



HAL
open science

Est-il possible d'améliorer la qualité nutritionnelle des viandes bovines sans altérer leur qualité sensorielle ni les performances animales ?

Marie-Pierre Ellies, Gonzalo Cantalapiedra-Hijar, Denys Durand, Dominique Gruffat, Anne Listrat, Didier D. Micol, Isabelle Ortigues Marty, Jean-François J.-F. Hocquette, Brigitte B. Picard

► To cite this version:

Marie-Pierre Ellies, Gonzalo Cantalapiedra-Hijar, Denys Durand, Dominique Gruffat, Anne Listrat, et al.. Est-il possible d'améliorer la qualité nutritionnelle des viandes bovines sans altérer leur qualité sensorielle ni les performances animales ?. 22. Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants, Dec 2015, Paris, France. hal-02742885

HAL Id: hal-02742885

<https://hal.inrae.fr/hal-02742885>

Submitted on 3 Jun 2020

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

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

Est-il possible d'améliorer la qualité nutritionnelle des viandes bovines sans altérer leur qualité sensorielle ni les performances animales ?

ELLIES-OURY M.P. (1, 2, 3), CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (3, 2), DURAND D. (3, 2), GRUFFAT D. (3, 2), LISTRAT A. (3, 2), MICOL D. (3, 2), ORTIGUES-MARTY I. (3, 2), HOCQUETTE J.F. (3, 2), PICARD B. (3, 2)

(1) Bordeaux Science Agro, 1 cours du Général de Gaulle, CS 40201, F-33175 Gradignan, France

(2) INRA, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(3) Clermont Université, VetAgro-Sup, UMR1213 Herbivores, BP 10448, F-63000, Clermont-Ferrand, France

RESUME

Dans le contexte actuel, les acteurs d'amont de la filière bovine cherchent à produire des animaux plus efficaces tandis que les acteurs d'aval (ainsi que les consommateurs) ont des attentes spécifiques en termes de qualité sensorielle et nutritionnelle des viandes bovines. Cette étude, réalisée à partir des animaux du programme européen « ProSafeBeef », vise à déterminer dans quelle mesure le pilotage de l'alimentation des animaux permet d'améliorer la qualité nutritionnelle des viandes, tout en assurant le meilleur compromis possible en termes de qualité sensorielle et d'efficacité alimentaire.

Des taurillons de races Limousine (Lim, n=25) et Blonde d'Aquitaine (BA, n=24) ont reçu un régime témoin (T ; n=11) ou l'un des trois régimes expérimentaux (à base de graines de lin [L] n=14 ; graines de lin et vitamine E [LE] n=12 ; graines de lin, vitamine E et antioxydants végétaux [LEAO] n=12). Les performances animales ont été caractérisées par 10 variables (relatives notamment aux poids, rendements, tissus de la carcasse, efficacités alimentaires). Le muscle *Longissimus thoracis* (entrecôte) a été prélevé 24h après l'abattage au niveau de la 6^{ème} côte, en vue de caractériser les propriétés physico-chimiques et sensorielles (20 variables relatives aux notes de dégustation, au métabolisme, aux fibres musculaires et au collagène) et la valeur nutritionnelle des viandes (composition en acides gras, niveau d'oxydation, statut antioxydant). Les relations entre les différents paramètres ont été étudiées par analyses factorielles multiples avec le logiciel R.

Toutes races confondues, les régimes [LE] et [LEAO] se distinguent du régime [T] par une meilleure qualité nutritionnelle (%AGPI, AGPI/AGS et %AGPI n-3 supérieurs ; %AGMI, % AGS, Lipides, AGPI n-6/AGPI n-3 inférieurs ; meilleure résistance aux processus d'oxydation). Ces régimes conduisent également à des animaux aux performances accrues (gain moyen quotidien [GMQ], GMQ / matière sèche ingérée, GMQ / unités fourragères ingérées, rendement à la découpe plus élevés). En revanche, le plus faible niveau d'engraissement des carcasses et des viandes par ces régimes aurait tendance à diminuer la saveur typique des viandes sans modification de leur tendreté. Ces conclusions peuvent être modulées selon les races et notamment selon leurs teneurs en lipides (Lim > BA). Il ressort qu'il est tout à fait possible de moduler favorablement la qualité nutritionnelle des viandes par le régime alimentaire des animaux, tout en assurant des performances de carcasse et une efficacité alimentaire adéquates, ceci sans dégrader significativement les propriétés sensorielles des viandes.

