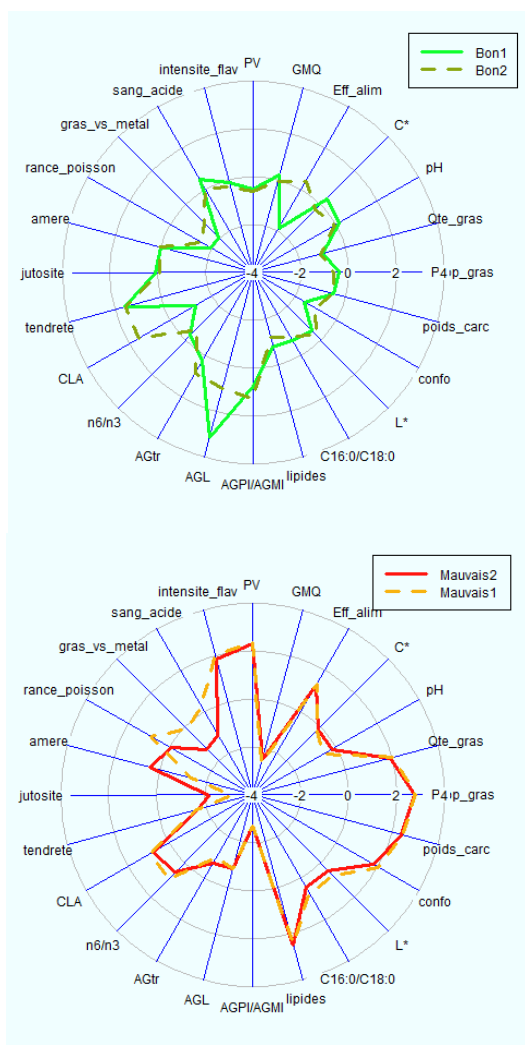


Figure 3 : Profil des deux meilleurs (en haut) et deux moins bons (en bas) individus générés

CONCLUSION

La mobilisation d'un large éventail de méthodes d'apprentissage supervisé a permis de relier entre eux les 24 indicateurs sélectionnés. L'étude de leur sensibilité au travers des deux méthodologies employées a permis de mieux appréhender la complexité de modèles ni linéaires ni paramétriques (pour 23/24 modèles). Cette approche semble donc adaptée à l'intégration globale de phénomènes complexes et multidimensionnels. Elle peut s'avérer transposable à d'autres modèles complexes construits en recherche appliquée.

Cette étude a également contribué à renforcer la connaissance sur le lien entre les différents indicateurs mesurés de l'animal au morceau de viande. Cela a permis

entre autre de nourrir le débat scientifique autour de la relation entre le GMQ et le marbré/persillé, dans un contexte où l'attention portée au gras au sein des morceaux de viande est de plus en plus importante, au regard notamment des travaux sur l'élargissement de la grille de paiement de l'éleveur à l'abattoir (Monteils et al. 2017).

Enfin, il a été montré une très faible corrélation négative entre la qualité nutritionnelle et la qualité sensorielle. En accord avec le peu d'études qui ont été fournis sur le sujet, il semblerait donc qu'il soit possible de produire une viande saine et savoureuse. La portée de ces résultats est néanmoins à nuancer car ceux-ci émanent des données de 30 génisses de race Blonde d'Aquitaine. Ainsi, il est délicat de généraliser ces résultats à d'autres races ou d'autre type d'animaux (notamment des animaux plus gras et/ou plus précoces), la relative homogénéité des individus ayant ici induit une faible variabilité des indicateurs. Le nombre peu élevé d'individus a également soulevé des problèmes de construction de modèles, la robustesse de ceux-ci étant nécessaire pour le bon déroulement de la méthode mise en place.

L'utilisation et l'élargissement de la méthode développée ici devraient permettre de comparer les performances d'animaux de sexe, de race et de rations différentes et d'étudier à plus large échelle le lien entre les indicateurs qui ont été étudiés. Une plus grande diversité d'individus sera aussi un moyen de mettre en lien les facteurs de variation avec l'expression des performances et ainsi de formuler des recommandations pratiques pour atteindre le compromis souhaité.

Ce travail a été conduit avec le soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) sous le « Programme National de Recherche en Alimentation et nutrition humaine », projet « ANR-06-PNRA-018-03 »

ANSES. 2011. 2006-SA-0359, ANC AG.

Chavent, M., Kuentz-Simonet, V., Liquet, B., Saracco, J. 2012. Journal of Statistical Software 50 (13): 1–16.

Dockès, A.C., Magdelaine, P., Daridan, D., Guillaumin, A., Remondet, M., Selmi, A., Gilbert, H., Mignon-Grasteau, S., Phocas, F. 2011. Inra Productions Animales 24 (4): 285–296.

Ellies-Oury, M.P., Cantalapiedra-Hijar, G., Durand, D., Gruffat, D., Listrat, A., Micol, D., Ortigues-Marty, I., Hocquette, J.F., Chavent, M., Saracco, J. 2016. Meat science 122: 163–172.

Ellies-Oury, M.P., Chavent, M., Conanec, A., Bonnet, M., Picard, B., Saracco, J. 2018. Scientific Reports.

FranceAgriMer. 2014.

Robert, M. 2010. PhD Thesis, Clermont-Ferrand 1.

Jeremiah, L.E., Dugan, M.E.R., Aalhus, J.L., Gibson, L.L. 2003. Meat Science 65 (3): 1013–1019.

Monteils, V., C. Sibra, M.P Ellies-Oury, R. Botreau, A. De la Torre, et C. Laurent. 2017. Livestock Science 202: 44–51.

Park, S.J., S.H. Beak, S.Y. Kim, I.H. Jeong, M.Y. Piao, H.J. Kang, D.M. Fassah, S.W. Na, S.P. Yoo, M. Baik. 2018. Asian-Australasian journal of animal sciences 31 (7): 1043–1061.

Pethick, D., G. Harper, H. Oddy. 2004. Australian Journal of Experimental Agriculture 44 (7): 705–715.

Sobol, I. 2001. Mathematics and computers in simulation 55 (1-3): 271–280.

Thompson, J.M. 2004. Australian Journal of Experimental Agriculture 44 (7): 645–652.

Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., Wood, J. D. 2008. Meat Science 78: 256–269.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., Whittington, F.M. 2008. Meat science 78 (4): 343–358.