VIANDES & PRODUITS CARNÉS

LA REVUE FRANÇAISE DE LA RECHERCHE EN VIANDES ET PRODUITS CARNÉS

HORS-SÉRIE

JSMTV

15èmes Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes

Clermont-Ferrand

4 ET 5 NOVEMBRE 2014

Les 15èmes Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes

Le rendez-vous des scientifiques et professionnels de la viande et des produits carnés

EDITO

Un évènement incontournable depuis plus de 30 ans

Les JSMTV réunissent depuis plus de 30 ans l'ensemble des acteurs de recherche-développement sur le muscle, la viande et les produits carnés dans les pays francophones. Les chercheurs et les ingénieurs des différents Instituts de Recherches, Centres et Instituts Techniques de France et des pays francophones prennent en effet plaisir à se retrouver (tous les deux ans maintenant) pour échanger autour des derniers résultats de recherche concernant les produits carnés.

Les cinq premières éditions des JSMTV (1977, 1983, 1985, 1988, 1990) ont été organisées à Paris, puis ont connu une phase d'interruption pour l'organisation du Congrès international ICoMST (International Congress of Meat Science and Technology) à Clermont Ferrand en 1992 (à noter que ce congrès international de grande renommée sera de nouveau organisé à Clermont-Ferrand en 2015). Les JSMTV ont ensuite été décentralisées en 1996 à Clermont- Ferrand et organisées à tour de rôle par un des membres du « Pôle Viande ».

Depuis, le « Pôle Viande » s'est organisé en GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique). Toutes les informations sur le GIS « Muscle Viande et Produits Carnés » (GIS MVPC) sont disponibles sur le site https://www6.inra.fr/gis-viande. Les compétences et les activités du GIS MVPC concernent la formation et la recherche-développement pour toutes les espèces (bovins, ovins, porcins, volailles), et couvrent l'ensemble de la filière, de l'élevage à la consommation des viandes et produits carnés. L'actuelle convention du GIS se termine fin 2014.

Les actes des éditions précédentes des JSMTV sont disponibles sur le site http://www.jsmtv.org/archives.htm et publiés sous la forme d'un numéro spécial de la revue « Viandes et Produits Carnés » (www.viandesetproduitscarnes.fr/). La dernière édition des JSMTV, dont l'organisation a été portée par l'Institut de l'Elevage sous l'égide du GIS MVPC s'est déroulée à Caen.

Un programme scientifique adapté aux attentes des professionnels

Pour leur 15ème édition, les JSMTV ont eu lieu dans les locaux de VetAgro Sup à Clermont-Ferrand et ont évolué tant sur le fond que sur la forme :

• Sur le fond, les 15èmes JSMTV ont été portées par l'ensemble des acteurs de R&D du secteur viande rassemblés au sein du GIS « Muscle, Viandes et Produits Carnés » et non pas par un partenaire spécifique du GIS. Elles ont donc été donc organisées conjointement par neuf partenaires : l'INRA, Polytech, VetAgro Sup, l'ADIV, l'Institut de l'Elevage, l'IFIP, l'ITAVI, le CTCPA, et le CIV.

De plus, a été affichée une forte volonté de favoriser la discussion et les échanges entre les acteurs R&D et les professionnels des filières viandes, de la production à la consommation.

• Le programme des JSMTV a également évolué pour tenir compte des attentes des professionnels. Ainsi, après une conférence introductive intitulée « Les filières viande face à leurs défis. Quelle vision pour demain ? » par Anne Mottet de la FAO, cinq thématiques ont été retenues :

- « Empreinte environnementale de la viande et des produits carnés » (animateur : JB Dollé, Institut de l'Elevage)
- « Compétitivité économique des filières viandes » (animateur : P Chotteau, Institut de l'Elevage)
- « La place de la viande dans la nutrition humaine »(animateur : J Mourot, INRA)
- « Efficience et qualité de l'abattage, des découpes et des transformations » (animateur : JD Daudin, INRA)
- « Différenciation de l'offre par la qualité » (animatrice : C Evrat-Georgel, Institut de l'Elevage)
- « Viande et société, déterminants de la consommation de viande » (animateur : PM Rosner, Centre d'Information des Viandes)

Chaque session a été introduite par un témoignage présentant le point de vue d'un acteur représentatif de la filière. Une conférence plénière a présenté l'état de l'art sur le thème de la session. Enfin, des communications courtes ont été présentées sous forme orale ou affichées pour faire connaitre les derniers résultats de la recherche.
La session « Viande et société, déterminants de la consommation de viande » a été traitée sous la forme d'une table ronde avec des intervenants du monde académique et du monde professionnel.

Les JSMTV en quelques chiffres : une centaine d'intervenants pour 240 participants

Pour la première fois également, les JSMTV ont été sponsorisées par de nombreuses institutions de R&D, par des entreprises du secteur viande ou d'autres secteurs (http://jsmtv2014.com/index.php/sponsors-partenaires).

Plus de 40 annonces de ces journées ont été faites sur les sites des partenaires, diverses newsletters et sur les réseaux sociaux (Facebook, linkedin, Viadeo, etc).

Cette 15ème édition a été résolument internationale car nous avons eu le plaisir d'accueillir une délégation chinoise du centre franco-chinois sur la production de viande de bœuf, en plus des délégations des pays francophones.

Au total, en plus des conférences plénières, plus de 80 communications courtes ont été proposées et 33 propositions de travaux ont été retenues pour une présentation sous forme de communications orales, les autres ayant été présentées sous forme de posters.

Ce recueil comporte l'ensemble des communications, les 8 conférences ayant fait l'objet d'un numéro spécial de la revue Viandes et Produits Carnés qui a été publié en simultané sur le web.

Plus de 240 participants ont participé à cet événement majeur de la Recherche & Développement francophone dans le secteur des viandes. Parmi eux, figurent des représentants de grandes entreprises du secteur des viandes et 15 scientifiques et professionnels chinois.

Le comité d'organisation des JSMTV vous remercie de votre contribution aux 15èmes Journées des Sciences du Muscle et Technologie des Viandes.

Jean-François Hocquette
Président des comités d'organisation et scientifique des 15èmes JSMTV.
Président du Conseil Scientifique et Innovations du GIS « Muscle Viande et Produits Carnés »
Editeur scientifique de la revue « Viandes et Produits Carnés »

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Le Comité Scientifique des JSMTV 2014 :

Abderrahmane AÏT-KADDOUR - VetAgro Sup, Clermont-Ferrand
Cécile BERRI - INRA Tours, Filière Volailles
Marie BOURIN - ITAVI
Jean-Dominique DAUDIN - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Procédés
Christophe DENOYELLE - Institut de l'Elevage
Bernard FOSTIER - IFIP
Michel HEBRAUD - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Microbiologie
Jean-François HOCQUETTE - GIS Muscle Viande et Produits Carnés - INRA Theix/Clermont-Fd, Herbivores
André LEBERT - GIS Muscle Viande et Produits Carnés - Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand
Florence LEFEVRE - INRA Rennes, Filière Poissons
Aurélie LUCAN - CTCPA
Laurent MEUNIER - Vigie-Viande/VPC
Philippe MICHAUD - GIS Muscle Viande et Produits Carnés
Jacques MOUROT - INRA Rennes, Filière Porcine
Alain PEYRON - ADIV
Brigitte PICARD - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Filière Bovine
Didier REMOND - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Nutrition
Pierre-Michel ROSNER - CIV

Le Comité d'organisation des JSMTV 2014 :

Abderrahmane AÏT-KADDOUR - VetAgro Sup, Clermont-Ferrand
Nicolas BARRIERE - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Gestion
Annabel BARTHELEMY - VetAgro Sup, Clermont-Ferrand
Cécile BERRI - INRA Tours, Filière Volailles
Sandrine COUYRAS - VetAgro Sup, Clermont-Ferrand
Michel HEBRAUD - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Microbiologie
Jean-François HOCQUETTE - GIS Muscle Viande et Produits Carnés - INRA Theix/Clermont-Fd, Herbivores
André LEBERT - GIS Muscle Viande et Produits Carnés - Université Blaise Pascal Clermont-Ferrand
Florence LEFEVRE - INRA Rennes, Filière Poissons
Aurélie LUCAN - CTCPA
Philippe MICHAUD - GIS Muscle Viande et Produits Carnés
Jacques MOUROT - INRA Rennes, Filière Porcine
Brigitte PICARD - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Filière Bovine
Stéphane PORTANGUEN - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Procédés
Didier REMOND - INRA Theix/Clermont-Ferrand, Nutrition
Pierre-Michel ROSNER - CIV

Les partenaires des JSMTV 2014 :

GIS Muscle, Viandes et Produits carnés

Ils apportent leur soutien financier aux JSMTV 2014 :

DPT PHASE

UMRH

ANR PRONUTRIAL

QuaPA

DPT Génétique animale

Les professionnels sponsorisent les JSMTV 2014 :

LFA LESAFFRE FEED ADDITIVES
A LESAFFRE DIVISION

CENTRE FRANCE
Banque Assurance Immobilier

Volvic EAU MINÉRALE NATURELLE

Allflex

CHARAL

McKey FOOD SERVICE S.A.R.L.