Could nutritional quality of bovine meat be improved without impairing neither sensory meat quality traits nor animal feed efficiency?

ELLIES-OURY M.P. (1, 2, 3), CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (3, 2), DURAND D. (3, 2), GRUFFAT D. (3, 2), LISTRAT A. (3, 2), MICOL D. (3, 2), ORTIGUES-MARTY I. (3, 2), HOCQUETTE J.F. (3, 2), PICARD B. (3, 2)

(1) Bordeaux Science Agro, 1 cours du Général de Gaulle, CS 40201, F-33175 Gradignan, France

(2) INRA, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

(3) Clermont Université, VetAgro-Sup, UMR1213 Herbivores, BP 10448, F-63000, Clermont-Ferrand, France

SUMMARY

The upstream of the livestock industry seeks to produce more efficient animals while producing meat with a controlled quality. Indeed, nowadays the livestock sector is faced with an increasing demand by consumers for high-quality products. The present work was undertaken using data from the EU ProSafeBeef project. It is aimed at assessing to what extent modifying animal feed can improve nutritional quality of meat, while ensuring the better trade-off as possible in terms of sensory quality and feed efficiency. This study used 49 young bulls: Blonde d'Aquitaine (BA, n=24) and Limousin (Lim, n=25). Animals were assigned during the finishing period (100 days before slaughter) to one of the four feeding regimes: control group (Control; n=11), linseed (Lin; n=14), linseed and vitamin E (LE; n=12), linseed and vitamin E and antioxidant (LEAO; n=12). Animal performances were characterized by 10 variables. *Longissimus thoracis* (LT) samples were excised from the 6th rib and sampled for later analysis concerning both 1) muscle physicochemical properties and sensory quality and 2) nutritional value of meat. On average, [LE] and [LEAO] treatments promoted better nutritional value in comparison to [T] (higher proportions of PUFA, PUFA/SFA and n-3 PUFA ; lower proportion of MUFA and SFA ; lower lipid content, lower n-6/n-3 ratio) and their better oxidation resistance. These two treatments also lead to higher animal performances (higher average daily gain [ADG], ADG / dry matter intake, ADG / energy intake, muscle proportions). Nevertheless, these conclusions may vary according to the breed and especially to muscle lipid content.

It is, therefore, perfectly possible to increase nutritional value of meat by modifying feeding formulation, while ensuring animal performances and feed efficiency, and without significantly decreasing meat sensory quality.

INTRODUCTION

Alors que l'amont de la filière bovine cherche à produire des animaux plus efficaces en cohérence avec la valorisation des ressources disponibles, les consommateurs ont des attentes spécifiques, notamment en termes de qualité sensorielle (goût et tendreté notamment) et nutritionnelle (composition en acides gras, vitamines, fer assimilable, etc.) des viandes bovines qu'ils consomment (Grunert, 2004 et 2006).

Actuellement le consommateur prête de plus en plus d'attention au lien entre les acides gras qu'ils consomment et sa santé. Or, il apparaît clairement qu'un apport accru d'acides gras polyinsaturés de la famille n-3 [AGPI n-3], et un ratio AGPI n-6 / AGPI n-3 inférieur ou égal à 5 sont bénéfiques à la santé humaine (AFSSA, 2001). En outre, l'EFSA (2010) indique que l'incidence des maladies cardiovasculaires peut être réduite en remplaçant, dans l'alimentation humaine, les acides gras saturés par des acides gras polyinsaturés.