GENES DIFFUSION
Nous innovons, vous progressez.

interbev
INTERPROFESSION BÉTAIL & VIANDE

casden
BANQUE POPULAIRE

Les professionnels sponsorisent les JSMTV 2014 :

HIFTALIM

Confédération Nationale de l'Elevage

CNE

L'institut LA MAISON DU CHAROLAIS

FOSS

Dedicated Analytical Solutions

idena

LA NUTRITION ANIMALE INNOVANTE PAR NATURE

TROUVERLEBONTAUREAU.COM

JSMTV

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

LES COMMUNICATIONS COURTES

TABLE DES MATIÈRES

Empreinte environnementale de la viande et des produits carnés

Communications courtes

Variabilité des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'énergie fossile et des résultats économiques en élevage bovin viande : analyse des résultats de 59 fermes.
P. Veysset, M. Lherm, D. Bebin, M. Roulenc et M. Benoit 1

Empreinte carbone du jeune bovin Franco-Italien
A. Gac et L. Boselli 3

Co-produits générés par la production de viande : la question des allocations d'impacts environnemetnaux
C. Lapasin et A. Gac 5

Impacts environnementaux de produits carnés et améliorations possibles
F. Pernollet, J. Thornes et H. Van Der Werf 7

Evaluation des potentiels de réduction de l'impact carbone de différents scénarios alimentaires prenant en compte la biodisponibilité de certains nutriments
T. Barre, G. Ferrari, G. Masset, L. Vieux et N. Darmon 9

Posters

Mesures biométriques et pondérales et niveau de contaminants métalliques en plomb et en cadmium du tilapia Sarotherodon melanotheron en milieu naturel au Bénin
A.K.I. Youssao, F.A. Salifou Chakirath, B. Hangnilo, O. Amoussou et A. Toguyeni 11

Les rations d'engraissement de taurillons : éléments d'évaluation de la durabilité
M. Doreau, H. Van Der Werf, . Nguyen, C. Martin, D. Bauchart, M. Lherm, D. Micol et M.M. Mialon 13

Evaluation des rejets d'azote vers l'environnement chez le jeune bovin en engraissement par une approche isotopique
G. Cantalapiedra-Hijar, H. Fouillet, C. Khodorova, C. Chantelauze, Y. Huo, V. Largeau, B. Sepchat, J. Agabriel et I. Ortigues-Marty 15

Emissions de gaz à effet de serre dans les systèmes bovin viande naisseurs et naisseurs engraisseurs en France
J.B. Dolle et J. Agabriel 17

Compétitivité économique des filières viandes

Communications courtes

Diagnostic de compétitivité des filières volaille de chair européennes et françaises
R. Chenut, P. Magdelaine et G. Coutelet 19

Analyse et déterminants de l'évolution des performances d'élevages allaitants (bovins et ovins) en zones défavorisées de 1990 à 2012.
P. Veysset, M. Benoit, G. Laignel, D. Bebin, M. Roulenc et M. Lherm 21

Viande bovine, broutards : quelles exportations françaises vers le marché italien à l'horizon 2016 ?
C. Monniot, J.M. Chaumet et P. Chotteau 23

Comparaison mondiale des coûts de production dans différents cas types d'ateliers d'engraissement
C. Pineau et E. Sanne 25

Evaluation des élasticités-prix de la demande des produits d'origine animale en France entre 1999 et 2009.
C. Boizot-Szanzai et P. Sans 27

Posters

Approche de la compétitivité de la filière viande bovine Algérienne
M. Sadoud, F. Chehat et H. Sadoud 29

Compétitivité de l'abattage-découpe de porc Comparaison entre la France et les différents pays de l'UE
M. Roussillon et B. Duflot 31

PAC - Bovin viande : une remise à plat des soutiens qui ne résoud rien aux problèmes structurels de revenu des élevages
X. Buczinski, X. Madrange et C. Pineau 33

Viande et société, déterminants de la consommation de viande

Communications courtes

Les controverses sur l'élevage en France en 2013, signe d'un débat indispensable avec la société
C. Roguet et E. Delanoue 35

Attitudes de consommateurs de viande bovine vis-a-vis du bien-être animal : une comparaison régionale dans la zone pyreneenne
P. Sans et I. Sanjuan 37

Les conditions territoriales comme frein ou moteur pour le développement des démarches collectives de valorisation de la viande

bovine en Auvergne
S. Chabrat 39

Quels atouts, obstacles & enjeux à la consommation de viandes par les populations seniors ?
C. Vigier-Souvignet et P.M. Rosner 41

Posters

La viande rouge dans la Wilaya de Batna : production et consommation
N. Hafid et T. Meziane 43

Production, commercialisation et consommation du lapin de chair en Algérie
L. Mezali, X. Saidj et F. Mebkhout 45

Faisabilité d'utiliser un système pour évaluer en temps réel la perte de conscience des bovins et ovins en abattoir
S. Vialter 47

Caractéristiques de l'activité bouchère dans la région Algérienne
M. Sadoud, F. Chehat et H. Sadoud 49

Démarche de concertation entre l'interprofession bétail et viande (INTERBEV) et des associations de protection de l'environnement : un exemple de dialogue sociétal
C. Guinot, D. Daul et B. Dufayet 51

La place de la viande dans la nutrition humaine

Communications courtes

Prédiction de la composition en acides gras des carcasses bovines par spectroscopie proche infrarouge : choix du site de mesure
J. Normand, . Cartes, M. Ferrand, . Manceau, G. Mairesse, D. Durand, C. Guillon, D. Gruffat, J.-F. Le Page, J.-M. Goujon, X. Keroas et G. Chesneau 53

Les traitements culinaires : incidences sur la qualité nutritionnelle des viandes de boucherie
G. Gandemer, C. Duchene et A. Kondjoyan 55

Comment mesurer les aldehydes impliqués dans la promotion du cancer colorectal par les viandes rouges ?
C. Chantelauze, M. Gobert, O. Martin, C. Joly, E. Pujos, F. Pierre et D. Durand 57

Une teneur en graisse élevée dans un produit carné bovine transforme l'acide ascorbique d'un antioxidant á un pro-oxidant pendant de la digestion in vitro
T. Van Hecket , E. Vossen, E. Claeys et S. De Smet 59

Les 3 points forts des protéines de la viande : composition en acides aminés, digestibilité et vitesse de digestion
D. Rémond, C. Duchene, M.-L. Bax, N. Hafnaoui, M. Oberli, X. Sante-Lhoutellier et C. Gaudichon 61

Posters

Influence du sexe et de la race sur les lipides de viande de dromadaire en Algerie
N. Sahraoui, O. Dotreppe, X. Errahmani, X. Guetarni et X. Hornick 63

Formulation et fabrication d'une conserve carnée au Lycopene des tomates
A. Djamel et L. Safia 65

Composition nutritionnelle des acides gras de la viande de bovins de races locale et importée élevés sur du pâturage herbeux
K. Bouderouak, M. Elaffifi, C. Perrier, G. Robin et J. Mourot 67

Prédiction du profil en acides gras de la bavette de flanchet par spectroscopie proche infrarouge
G. Mairesse, E. Certenais, J. Normand, M. Ferrand, D. Durand, C. Guillon, Y. Leguillon et N. Kerhoas 69

Impact de l'environnement gastrique sur la dégradation de la myoglobine et la libération du fer
L. Aubry, P. Gatellier, M. Gobert, C. Chambon et X. Sante-Lhoutellier 71

Effet de l'acide linolénique alimentaire sur la composition en acides gras des lipides neutres et polaires dans le muscle de lapin
F. Benatmane, G. Robin et J. Mourot 73

Amélioration de la qualité nutritionnelle des produits transformés du porc en relation avec l'alimentation des animaux.
J. Mourot, J. De Tonnac, M. Azzopardi, J.L. Le Noc, G. Robin et C. Perrier 75

Pour la viande en tranche, l'efficacité masticatoire a plus d'impact que le mode de cuisson sur la biodisponibilité des acides aminés
M.A. Peyron, M.-L. Bax, X. Brustel, X. Salel, X. Sebedio, N. Hafnaoui, X. Buisson, X. Buffiere et X. Remond 77

Efficience et qualité de l'abattage, des découpes, et des transformations

Communications courtes

Gestion de la propreté des ovins avant l'abattage dans quelques pays de la communauté Européenne
C. Evrat-Georgel 79

ARMS - un système robotique multi-bras pour la séparation de muscles.
M. Alric, F. Stephan, O. Ait-Aider, B.-C. Bouzgarrou, P. Long et P. Martinet 81

Jambons secs à teneur réduite en sel : minimiser les risques de protéolyse par l'aménagement des procédés et par la formulation
E. Parafita, A. Lebert et P.-S. Mirade 83

Évaluation de l'impact de mélanges de substituts de sel sur le bœuf bourguignon appertisé
A. Lucan 85

Effet de la réduction en chlorure de sodium et en gras sur la proteolyse et la texture de saucissons secs
H. Safa, P. Gatellier, L. Picgirard et P.-S. Mirade 87

Comportement des germes sporulés aérobies (Bacillus) dans un produit de charcuterie, le chorizo - Impact de la réduction de la teneur en sel en présence et en absence de substituts
C. Denis, A. Hanin, V. Stahl et S. Christieans 89

Stabilité oxydative des viandes Blanc Bleu Belge conditionnées sous atmosphère riche en oxygène après maturation sous vide ou en carcasse
P. Imazaki, C. Douny, M.-L. Scippo et A. Clinquart 91

Posters

Impact des hautes pressions sur l'oxydation des lipides de viande de porc en présence de sel et de nitrite de sodium
C. Guyon, F. Duranton, L. Pottier et M. De Lamballerie 93

La spectroscopie de fluorescence frontale : un outil rapide pour le suivi de la fraîcheur du poisson
A. Hassoun et R. Karoui 95

Etude expérimentale de la croûte - une zone clé pour le développement de la flaveur et de la saveur des viandes
S. Portanguen, P. Ikonic, X. Clerjon et A. Kondjoyan 97

Réduire le taux de sel dans les produits carnés par optimisation du procédé de barattage et le choix du sel
J.-F. Le Page, A.E. Le Minous, P. Durosset et M. De Lamballerie 99

Qualité microbiologique et physicochimique d'un saucisson sec ensemencé par des souches autochtones
I. Essid, S. El Adab et H. Mnasser 101

Evaluation de la production des radicaux libres dans les conditions physicochimiques de la viande transformée
K. Oueslati, J.D. Daudin et P. Gatellier 103

Prédiction de la tendreté de la viande d'agneau par pénétrométrie
S. Becila, K. Hafid, M. Gagaoua, A. Boudjellal, A. Agli et A. Ouali 105

Elaboration et évaluation de nouvelles découpes de porc destinées à la vente au consommateur
E. Parafita et C. Chenille 107

Sensibilité au transport : évolution de la qualité de la viande de dinde - Caractérisation et fréquences des viandes PSE
H. Boukhris, T. Najar, C. Damergi et A. Samet 109

Impact des sollicitations mécaniques appliquées aux viandes lors du saumurage-malaxage sur la solubilité des protéines
D. Sharedeh, R. Favier, P. Gatellier et J.D. Daudin 111

Comportement mécanique de deux muscles du jambon pendant le malaxage
R. Favier, D. Sharedeh, V. Osswald et J.D. Daudin 113

Développement d'un modèle de Jambon sec numérique
R. Harkouss, C. Chevarin, J.D. Daudin et P.-S. Mirade 115

Communications courtes

Comparaison de méthodes d'évaluation de la qualité de la carcasse chez les bovins par méta-analyse
M. Al-Jammas, J. Vernet, J. Agabriel et I. Ortigues-Marty 117

L'imagerie appliquée à la mesure de composition en tissus de la 6ème côte du bovin
B. Meunier, M. Bonnet, B. Picard, I. Ortigues-Marty, J. Agabriel, A.E. De La Torre, B. Sepchat et D. Micol 119

Construire de nouvelles méthodes d'analyse sensorielle pour apprécier les produits carnés ovins et bovins aquitains sous label rouge
M.-P. Ellies-Oury, G. Rousseau, S. Papillon, A. Dauvergne, J.M. Arranz, X. Recondo, H. Jacob et D. Micol 121

Les lignées isogéniques : un modèle d'étude de la qualité chez les truites arc-en-ciel
F. Lefevre, T. Kerneis, M. Dupont-Nivet, B. Lebret, L. Labbe, E. Quillet et J. Bugeon 123

Des biomarqueurs aux équations de prédiction des qualités sensorielles de la viande de vaches de réforme
B. Picard, D. Micol, N. Dunoyer, V. Hardit, C. Denoyelle, G. Renand, I. Cassar-Malek, L. Journaux et C. Capel 125

Quels sont les facteurs de risque qui favorisent l'apparition de l'oxydation des brochettes de dinde ?
C. Berri, A. Maudouit, X. Baeza, E. Godet, A. Mika, P. Chartrin et M. Bourin 127

Validation d'un indicateur qualité quantitatif pour les produits de type 'rillette' : granulométrie des marquants de muscle par analyses histologiques
L. Sifre-Maunier, X. Coatelen, B. Andre et J.-P. Coton 129

Posters

La classification communautaire des carcasses bovines reflète peu la qualite des viandes en bouche
S. Bonny, J.-F. Hocquette, I. Legrand, R. Polkinghorne , J. Wierzbicki, P. Allen , D. Pethick et G. Gardner 131

Relations entre les pratiques d'élevage et les caractéristiques de la carcasse et du muscle Longissimus thoracis chez les bovins allaitants
J. Soulat, B. Picard et V. Monteils 133

Relations génétiques entre qualités des carcasses et qualités des viandes de vaches adultes et celles de taurillons en race bovine charolaise
C. Aviles, A. Vinet, R. Saintilan, B. Picard, M.P. Oury, R. Dumont, D. Krauss, D. Maupetit et G. Renand 135

Effet de la teneur en lipides sur le profil en composés volatils et la sensibilité à l'oxydation de la viande de canard
P. Chartrin, J. Ratel, E. Engel, M.D. Bernadet, T. Bordeau, E. Godet et X. Baeza 137

Qualités sensorielles de la viande et stress oxydant en race angus
M. Gagaoua, D. Durand, D. Micol, X. Sante-Lhoutellier, C. Terlouw, M.P. Oury, A. Boudjellal, J.-F. Hocquette et B. Picard
139

Caractéristiques musculaires des taureaux de races lagunaire, borgou et zébu peuhl élevés sur pâturages naturels au Bénin
F.A. Salifou Chakirath, I. Houaga, B. Picard, D. Micol et A.K.I. Youssao 141

Influence de la topographie des pâturages alpins sur les fibres musculaires chez les bovins
I. Gangnat, P. Silacci, M. Kreuzer, A. Dufey, F. Leiber et J. Berard 143

L'inactivation de la protéine HSP27 pour comprendre les mécanismes de tendreté de la viande bovine
M. Kammoun, B. Picard, T. Astruc, C. Barboiron, C. Chambon, C. Blanquet et I. Cassar-Malek 145

Impact d'une sélection divergente sur le pH ultime sur les qualités nutritionnelles et sensorielles du filet du poulet
N. Alnahhas, E. Le Bihan-Duval, X. Baeza, M. Chabault, T. Bordeau, P. Chartrin, K. Meteau et C. Berri 147

Efficacité alimentaire et qualité des viandes bovines : une première étape vers une approche zootechnique intégrée
M.-P. Ellies-Oury, D. Durand, A. Listrat, D. Gruffat, G. Cantalapiedrea-Hijar, M. Bonnet, I. Cassar-Malek, I. Ortigues-Marty, J. Vernet, D. Micol et B. Picard 149

Performances et qualité de la viande de taurillons recevant des régimes riches en concentré à base de parois ou d'amidon et lipides
M.M. Mialon, I. Ortigues-Marty, D. Bauchart, G. Renand, L. Mounier, T. Noel, D. Micol et M. Doreau 151

Biomarqueurs de tendreté et d'adiposité des viandes de l'AOP Maine Anjou
B. Picard, S. Couvreur, C. Barboiron, J. Huant, N. Dunoyer, G. Aminot, A. Valais et M. Bonnet 153

Effet de conduite en bergerie ou sur parcours sur la qualité de la viande des agneaux de trois races d'Afrique du Nord
H. Hajji, M. Mahouachi, C. Saidi, M. Ben Amouda et N. Atti 155

Utilisation de la spectroscopie dans le proche infra-rouge pour prédire la composition du tissu conjonctif de la viande bovine. Résultats préliminaires
A. Listrat, D. Durand, D. Micol et D. Andueza 157

Croissance et nature des dépôts de jeunes bovins charolais recevant en engraissement des rations à base d'enrubannage ou d'ensillage de maïs
B. Sepchat, I. Ortigues-Marty, P. Faure et J. Agabriel 159

Composition et stabilité des lipides de la viande d'agneaux engraissés en bergerie ou sur un parcours amélioré par la medicago arborea
H. Hamdi, L. Majdoub-Mathlouthi, D. Durand, A. Thomas et K. Kraiem 161

Différenciation du porc frais par la segmentation des produits : profil des consommateurs, situation de l'offre et pistes de développement innovantes
V. Legendre, P. Le Strat et F. Delobel 163

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Session
« Empreinte environnementale de la viande et des produits carnés »

VARIABILITE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE, DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE FOSSILE ET DES RESULTATS ECONOMIQUES EN ELEVAGE BOVIN VIANDE : ANALYSE DES RESULTATS DE 59 FERMES.