Pour un type d'animal donné, les deux facteurs principaux influençant la composition en acides gras de la viande sont le régime alimentaire et la race (Dannenberger et al., 2009 ; Smith et al., 2009). Aussi, pour suivre ces recommandations et permettre aux populations européennes de continuer de consommer des produits animaux (viande et lait), l'enrichissement naturel de ces produits en acides gras bénéfiques pour la santé, via l'alimentation des animaux est une solution intéressante. Les rations supplémentées en graines de lin sont connues pour favoriser le dépôt des AGPI n-3 dans la viande crue comme cuite (Bauchart et al., 2005 ; Normand et al., 2005 ; Scollan et al., 2006 ; Corazzin et al., 2014).

Les résultats présentés ici concernent les effets des différentes rations supplémentées en AGPI n-3 et en antioxydants (vitamine E, extraits végétaux possédant un pouvoir antioxydant) sur les performances animales et les propriétés des carcasses et des viandes de taurillons. Réalisée à partir des animaux du programme européen « ProSafeBeef » (www.prosafebeef.eu), cette étude vise à déterminer dans quelle mesure le pilotage de l'alimentation des animaux permet d'améliorer la qualité nutritionnelle des viandes, tout en assurant le meilleur compromis possible en termes de qualité sensorielle et de performances animales.

1. MATERIEL ET METHODES

L'étude a porté sur 49 taurillons de races Limousine (Lim, n=25) et Blonde d'Aquitaine (BA, n=24). Les animaux ont été abattus à un âge moyen de 17 mois, après avoir reçu un régime témoin (T ; n=11) ou bien l'un des trois régimes expérimentaux (à base de graines de lin [L] n=14 ; à base de graines de lin et de vitamine E [LE] n=12 ; à base de graines de lin, de vitamine E et d'antioxydants végétaux [LEAO] n=12).

Leur efficacité alimentaire (*Feed Conversion Efficiency* [FCE = gain moyen quotidien [GMQ]/matière sèche ingérée [MSI]) a été calculée sur leur période de production. Avant abattage, l'âge [AGE] et le poids vif ont été relevés [PV]. A l'abattage, différentes caractéristiques des carcasses ont été enregistrées : le poids de carcasse [PC], la composition de la carcasse en muscle [MUca] et gras [Gca], les rendements commerciaux (poids muscle après parage et désossage / PC = [RdtC]) et vrais (PV / PC = [RdtV]).

Le muscle *Longissimus thoracis* a été prélevé 24h après l'abattage au niveau de la 6^{ème} côte, en vue de caractériser :

- 1) les propriétés physico-chimiques et sensorielles et
- 2) la valeur nutritionnelle des viandes (Tableau 1).

Les données ont été traitées par analyses factorielles multiples (3 groupes de données quantitatives correspondant aux variables de performances animales / qualité nutritionnelle / qualité sensorielle). Les facteurs race et régime ont été utilisés comme variables qualitatives illustratives. Les écarts entre

racés sur les principales variables d'intérêt ont été mis en évidence par analyse de variance. Les analyses statistiques ont été réalisées avec la procédure Rcmdr du logiciel R (package FactoMineR ; R core Team, 2014).

Tableau 1 : Variables utilisées pour caractériser les propriétés sensorielles et nutritionnelles du muscle *longissimus thoracis*

	Variables à disposition
Propriétés physico-chimiques et sensorielles	<ul style="list-style-type: none"> - Proportion des différentes isoformes de chaînes lourdes de myosine [MyHCI, MyHCIIX] - Activités des enzymes du métabolisme glycolytique (lactate déhydrogenase [LDH], phosphofructokinase [PFK]), ou oxydatif (isocitrate déhydrogenase [ICDH], cytochrome-c oxydase [COX], citrate synthase [CS]) - Coordonnées trichromatiques CIE-Lab [L*], [a*], [b*] - Teneur en collagène [CollTot] et insolubilité [CollInsol] - Teneur en lipides totaux [Lip] - Force de cisaillement [WB] - Descripteurs sensoriels de tendreté globale [TG], jutosité [JUT], saveur typique [FlavTy] et anormale [FlavAn], appréciation globale [AppGlo], teneur en résidus [Res]
Qualité nutritionnelle	<ul style="list-style-type: none"> - Part des acides gras dans les lipides totaux [AG] - Oxydation des lipides [MDA] et des protéines [Carbonyl] - Statut anti-oxydant global [SAO] - Composition en acides gras saturés [AGS], mono-insaturés [AGMI], polyinsaturés [AGPI] (exprimée en proportion des acides gras totaux) - Ratios entre acides gras - Teneurs en antioxydants de type vitamine E [VitE] et A [VitA]