VEYSSET P. (1,2), LHERM M. (1,2), BEBIN D. (1,2), ROULENC M. (1,2), BENOIT M. (1,2)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GENÈS-CHAMPANELLE,
(2) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMRH, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND

patrick.veysset@clermont.inra.fr

Abstract: Greenhouse gas emissions, fossil energy consumption and farm economics in French suckler beef farms.
The objective of this study was to co-assess the environmental impacts and economic performances of French beef-suckler production systems based on commercial farm data (59 Charolais suckler cattle farms). The main variables impacting greenhouse gas (GHG) emissions and non-renewable energy (NRE) consumption per kg of beef produced were (i) animal productivity, (ii) farm size, and (iii) degree of specialization in beef production. The large, mixed crop–livestock farms had a more negative environmental impact than the moderate sized, specialized (beef production) farms. Through better animal productivity performances and lower use of inputs, the less-GHG-emitting farms also generated higher income per worker (+30%) while consuming less NRE. Our findings argue against the idea that size and diversification bring economic and environmental economies of scale and scope in suckler-beef production systems.

Introduction

L'objectif de cette étude est de réaliser une évaluation conjointe des impacts environnementaux (émissions de gaz à effet de serre : GES et consommation d'énergie non renouvelable : ENR) et des résultats économiques de fermes commerciales en production bovin viande (Veysset et al., 2014a). Disposant des données de structure, techniques et économiques de 59 fermes d'un réseau d'élevage bovin allaitant Charolais, nous avons évalué les émissions de GES et les consommations d'ENR par la méthode d'analyse de cycle de vie (Vries and Boer, 2010). La variabilité et les déterminants des résultats des gaz émis et des postes consommateurs d'ENR ont été étudiés. Une analyse systémique nous a permis de comparer les fermes les moins émettrices de GES avec les plus émettrices.

Matériels et méthodes

La base de données : le réseau d'observation d'élevages INRA. Les données sont issues de 59 exploitations bovin allaitant du bassin Charolais (Veysset et al., 2014b). Les données des années 2010 et 2011 sont compilées en un seul échantillon de 118 observations. La surface moyenne de ces fermes est de 169 ha dont 84% de surface fourragère (98% herbe). Avec 171 Unité Gros Bovins, le chargement moyen est de 1,20 UGB/ha SFP. Ces exploitations sont principalement naisseurs, seul 37% des animaux y sont engraissés et vendus gras.

Emissions de GES et consommation d'ENR. Les émissions de GES et les consommations d'ENR pour la production d'un kg de viande vive sont évaluées selon la méthode d'analyse de cycle de vie (ACV). Les facteurs d'émission et les coefficients énergie de tous les intrants et moyens de production utilisés sont issus de l'outil GES'TIM (Gac et al., 2010), de la base Carbone ADEME et de l'outil Dia'Terre (ADEME, 2010). La séquestration du carbone selon l'utilisation des terres est prise en compte (Soussana et al., 2010) pour calculer les émissions nettes de GES (valeurs annuelles de stockage de carbone par ha prises en compte : 350 kg pour les prairies permanentes, -71 kg pour les prairies temporaires en rotation sur 7 ans et 0 kg pour les cultures annuelles). Le recueil de données complémentaires aux calculs des résultats technico-économiques annuels habituels a été nécessaire : caractéristiques du matériel, des bâtiments et installations ; mode de gestion des déjections ; temps passé en bâtiment de chaque lot d'animaux afin d'évaluer les quantités de déjection à stocker et gérer.

Allocation des impacts des charges de structure. Dans le cas des exploitations polyculture-élevages, l'impact environnemental des charges de structure doit être réparti entre l'atelier viande et l'atelier cultures de vente. Pour chaque impact nous avons effectué des régressions multiples avec en variables explicatives le nombre d'UGB et les hectares de cultures. Les coefficients obtenus fournissent une clé d'affectation à chaque atelier.

Expression et analyse des résultats. Les émissions de GES et les consommations d'ENR sont exprimées respectivement en kg eqCO_2/kg de viande vive produits (kgvv) et en MJ/kgvv. La variabilité des résultats ainsi que leurs corrélations avec des variables structurelles et techniques sont étudiées (test de Spearman). Nous avons également réalisé une analyse systémique comparée (test de Man-Whitney) du groupe des 25% exploitations les moins émettrices de GES (GES-, 29 observations) avec celui des 25% les plus émettrices (GES+, 29 observations).

Résultats

Les émissions brutes moyennes de GES sont de 12,79 kg eqCO_2/kgvv. Le premier poste d'émission est le CH_4 (66% des émissions), suivi du CO_2 (19%) et du N_2O (15%). Ces résultats bruts sont compensés à hauteur de 21% par le stockage de carbone, les émissions nettes de GES sont en moyenne de 10,06 kg eqCO_2/kgvv (mini = 7,27 ; maxi = 15,22). Les émissions nettes de GES sont corrélées négativement aux kg de viande produits par UGB (r=-0,545), positivement au chargement (r=0,320) et à l'utilisation d'engrais azotés minéraux par ha (r=0,374). Les grandes

exploitations sont plus émettrices de GES, les corrélations des GES nets avec la surface (ha de SAU) et le nombre d'UGB sont respectivement de 0,319 et 0,372. La spécialisation de l'exploitation impacte également les émissions de GES, plus une exploitation se spécialise en production bovine, plus elle est herbagère, moins elle émet de GESn/kgvv.
La consommation d'ENR par kgvv est en moyenne de 30,4 MJ (mini = 17 ; maxi = 49). Le premier poste de consommation est le carburant (35% du total), suivi par les aliments achetés (17%), les engrais (15%) et l'énergie nécessaire à la construction et la livraison du matériel (11%). Tout comme pour les émissions de GES, la taille de l'exploitation et le degré de spécialisation en production de viande bovine impactent les consommations d'ENR par kgvv : r=0,221 entre ha SAU et ENR/kgvv, r=-0,352 entre spécialisation et ENR/kgvv.
Les émissions nettes de GES et les consommations d'ENR sont positivement corrélées : r=0,569 (figure 1).

Figure 1 : Consommation d'ENR en MJ/kgvv et émissions nettes de GES en kg eqCO_2/kgvv

Figure 2 : Revenu par travailleur et émissions nettes de GES en kg eqCO_2/kgvv

Les émissions nettes de GES par kgvv des 29 exploitations les moins émettrices (GES-) sont 51% inférieures aux émissions de 29 les plus émettrices (GES+), respectivement 8,00 et 12,05 kg eqCO_2/kgvv. Les GES+ sont également plus fortement consommatrices d'ENR par kgvv (36,1 MJ/kgvv *vs* 26,6, soit +36%). Les GES+ sont significativement de plus grande taille que les GES- (surface 210 ha *vs* 144 et troupeau 221 UGB *vs* 128), ont une moindre part de surface en herbe dans leur SAU et ont un chargement 22% supérieur d'où une plus forte utilisation d'engrais azotés par ha (36 kg N/ha *vs* 12 kg). Le groupe des GES- présente des résultats zootechniques systématiquement meilleurs et produisent 18% de kg de viande vive en plus par UGB que les GES+ (342 kgvv/UGB *vs* 280) avec la même quantité de concentrés. Malgré une productivité du travail (les GES- détiennent 82 UGB/UTH contre 104 pour les GES+) et un chargement inférieurs, les GES- produisent autant de viande vive par travailleur et par ha que les GES+. Grâce à une productivité animale supérieure sans plus de charges, et malgré une taille plus petite, les exploitations les moins émettrices de GES nets par kgvv dégagent de meilleurs revenus par travailleur (29 k€/UTH *vs* 20, soit +29% ou +8500 €/travailleur). On observe donc une corrélation négative entre émissions nettes de GES et les résultats économiques (figure 2).

Discussion

Les émissions de GES et les consommations d'ENR sont des indicateurs environnementaux parmi d'autres. Il est reconnu que l'élevage bovin viande, en zone herbagère, rend des services environnementaux par la préservation et l'utilisation des prairies (biodiversité, qualité de l'eau). Les stratégies de mitigation des émissions de GES, à raisonner à l'échelle globale du système, ne doivent pas par ailleurs détériorer d'autres piliers de la durabilité des systèmes d'élevage tels que l'économie de l'exploitation.
L'observation comparée des exploitations bovin viande les plus et les moins émettrices de GES, ne met pas en évidence l'adoption de pratiques particulières. Trois ensembles se distinguent toutefois : les résultats techniques, la structure (notamment la taille) et l'assolement (la place de l'herbe). Les exploitations les moins émettrices ont de meilleurs résultats zootechniques et de productivité animale avec une utilisation moins intensive d'intrants (concentrés et engrais azotée). Ceci renvoie à la notion d'efficience globale du système de production (Beukes et al., 2010). Il apparait que les exploitations de grande taille sont moins performantes techniquement et moins efficientes dans l'utilisation des intrants.