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. MISE EN EVIDENCE DES RELATIONS ENTRE VARIABLES

Afin de mettre en évidence des relations générales et robustes entre les différentes variables, une première analyse factorielle multiple (AFM) a été menée sur les 3 groupes de données quantitatives (performances animales, n=10; qualité sensorielle, n=20; qualité nutritionnelle, n=20) toutes races et tous régimes confondus. Les 2 premiers axes permettent d'expliquer 35,9% de la variance. L'axe 1 discrimine les individus selon leurs propriétés nutritionnelles et sensorielles. Les variables sensorielles d'appréciation globale, de jutosité et de saveur typique évoluent en parallèle de l'adiposité des carcasses, des teneurs en lipides des muscles, et des proportions d'AG, AGS et AGMI. Elles sont négativement corrélées au ratio AGPI/AGS et aux proportions d'acides gras d'intérêt (AGPI, AGPI n-3, AGPI n-6) (Figure 1). On peut ainsi supposer que l'amélioration de la qualité nutritionnelle des viandes est difficile à mener de façon conjointe avec celle de la qualité sensorielle. Selon le type de consommateur et ses attentes, il sera néanmoins possible d'augmenter préférentiellement l'une ou l'autre de ces qualités, voire de trouver un compromis satisfaisant les différentes attentes.

L'axe 2 est quant à lui relatif aux performances animales (poids, gain, efficacité alimentaire, rendements) et à la résistance aux processus d'oxydation (VitE). Ces variables sont orthogonales aux variables représentant l'axe 1, et il sera donc possible d'améliorer conjointement les performances animales et l'une ou l'autre des qualités des viandes.

La projection des individus selon leur race sur les 2 premiers axes de l'AFM permet de mettre en évidence que l'axe 1

sépare aisément les taurillons Limousins (valeurs positives de l'axe 1) des taurillons Blonds (valeurs négatives). Les muscles des taurillons Blonds disposent ainsi d'une meilleure qualité nutritionnelle (% AGPI, AGPI/AGS et % AGPIIn-3 supérieurs ; % AGMI, % AGS, teneur en lipides, AGPIIn-6/AGPIIn-3 inférieurs). Les taurillons Blonds présentent également de meilleures performances en termes d'efficacité, de GMQ, de rendement carcasse et de part de muscle dans la carcasse. Par contre, le plus faible niveau d'engraissement des carcasses et des viandes de ces animaux a tendance à diminuer la flaveur typique et la jutosité des viandes, sans modification cependant de leur tendreté (Figure 2, Tableau 2)

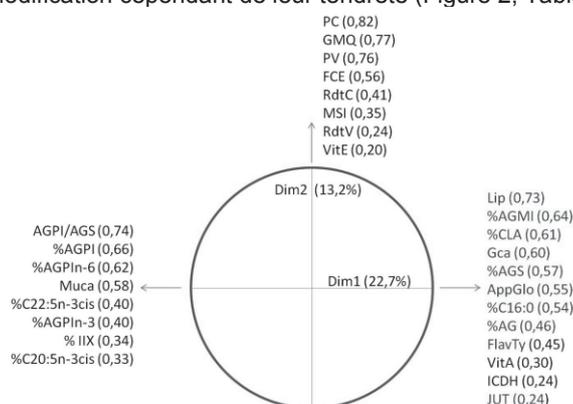


Figure 1 : Variables bien représentées sur les axes 1 et 2 de l'AFM (et valeur R²)

Seules les variables dont la valeur R² (représentant la corrélation entre la variable et l'axe) est supérieure à 0,2 sont représentées.

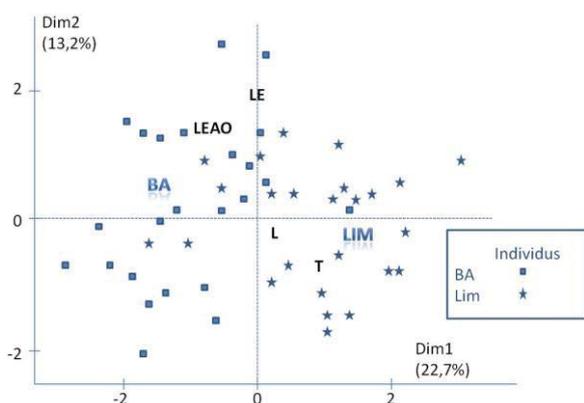


Figure 2 : Représentation des individus selon leur race sur les 2 premiers axes de l'AFM

Les points moyens pour les 2 races et les 4 régimes ont été ajoutés, ces deux variables étant utilisés comme variables illustratives.

Cette étude met en évidence des différences notables entre les races Limousine et Blonde d'Aquitaine en termes de teneur en lipides, et de composition en acides gras, confirmant les écarts de qualité nutritionnelle précédemment mis en évidence entre races, notamment entre des taurillons Simmental and Holstein (Nuernberg et al., 2005 ; Corazzin et al., 2014) et entre races laitières et allaitantes (Choi et al., 2000 ; Moreno et al., 2008). Ces écarts de compositions en acides gras peuvent aisément être reliés aux différences de teneurs en lipides. Ils semblent également pouvoir être liés à une expression différente des gènes impliqués dans le métabolisme des lipides (De Smet et al., 2004).

Quelle que soit la race considérée, on note une augmentation simultanée 1) des teneurs en acides gras dans la viande et 2) des proportions d'AGS et AGMI, au détriment des proportions d'AGPI. En effet, une forte teneur en lipides intramusculaires s'accompagne d'une forte proportion en triglycérides (composés principalement par des AGS et AGMI), relativement aux phospholipides (caractérisés par des teneurs

élevées en AGPI). Aussi, il n'est pas étonnant de constater que les muscles des taurillons Blonds, moins gras, sont aussi moins pourvus en AGS et AGMI que les muscles des taurillons Limousins et donc de qualité nutritionnelle potentiellement supérieure.

Toutes races confondues, les régimes [LE] et [LEAO] se distinguent du régime [T] par une meilleure qualité nutritionnelle (% AGPI, % AGPIIn-3 et ratio AGPI/AGS supérieurs ; teneur en lipides, % AGMI, % AGS et ratio AGPIIn-6/AGPIIn-3 inférieurs) et une meilleure résistance aux processus d'oxydation (MDA plus faible, vitamine E plus élevée), sans altération des propriétés sensorielles des viandes. Ces régimes conduisent également à des animaux plus efficaces (FCE, GMQ et part de muscle dans la carcasse plus élevés). Cependant, ces conclusions peuvent être modulées selon les races, en lien avec les écarts d'adiposité des carcasses et de teneurs en lipides des muscles.

Tableau 2 : Moyennes obtenues pour les races Blonde d'Aquitaine et Limousine pour quelques variables clefs

	Blonde d'Aquitaine	Limousine	Test
Performances animales			
FCE (g / kg MS)	152,1	139,3	***
PC (kg)	410	401	*
GMQ (g / j)	1,44	1,35	***
%MUca	75,6	74,2	***
%Gca	11,1	12,8	***
RdtC	64,4	62,8	***
Qualité nutritionnelle			
Lip (g / 100g MB)	1,17	1,52	***
%AGS	0,21	0,26	***
%AGMI	0,19	0,24	***
% AGPI	0,15	0,12	***
%AGPIIn-3	0,03	0,02	*
AGPI/AGS	0,76	0,51	***
n-6/n-3	6,74	6,20	***
VitE (µg / g MB)	1,7	2,0	*
Notes d'évaluation sensorielle (sur 10)			
FlavTy	3,64	4,02	***
Jutosité	4,59	4,75	*
TG	4,80	4,76	NS

MS : matière sèche ; MB : matière brute ;