Conclusion

Les exploitations les plus performantes techniquement, économiquement et environnementalement sont souvent les mêmes ; ce sont des exploitations qui optimisent les moyens de production et l'efficience de l'utilisation des intrants. Il s'avère que les exploitations de grande taille, mettant sur le marché de la viande bovine et des céréales semblent être moins efficaces et ne profitent donc pas des économies d'échelle liées à la taille et de gamme liées à la diversification.

Références

ADEME, 2010. Dia'terre. Version 1.0. ADEME, Paris, 523p.
Beukes P.C., Gregorini P., Romera A.J., Levy G., Waghorn G.C., 2010. Agric. Ecosyst. Environ., 136, 358-365.
Gac A., et al., 2010. GES'TIM. Institut de l'Elevage, France, 156p.
Soussana J.F., Tallec T., Blanfort V., 2010. Animal, 4, 334-350.
Veysset P., Lherm M., Bébin D., Roulenc M., Benoit M., 2014a. Agric. Ecosyst. Environ., 188, 180-191.
Veysset P., Benoit M., Laignel G., Bébin D., Roulenc M., Lherm M., 2014b. INRA Prod. Anim., 27(1), 49-64
Vries M. de, Boer I.J.M. de, 2010. Livestock Science, 128, 1-11.

EMPREINTE CARBONE DU JEUNE BOVIN FRANCO-ITALIEN

GAC A. (1), BOSELLI L. (2)

(1) INSTITUT DE L'ELEVAGE, MONVOISIN, 35652 LE RHEU CEDEX, FRANCE
(2) UNIVERSITA DEGLI STUI DI MILANO, VIA CELORIA 2, 20133 MILANO, ITALY

armelle.gac@idele.fr

Abstract
Carbon footprint of the French – Italian beef production chain

The aim of this paper was to estimate the carbon footprint of the French – Italian beef production chain. Beef production cycle was analyzed from the cradle to the Italian farm exit gate, considering each stage (inputs, cow-calf French farm, finishing Italian farm). A French case study was used to get information about the main cow-calf system exporting weaned calves to Italy, while 10 northern Italian fattening farms were monitored. Kilogram of live weight sold (LW) was chosen as a functional unit. The resulting carbon footprint (14.26 kg CO_2 eq. / kg LW) shows that French production stage represents a primary source of CO_2-eq (71%). Inputs greatly contribute to the carbon footprint of the whole chain (18.4%), with an important contribution of feed purchase (7.7%) exclusively used in the Italian system.

Introduction
Dans un contexte de préoccupation grandissante de la société, des pouvoirs publics et des acteurs économiques concernant les questions environnementales, l'empreinte carbone, qui traduit l'impact potentiel d'un produit sur le changement climatique, est l'indicateur couramment utilisé pour traduire la performance environnementale des systèmes de production.
La production française de gros bovins se caractérise par une part importante d'animaux exportés en vif, en particulier vers l'Italie (Plaine du Pô), où ils sont ensuite engraissés avant d'être abattus. L'objectif de ce papier est d'étudier l'ensemble du cycle de vie d'un jeune bovin né en France et engraissé en Italie et d'en déterminer l'empreinte carbone.

Matériel et méthodes
La production du jeune bovin (JB) est analysée sur l'ensemble de son cycle de vie, du « berceau » à la sortie de la ferme italienne avec trois étapes : l'élevage en France, le transport de la France vers l'Italie, l'engraissement en Italie.
Les broutards français sont généralement sevrés entre 8 et 10 mois dans des systèmes naisseurs basés sur l'herbe, dans les deux principaux bassins allaitants du Limousin et de Bourgogne. L'élevage français est ici étudié au travers d'un cas-type issu des Réseaux d'Elevage, représentant un système naisseur exportant des broutards repoussés de race charolaise, en système herbager de Bourgogne. Du côté italien, pour représenter le système moyen d'engraissement de JB (régimes à base de maïs ensilage et de céréales jusqu'à 18 mois), une enquête a été réalisée auprès de 10 fermes situées dans la Plaine du Pô. Les principales caractéristiques des systèmes sont exposées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Caractéristiques techniques des systèmes étudiés en France et en Italie

	Naisseur – France	Engraisseur – Italie
Nombre de têtes	191	368
UGB	120	221
SAU (ha)	100	71
Chargement (UGB/ha)	1,2	5
Période de production (jours)	345	220
Poids final des broutards et JB (kg poids vif)	362	674
Production brute de viande vive par UGB (kg/UGB) [1]	286	1388

[1] inclut les broutards et les vaches allaitantes

Le transport est estimé sur la base des distances moyennes entre la zone charolaise et celle des exploitations italiennes.
A chaque étape, les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les consommations d'intrants et de ressources sont quantifiées. La méthode d'évaluation du système français est basée sur le guide méthodologique GESTIM (Gac et al., 2011). Les GES des exploitations italiennes sont évalués grâce à une méthodologie de niveau Tier 2, basée sur celle du GIEC (2006) et incluant des paramétrages nationaux. Une attention particulière a été portée pour assurer une harmonisation du cadre méthodologique entre les deux pays, tout en permettant la prise en compte des spécificités de chaque contexte.
Dans le système français, les émissions sont ensuite allouées entre le broutard et sa mère selon une allocation biophysique (Gac et al., 2014), ce qui n'est pas nécessaire dans le système italien qui ne produit qu'un type d'animaux.

Les émissions sont ensuite ramenées à l'unité fonctionnelle qui est le kg de poids vif (kg pv) produit à la sortie de chaque système.

Résultats

Le système franco-italien de production de JB aboutit à une empreinte carbone de 14,26 kg eq. CO_2 par kg pv en sortie de la ferme italienne. A l'étape française, l'empreinte carbone du broutard est de 18,8 kg eq. CO_2 par kg pv. La contribution des différentes sources d'émission est donnée dans la figure 1. Le système naisseur français est l'étape qui contribue le plus à l'empreinte carbone (71%), en raison de la prise en compte à la fois des impacts du broutard et de ceux de sa mère pendant la période de gestion et d'allaitement du veau. Ce système extensif à la surface et basé exclusivement sur une alimentation à l'herbe affiche une productivité modeste (cf. tableau 1), ce qui explique en particulier la forte part du méthane entérique émis en France dans le bilan global rapporté au kg de viande produit (41%). Les autres postes significatifs en France sont la gestion des déjections au bâtiment et au stockage (8,8% des émissions de GES), le pâturage (9,1%) et la fertilisation (5,4% liés aux émissions au champ et 5,4% associés aux intrants achetés). En Italie, le fonctionnement du système d'engraissement plus intensif à la surface et plus productif en viande transparait dans les résultats. On note ainsi des émissions des déjections uniquement au bâtiment et stockage (3.5 %) et pas au pâturage et surtout une contribution importante liée à l'achat d'aliments (7,7%) et autres intrants dont les engrais minéraux (5,3%). Au global, l'utilisation d'intrants pèse pour 18.4% sur l'empreinte carbone finale, dont plus de 40% sont liés à l'utilisation d'aliments achetés en Italie.
La contribution du transport par voie routière entre les deux systèmes est négligeable.

Figure 1 : Postes contributeurs à l'empreinte carbone du jeune bovin né en France (Fce), engraissé en Italie (It), en kg eq. CO_2 par kg de poids vif du JB

Discussion

Le système franco-italien étudié affiche une empreinte carbone (14,26 kg eq. CO_2 / kg pv) comparable à des systèmes naisseur-engraisseurs en France (Veysset et al., 2014 : 12,79 ; Nguyen et al., 2012 : 13.23 à 13.67 ; Dollé et al., 2013 : 13,8 ; ADEME, 2014: 16,46 kg eq. CO_2 / kg pv). Les références étrangères disponibles portent sur des systèmes très contrastés, du JB irlandais (Foley et al., 2011 : 9,26 à 10 kg eq. CO_2 / kg pv) au JB américain fini en feedlot ou au pâturage (Pelletier et al., 2010 : respectivement de 14,8 à 19.2 kg eq. CO_2 / kg pv). Ces travaux montrent qu'il peut être performant environnementalement de combiner une phase d'élevage extensif à l'herbe avec une phase d'engraissement plus intensive à l'animal. Cet effet est renforcé si on tient compte de la compensation permise par le stockage de carbone sous les prairies, qui atténue dès lors une partie des émissions de méthane entérique sur la phase d'élevage.

Conclusion

Ce calcul de l'empreinte carbone du JB né en France et engraissé en Italie informe à la fois sur la contribution prépondérante de l'étape française et de l'importance de la contribution des postes d'utilisation d'intrants en Italie. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet de thèse plus large qui vise à étudier l'impact environnemental des différents types de systèmes de production de viande dans le nord de l'Italie, en lien avec les problématiques environnementales de cette région. Dans ce cadre, les autres impacts environnementaux des systèmes seront également étudiés, ainsi que l'intégration du stockage de carbone par les prairies et les structures associées.