NS : p>0,10 ; * : p<0,05 ; *** : p<0,001

2.2. INFLUENCE DU REGIME EN RACE LIMOUSINE

Lorsque l'on réalise l'AFM sur les seules données Limousines, on peut mettre en évidence des relations spécifiques à cette race. En effet, on note que l'axe 1 (contribution de 22,1%) sépare les animaux aux rendements et parts de muscle dans la carcasse élevés, ayant des viandes de qualité nutritionnelle intéressante (AGPI/AGS, %AGPI, %AGPIIn-3, %AGPIIn-6 supérieurs) des animaux à fort état d'engraissement (carcasse et muscles) ayant des muscles riches en AGS et AGMI. Sur l'axe 2 (contribution de 12,9%), on note des proximités entre les variables de tendreté, le métabolisme oxydatif (COX, CS, MyHCl), le poids, le gain de poids et l'efficacité alimentaire des animaux (Figure 2).

Le régime [LEAO] associe ainsi qualité nutritionnelle (moindre teneur en lipides ; %AGPI et SAO supérieurs) et aptitudes bouchères (rendements, part de muscle dans la carcasse et poids vif supérieurs) montrant ainsi le rôle important des suppléments en lipides et en antioxydants des rations. Le régime [LE] (et dans une moindre mesure le régime [L]) sont davantage caractérisés par des efficacités alimentaires (FCE), GMQ et qualité sensorielle (tendreté, flaveur typique, appréciation globale et jutosité) supérieurs.

Ces deux régimes sont à l'origine de carcasses et de viandes aux propriétés intéressantes. En race Limousine, ils peuvent donc être proposés en réponse au double objectif de production et de qualité des viandes.

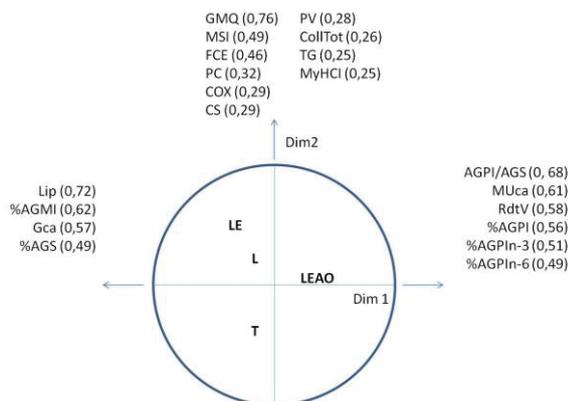


Figure 3 : Variables bien représentées sur les axes 1 et 2 de l'AFM (et valeur \cos^2 associée) pour les seuls animaux Limousins.

Seules les 10 variables les plus explicatives de chaque axe (\cos^2 décroissants) ont été représentées. Les points moyens pour les 4 régimes ont été ajoutés, cette variable étant utilisée comme variable illustrative.

2.3. INFLUENCE DU REGIME EN RACE BLONDE D'AQUITAINE

Une dernière AFM permet de révéler des spécificités à la race Blonde d'Aquitaine. Si l'axe 1 distingue les viandes selon leur valeur nutritionnelle (%AGPI, ratio AGPI/AGS supérieurs ; teneur en lipides, part d'AG, d'AGS, de C16:0 et d'AGMI inférieurs), les variables relatives aux rendements et à la composition de la carcasse (muscle, gras) sont en revanche mal représentées sur cet axe.

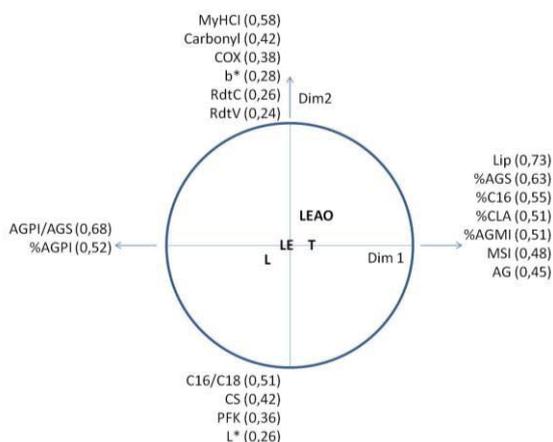


Figure 4 : Variables bien représentées sur les axes 1 et 2 de l'AFM (corrélations associées) pour les animaux Blancs.