Références bibliographiques

ADEME, 2014. AGRIBALYSE® www.ademe.fr/agribalyse/
Dollé J.-B., Faverdin P., Agabriel J., Sauvant D., Klumpp K., 2013. Fourrages, 215, 181-191
Foley, P.A., Crosson, P., Lovett, D.K., Boland, T.M., O'Mara, F.P., Kenny, D.A., 2011. Agric. Ecosyst. Environ. 142, 222–230.
Gac A., Cariolle M., Deltour L., Dollé J.B., Espagnol S., Flénet F., Guingand N., Lagadec S., Le Gall A., Lellahi A., Malaval C., Ponchant P., Tailleur A., 2010. 156 p. Institut de l'Elevage, Paris.
Gac A., Salou T., Espagnol E., Ponchant P., Dollé J-B., van der Werf H.M.G, 2014. 9th International Conference LCA of Food San Francisco, USA 8-10 October 2014.
GIEC, 2006. http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf
Nguyen TTH., H.M.G. van der Werf, M. Eugène , P. Veysset , J. Devun , G. Chesneau , M. Doreau, 2012. Livestock Science 145, 239–251
Pelletier, N., Pirog, R., Rasmussen, R., 2010. Agric. Syst. 103, 380–389
Veysset P., Lherm M., Bébon D., Roulenc M., Benoit M., 2014. Agr Ecosys Environ 188, 180-191.

CO-PRODUITS GENERES PAR LA PRODUCTION DE VIANDE : LA QUESTION DES ALLOCATIONS D'IMPACTS ENVIRONNEMETNAUX

LAPASIN C. (1), GAC A. (1)

(1) CELENE, 75012 PARIS, FRANCE
(2) IDELE, 35 650 LE RHEU, FRANCE

c.lapasin@celene.fr

Abstract
Co-products from meat processing: the allocation issue

The environmental impact assessment, generally based on Life Cycle Analysis methodology, of the agricultural activities is legitimate, but it is a matter currently being developed; some methodological steps are still being discussed. The allocation of the impacts between the various parts of the animal after slaughtering is one of the tricky points. This point was investigated by a study led in 2011 on the basis of six case studies (six different animal species). The comparative analysis of various allocation options have led to recommend the use of physical allocation based on physic-chemical content.

Introduction
L'évaluation de l'impact environnemental des produits alimentaires à travers l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est un sujet en développement et certaines questions méthodologiques sont en discussion. L'allocation des impacts entre la viande et les différents co-produits de l'animal après abattage (graisses, os, abats non destinés à la consommation humaine, peau, etc.) en est une. Ces coproduits peuvent représenter jusqu'à 60% du poids de l'animal vif et sont des matières premières pour les secteurs économiques aval (productions de gélatine, maroquinerie, pet food, fertilisation, etc.).
Les lignes directrices internationales et les normes peuvent aider à résoudre cette question. La norme ISO 14044 suggère d'éviter les allocations chaque fois que cela est possible, en (1) subdivisant un procédé multifonctionnel en sous-procédés, ou par (2) l'extension du système en tenant compte des fonctions des co-produits. Puis quand l'allocation ne peut être évitée, en préférant une règle d'allocation basée sur (3) une relation physique liée à la fonction des co-produits à (4) d'autres relations, tels que la valeur économique. (5) Plusieurs de ces options peuvent être mixées. Aussi la filière viande a commandité une étude, remise en 2012, pour analyser la question des allocations pour les co-produits carnés. Elle a pour but de mieux définir les coproduits animaux, d'explorer les différentes procédures d'allocation et de fournir des recommandations pour le secteur de la viande.

Matériel et méthodes
L'étude concernait l'abattage et la découpe dans le secteur de la production de viande et portrait sur 6 espèces animales : bœuf, porc, veau, agneau et lapin.
Les co-produits générés sont les produits alimentaires et les Sous-Produits Animaux (SPA), parmi lesquels les SPA C1, C2 et C3 qui sont définis selon les règles du règlement N°CE/1069/2009. Ils sont regroupés par famille d'usage : les SPA C3 pour la production de Protéines Animales Transformées (PAT) C3 et graisses C3 ; os de catégorie 3 pour la gélatine ; graisse brute pour la production d'huile animale et cretons ; peaux fraiches pour la tannerie et les matières organiques utilisées pour l'épandage, le compostage et la production de biogaz.
Chaque matière est aussi définie comme un co-produit ou un déchet en suivant les recommandations de la directive européenne sur les déchets N°CE/98/2008.
7 différentes règles d'allocation ont été testées. 6 sont en relation avec les liens physiques (poids, contenu en matière sèche, énergie, protéine, graisse et une combinaison des contenus en protéines et en graisse). Elles ont été sélectionnées pour leur pertinence vis-à-vis des différentes fonctions des co-produits animaux (fourniture d'aliments protéinés, de graisse et d'énergie). La dernière règle est l'allocation économique (masse des co-produits pondérée par leur valeur économique).
Pour décrire les procédés d'abattage et de découpe ainsi que la composition des co-produits obtenus à chaque étape, une enquête a été lancée auprès de 16 établissements français. Des données complémentaires issues de la littérature ont été utilisées. Pour chacune des 7 destinations précisées ci-avant, la masse des coproduits ainsi que leur composition et leur prix ont été quantifiés.

Résultats
La figure 1 présente une sélection de facteurs d'allocation obtenus avec les différentes règles d'allocation du carbone, pour le porc et le bœuf (vache laitière et jeune bovin).
Pour le porc, la majeure partie des co-produits est valorisée en alimentation humaine. La part allouée de carbone aux co-produits reste faible et varie entre 1 et 20% en fonction du type d'allocation.

Figure 1 : Clés de distribution du carbone entre les produits et les coproduits en fonction de la méthode d'allocation choisie

Les bovins fournissent un panel plus large de co-produits différents. Pour un co-produit donné, le niveau des impacts varie beaucoup d'une règle d'allocation à l'autre. Les valeurs d'impact issues de l'ACV sont très sensibles au type d'allocation choisi.Environ 55% du poids de l'animal est valorisé dans l'industrie alimentaire, et corrélativement les peaux, les os, la graisse représentent une part non négligeable. L'allocation économique attribue près de 95% des impacts amont à la partie alimentaire et le reste à la peau. Une très faible part d'impact est attribuée aux autres co-produits en dépit de leur utilisation aval. L'allocation selon la teneur en protéines et en graisses donne des résultats très contrastés. Les allocations « énergie », « graisse + protéines » et « matières sèches » donnent à peu près les mêmes facteurs d'allocation, car ils rendent compte de l'intérêt de la plupart des co-produits dans leur fonction de fournir à la fois des protéines et de la graisse.

Discussion

Le choix d'un type d'allocation doit en premier lieu s'attacher à représenter la fonction des co-produits animaux. Dans la filière viande, la plupart des co-produits générés sont utilisées pour leurs caractéristiques physico-chimiques ; pour leur contenu en protéine (alimentation humaine, pet food) et/ou en graisse (gélatine, pet-food, oléochimie). Cela plaide pour le choix d'une allocation physique basée sur leur caractère physico-chimique.

Quant à l'allocation économique elle présente une limite : la valeur marchande de certains SPA (coproduits non destinées à la consommation humaine) ne reflète pas vraiment leurs usages. En effet, les crises sanitaires animales de ces 20 dernières années ont fortement contribué à déstructurer le marché des SPA.

Conclusion

La recommandation pour la filière viande doit être pertinente pour toutes les espèces. Ainsi l'allocation selon le contenu en matière sèche a les avantages suivants : Ce critère combine toutes les caractéristiques physico-chimiques intéressantes. Il est pertinent pour les différents usages et marchés. Il fournit des chiffres stables, peu dépendants du contexte économique.

Cependant, aucune des procédures d'allocation n'est parfaite et les discussions sur le choix de l'allocation vont reprendre dans le cadre de l'expérimentation européenne des impacts environnementaux des produits dans laquelle la filière viande est impliquée et qui devrait aboutir en décembre 2016.

Références bibliographiques

Gac A., Tribot-Laspière P., Lapasin C., Ponchant P., Guardia S., Chevillon P., Nassy G. (2012) Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande. Collection Résultats. 130 p. Institut de l'Elevage, Paris.

ISO 14044 (2006) Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. ISO 14044:2006(E). British Standards Institution, London, UK.

Règlement (CE) N°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine

Directive (CE° N°2008/98 du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives

IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE PRODUITS CARNES ET AMELIORATIONS POSSIBLES

PERNOLLET F. (1), THORNES J. (2), VAN DER WERF H.M.G. (1)

(1) INRA, AGROCAMPUS OUEST UMR 1069, SOL AGRO ET HYDRO SYSTEME, 35 000 RENNES CEDEX, (2) TERRENA, LA NOËLLE, BP 20199, 44150 ANCENIS.

franck.pernollet@rennes.inra.fr

Abstract

Environmental impacts of meat products and possible improvements

Meat-based products are among the main contributors to the environmental impacts of the food system. This study compared chicken meat, pork meat, bovine meat, fresh sausage, and fresh mincemeat steak produced in France. The functional unit was 1 kg of edible meat, without bones, at the supermarket. For the impacts of climate change, cumulative energy demand, eutrophication and acidification, chicken meat had the lowest impacts and bovine meat the highest. Along the life cycle of meat products, the agricultural production stage was the main contributor to the impacts and is the main lever for impact reduction.

Introduction

Actuellement le système alimentaire contribue de 20 à 30% aux émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), ainsi qu'à la déforestation, et la perte de biodiversité (Garnett, 2014). La production animale contribue à 14,5% des émissions mondiales de GES (Gerber et al., 2013). La viande a une place prépondérante dans l'impact du système alimentaire qui va en s'accroissant. En effet, bien que dans des pays développés comme la France la consommation de viande par habitant diminue légèrement depuis 10 ans, au niveau mondial elle augmente et pourrait passer de 32 kg/an aujourd'hui à 52 kg/an en 2050 (GO-Science, 2011). Il est donc important d'identifier des méthodes de production, de transformation et de distribution plus respectueuses de l'environnement. Beaucoup d'études évaluent l'impact environnemental de l'élevage des animaux, mais peu comparent les impacts des différentes viande jusqu'au supermarché. Cette étude compare les impacts de sept produits carnés : poulet entier, filet de poulet, rôti de porc, échine de porc, rosbif, steak haché et saucisse de porc.

Matériel et méthodes

La méthode de l'analyse du cycle de vie est utilisée. La méthode Monte-Carlo (5000 itérations, intervalle de confiance 95%) est ensuite utilisée pour qualifier l'incertitude de l'inventaire. Les catégories d'impact évaluées sont : le changement climatique (CC), la demande cumulée en énergie non renouvelable et renouvelable hors énergie du pouvoir calorifique supérieure de la biomasse (DCE), l'acidification (AC) et l'eutrophisation (EU). Pour le CC, la déforestation associée au soja est prise en compte, mais le stockage de carbone par les prairies ne l'est pas (voir Ademe, 2014). L'unité fonctionnelle est « 1 kg de produit carné, sans os, refroidi et emballé, à l'entrée du supermarché ». Toutes les étapes du cycle de vie du berceau jusqu'à l'entrée du supermarché sont prises en compte : élevage des animaux, abattage, découpe, transformation, conditionnement, transport. Pour les étapes post-ferme les bâtiments ainsi que les outils, les équipements de protection des travailleurs et les surfaces utilisées sont exclus du périmètre car négligeables.

Pour l'inventaire de cycle de vie du berceau à la sortie de la ferme, les informations sont issues de la base de données AGRIBALYSE (Ademe, 2014) et représentent des animaux « moyens » élevés en France, à l'exeption du steak haché où l'inventaire moyen vache laitière de réforme est utilisé. Les données des étapes post-ferme ont été collectées auprès d'industries françaises pour l'année 2013. Les usines d'abattage étudiées sont situées dans l'ouest de la France et représentent de 1 à 4,3% des abattages au niveau national selon le secteur considéré.

Lors de l'abattage et de la découpe de la viande, différents coproduits sont obtenus et valorisés dans différentes filières par exemple la peau pour la tannerie, les os pour la fabrication de gélatine, la graisse pour la fabrication de bio fuel. Ces coproduits ayant des fonctions très différentes, l'allocation physique n'est pas retenue et l'allocation économique (AE) est ainsi utilisée. Ensuite une allocation massique est réalisée entre les différents morceaux de viande (après extraction des os). Pour la partie transformation, comme alternative à l'allocation économique, l'allocation selon la matière sèche (AMS) sera néanmoins étudiée et discutée (Gac et al., 2012).

Résultats

Pour les impacts étudiés (hors DCE), la viande de poulet a les valeurs les plus faibles et la viande bovine les plus élevées (Tableau 1). L'impact CC pour respectivement 1 kg de filet de poulet, de rôti de porc, et de rosbif est de 3,84 (2,97-4,97), 5,34 (4,67-6,13) et 27,9 (24,4-31,9) kg CO2eq. Les étapes post-ferme contribuent respectivement à 3%, 7% et 16% à l'impact total CC pour le bovin, le poulet et le porc, et participent à moins de 5% aux impacts EU et AC.

Concernant le produit transformé, la saucisse a des impacts plus faibles que le rôti de porc, alors que l'étape de transformation est rajoutée dans le processus industriel : la saucisse est composée à 86% de viande, le reste étant majoritairement de l'assaisonnement ayant des impacts plus faibles. Pour le steak haché les impacts sont plus faibles

que pour le rosbif car le steak est constitué de viande de vache laitière de réforme ayant un plus petit impact que la viande moyenne bovine.

Tableau 1 : Impact du berceau à l'entrée du supermarché par kg de viande mangeable moyenne (min-max) (intervalle de confiance de 95%)

	GWP IPCC2007 GWP 100a (kg CO2 eq)	Energie cumulée consommée CED v1.08 (hors PCS biom.) (en MJ)	Acidification CML2001 (en g SO2 eq)	Eutrophication CML baseline 2000 2.05 (g PO4--- eq)
Poulet entier	3,79 (2,97-4,88)	39,5 (31,7-49,9)	52,8 (45,6-61,7)	22,1 (17,7-27,9)
filet de poulet	3,84 (2,97-4,97)	40,3 (32,1-51,1)	53,4 (46,0-62,7)	22,3 (17,8-28,4)
saucisse	4,63 (4,07-5,31)	49,5 (43,0-57,2)	58,9 (49,5-69,9)	23,8 (19,8-28,6)
rôti de porc	5,34 (4,67-6,13)	54,5 (47,1-63,3)	68,5 (57,7-81,0)	27,7 (23,0-33,3)
échine de porc	5,37 (4,71-6,13)	55 (47,4-63,5)	68,8 (57,6-81,6)	27,7 (23,0-33,3)
steak haché frais	16,7(15,2-18,2)	45,9 (40,6-52,0)	210 (192-230)	71,3 (64,4-79,0)
rosbif	27,9 (24,4-31,9)	80,5 (70,7-92,5)	329 (290-375)	112 (97,7-127)

Discussion

Pour réduire les impacts des produits carnés il faut raisonner à plusieurs niveaux. Tout d'abord, l'impact est majoritairement dû aux matières premières (à plus de 80% pour les quatre impacts étudiés), ainsi faut-il d'abord agir au niveau de l'élevage, puis essayer d'améliorer le rendement viande du process industriel en diminuant au maximum les pertes à l'abattoir et à l'usine de découpe/conditionnement. Enfin, il faut continuer à valoriser les coproduits tout en essayant de diminuer l'impact environnemental de cette valorisation, par exemple en limitant les kilomètres parcourus par les coproduits. Ensuite, si l'on regarde les étapes post-ferme, pour l'impact CC, les principaux contributeurs sont dans l'ordre d'importance le conditionnement, puis l'étape abattage-découpe, et enfin le transport. Ainsi, le premier levier d'action est la diminution de l'impact du packaging. Cependant, il faut aussi prendre en compte que le conditionnement est une étape importante qui permet de diminuer le gaspillage (Grönman, 2013) et assure la sécurité sanitaire.

L'AMS alloue un poids plus important aux coproduits de faible valeur que l'AE. Ainsi, pour les produits ayant un fort taux de coproduits de faible valeur comme le bœuf (0,42 kg de viande mangeable/kg de bœuf vivant) le choix du mode d'allocation affecte fortement les résultats, par exemple : 27,9 et 11,5 kg CO2eq/kg de bœuf mangeable respectivement avec l'AE et AMS. Un autre exemple : avec l'AE, 1 kg de filet de poulet a des impacts légèrement plus importants qu'1 kg de viande mangeable dans un poulet entier, car le rendement découpe du poulet entier est meilleur au domicile qu'en industrie (découpe du poulet cuit à chaud au domicile et cru à froid en industrie). En revanche, avec l'AMS le poulet entier a des impacts plus élevés. En effet, l'AMS alloue plus d'impacts aux coproduits, ainsi les os de la carcasse sont valorisés pour le poulet découpé en industrie, ce qui n'est pas le cas pour du poulet entier au domicile.

Conclusion et perspectives

La méthode de l'analyse du cycle de vie a permis de montrer que les produits carnés bovins ont des impacts environnementaux largement supérieurs à ceux des produits des poulets et des porcs pour les impacts étudiés. il serait intéressant de voir si cet ordre est le même pour des impacts comme la biodiversité ou le changement climatique avec la prise en compte du stockage du carbone par les prairies sachant que la nourriture des bovins provient en partie des prairies et celles des porcs et poulets des grandes cultures,. L'étape de l'élevage des animaux est le principal contributeur aux impacts environnementaux. L'étude a aussi soulevé la nécessité de recherche approfondie au niveau des méthodes d'allocation et de l'unité fonctionnelle pour les produits carnés.