Seules les 10 variables les plus explicatives de chaque axe ont été représentées. Les points moyens pour les 4 régimes ont été ajoutés, cette variable étant utilisée comme variable illustrative.

La composition en acides gras et la qualité sensorielle du muscle *longissimus thoracis* ne sont pas modifiées significativement par le régime alimentaire dans le cas de cette race, couramment considérée comme « maigre » en comparaison des autres races continentales (Limousine et Charolaise notamment). Le régime [LEAO] se distingue des autres régimes par une résistance accrue à l'oxydation des protéines (carbonyl) et de meilleurs rendements à l'abattage et à la découpe. Les régimes [L] et [LE] ne se distinguent pas du régime témoin de façon significative.

On peut ainsi constater que si l'impact des graines de lin et autres sources alimentaires riches en AGPIIn-3 a été largement décrit chez le taurillon (Geay et al., 2001 ; Scollan et al., 2005), on note néanmoins un impact plus ou moins marqué en fonction des races considérées, l'écart étant davantage visible lorsque les animaux sont plus gras.

CONCLUSION

Il ressort de ce travail qu'il est effectivement possible de moduler favorablement la qualité nutritionnelle des viandes par le régime alimentaire des animaux, tout en assurant des performances de carcasse et une efficacité alimentaire adéquates, ceci sans dégrader significativement les propriétés sensorielles des viandes. Ceci est d'autant plus vrai que les animaux sont plus gras. Ce travail n'a cependant porté que sur deux races continentales, et mériterait d'être poursuivi sur des races reconnues pour leur adiposité (races anglo-saxonnes ou races laitières).

Ce travail fait partie du programme européen ProSafeBeef. Les auteurs remercient Pascal Faure (INRA UERT, Theix) pour le suivi des animaux, Karine Méteau (INRA, Le Magneraud) pour les évaluations sensorielles, ainsi que l'ensemble des personnes engagées dans ce programme pour la collecte des données et leur mise à disposition.

- AFSSA 2001. Tec et Doc Éditions, 3^{ème} édition 2001.
 Bauchart, D., Gladine, C., Gruffat, D., Leloutre, L., Durand, D. 2005. In Hocquette, J.F., Gigli, S. (Editors), Indicators of milk and beef quality, Wageningen Pers, Wageningen, 431-436.
 Choi, N.J., Enser, M., Wood, J.D., Scollan, N.D. 2000. Anim. Sci. 71, 509-519.
 Corazzin, M., Bovolenta, S., Sacca, E., Bianchi, G., Piasentier, E. 2014. J. Anim. Sci. 91, 405-412.
 Dannenberger, D., Nuernberg, K., Nuernberg, G. 2009. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 111, 553-56
 De Smet, S., Raes, K., Demeyer, D. 2004. Anim. Res. 53, 81-98
 EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies 2010. EFSA J. 8:1461.
 Geay, Y., Bauchart, D., Hocquette, J.F., et al. 2001. Reprod. Nutr. Dev. 41 : 1-26
 Grunert, K.G. 2006. Meat Sci. 74:149-160.
 Grunert, K.G., Bredahl, L., Brunso, K. 2004. Meat Sci. 66:259-272.
 Moreno T., Keane M.G., Noci F., Moloney A.P., 2008. Meat Sci. 78, 157-169.
 Normand, J., Bastien, D., Bauchart, D., et al. 2005. Renc Rech Ruminants 12:359-66.
 Nuernberg, K., Dannenberger, D., Nuernberg, G., Ender, K., Voigt, J., Scollan, N.D., Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I. 2005. Livest. Prod. Sci. 94, 137-147.
 R core Team 2014. <http://www.R-project.org/>
 Scollan, N., Richardson, I., De Smet, S., et al. 2005. In Hocquette, J.F., Gigli, S. (Editors), Indicators of milk and beef quality, Wageningen Pers, Wageningen, 151-62.
 Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A., 2006. Meat Sci. 74:17-33.
 Smith, S.B., Gill, C.A., Lunt, D.K., Brooks, M.A. 2009. J. Anim. Sci. 22:1225-1233.