Nous remercions le projet ANR-12-ALID-0003, AGRALID

Références bibliographiques

Ademe, 2014- http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=25508

Gac, A. et al., 2012. Recherche de méthodes d'évaluation de l'expression de l'empreinte carbone des produits viande. Institut de l'élevage, France, p. 130.

Garnett, T., 2014. Changing what we eat. A call for research & action on widespread adoption of sustainable healthy eating. FCRN, UK, p. 27.

Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., Tempio, G., 2013. Tackling climate change through livestock-A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, p. 139.

GO-Science, 2011, Foresight. The Future of Food and Farming. London, The Government Office for Science, p. 211.

Grönman, K., 2013. Importance of considering food waste in the development of sustainable food packaging systems. Lappeenranta University of Technology, Finland, p. 183.

EVALUATION DES POTENTIELS DE REDUCTION DE L'IMPACT CARBONE DE DIFFERENTS SCENARIOS ALIMENTAIRES PRENANT EN COMPTE LA BIODISPONIBILITE DE CERTAINS NUTRIMENTS

BARRE T. (1,2), FERRARI G. (1,2), MASSET G. (1,2), VIEUX F. (1,2), DARMON N. (1,2)

(1) UMR NUTRITION, OBESITE ET RISQUE THROMBOTIQUE (NORT) INRA 1260/INSERM 106
(2) AIX-MARSEILLE UNIVERSITE, FACULTE DE MEDECINE, 27, BOULEVARD JEAN MOULIN, 13005 MARSEILLE

tangui.barre@univ-amu.fr

Abstract

Assessment of the dietary carbon footprint reduction associated with different dietary scenarios taking the bioavailability of some nutrients into account

Reducing animal products in the Western diet is suggested to be beneficial for both environmental and health issues. However, animal products are sources of essential nutrients and feature better bioavailability (part of the ingested nutrient efficiently used by the organism) than plant products. We aimed at assessing the dietary carbon footprint (DCF) reduction of three dietary scenarios (omnivorous, vegetarian, and vegan) through a model including bioavailability prediction for 4 key nutrients and a complete nutritional adequacy. Daily food quantities are bounded by acceptability constraints, and the DCF is minimized.

To ensure the feasibility of the vegetarian and vegan models, some nutritional constraints (vitamin B12, EPA, DHA) were deleted. The DCF could be reduced by around 70% in all scenarios. Such reduction was achieved through drastic cuts in animal products and rises in starchy foods, oilseeds and soy-based products. Our study confirmed that in order to lower the DCF, intake of animal products has to be decreased, but small quantities remain required for specific nutrients, and the nutritional assessment of such plant-based diet needs bioavailability to be considered.

Introduction

En Europe, le secteur alimentaire est responsable d'environ 20 à 30% de l'impact carbone (IC) global (1), dont la moitié est due à l'élevage. Par ailleurs, la consommation excessive de viandes rouges et de charcuteries est régulièrement désignée comme potentiellement néfaste pour la santé (cancer, maladies cardio-vasculaires) (2,3), alors que des bénéfices du végétarisme sont mis en évidence (4). Pour réduire l'IC de nos régimes tout en améliorant notre état de santé, il est donc proposé de réduire la consommation de produits animaux (5). Néanmoins, ces aliments sont vecteurs de nutriments essentiels, et leur biodisponibilité (la fraction ingérée assimilable par l'organisme) est souvent meilleure que dans les aliments d'origine végétale. Or, cette biodisponibilité n'a jamais été prise en compte de manière satisfaisante dans les travaux précédents sur l'alimentation durable. L'objectif de cette étude était d'estimer le potentiel de réduction de l'IC de trois scénarios alimentaires (omnivore, végétarien, et végétalien) via une modélisation s'appuyant sur la programmation non-linéaire, récemment développée pour intégrer la biodisponibilité de 4 nutriments clés (fer, zinc, protéines, et vitamine A) dans la construction de rations quotidiennes adéquates sur le plan nutritionnel.

Matériel et méthodes

Les modèles s'appuient sur les données de l'enquête de consommation française INCA2 (2006-2007) et sur des valeurs d'IC moyennes par aliment issues d'analyses de cycle de vie fournies par Greenext. Une revue bibliographique a permis d'isoler des relations mathématiques quantifiant les biodisponibilités du fer, du zinc, des protéines et de la vitamine A au sein de rations alimentaires quotidiennes, en fonction de divers facteurs alimentaires. Pour le fer, le statut martial est également un paramètre influençant la biodisponibilité, et des valeurs moyennes ont été extraites de la littérature pour chaque sexe et scénario alimentaire. La modélisation permet d'optimiser une fonction de sortie – ici l'IC est minimisé – d'un problème complexe intégrant des contraintes linéaires et non-linéaires sur un nombre fini de variables – ici les quantités quotidiennes de chaque aliment. Les contraintes nutritionnelles intégrées à nos modèles garantissent la couverture des besoins physiologiques nets pour le modèle « avec biodisponibilité » et des ANC pour le modèle « sans biodisponibilité », et le non-dépassement des limites de sécurité ; elles concernent les macronutriments, fibres, acides gras essentiels, 10 vitamines et 10 minéraux, pour un apport énergétique égal à celui observé en moyenne chez les hommes et les femmes dans l'étude INCA2. Des contraintes d'acceptabilité basées sur les consommations observées ont également été introduites afin de limiter les quantités maximales de chaque aliment dans les rations optimisées. Au total, l'accès à 402, 310 et 205 aliments a été autorisé dans les scénarios omnivore (OM), végétarien (VR) et végétalien (VL), respectivement. Les rations ont été modélisées séparément pour les hommes et les femmes.

Résultats

Une analyse préliminaire a permis de tester la faisabilité des différents modèles afin de trouver le jeu de contraintes satisfaisant tous les modèles et permettant leur comparaison. Les contraintes en vitamine B12 et acides gras oméga 3 à longues chaînes ont dû être supprimées, et certaines contraintes d'acceptabilité ont été relâchées afin de rendre possible la résolution mathématique des modèles végétarien et végétalien.

Une fois ces adaptations apportées au modèle initial, il devenait possible de réduire l'IC d'environ 70%, quel que soit le scénario alimentaire. Le potentiel de réduction de l'IC était plus important pour les hommes que pour les femmes, et pour les scénarios OM par rapport aux autres (tableau 1). Cette minimisation de l'IC s'accompagnait toujours d'une diminution drastique des produits animaux, compensée par une augmentation des féculents, graines oléagineuses et produits à base de soja.
Dans des modèles similaires ne prenant pas en compte la biodisponibilité, les apports bruts des 4 nutriments concernés étaient proches de ceux obtenus dans les modèles intégrant la biodisponibilité mais comprenaient des proportions importantes de nutriments peu biodisponibles ; les besoins physiologiques n'étaient donc pas couverts (tableau 1).

Tableau 1 : Quantités de certains groupes (g/j), impact carbone (gCO2eq/j) et couverture des besoins (% du besoin physiologique net) en certains nutriments des différentes rations avec (« Avec ») et sans (« Sans ») prise en compte de la biodisponibilité

	Homme							Femme						
	Observé	OM		VR		VL		Observé	OM		VR		VL	
		Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans		Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Viande, poisson, œufs	190	17	4	0	0	0	0	134	0	0	0	0	0	0
Produits laitiers	199	0	0	0	3	0	0	196	0	0	0	0	0	0
Féculents	297	425	538	580	610	425	464	197	514	416	478	385	377	347
Fruits et légumes	318	217	192	262	260	315	295	335	236	289	256	248	342	310
Impact Carbone	**4689**	**1220**	**1202**	**1391**	**1337**	**1440**	**1368**	**3435**	**1061**	**1027**	**1163**	**1111**	**1195**	**1151**
Protéines	117	100	90,5	100	89,9	100	88,6	109	116	123	121	132	125	126
Vitamine A	125	100	71	100	54	100	51	124	127	136	100	73	122	124
Fer	89	100	26	100	17	100	19	64	100	37	100	29	100	30
Zinc	150	100	105	100	97	100	97	143	104	125	117	124	127	124

Discussion
La modélisation de rations alimentaires nutritionnellement adéquates minimisant l'IC met en évidence la possibilité théorique de réduction des émissions de gaz à effet de serre alimentaires, via une diminution de la consommation des produits animaux. Ces résultats sont en accord avec d'autres études basées sur des modélisations similaires (6, 7). Cependant, dans l'alimentation effectivement consommée aujourd'hui par les adultes en France, une bonne qualité nutritionnelle est corrélée à la fois à une quantité plus importante de produits végétaux et un plus fort IC (8).
L'intégration de la prise en compte de la biodisponibilité du calcium serait un progrès notable étant donné sa variabilité et la pertinence de la couverture des besoins calciques du point de vue de la santé publique.

Conclusion
Le caractère quasi-végétarien des rations omnivores minimisées sur l'IC confirme que pour réduire de façon importante l'IC, il est nécessaire de réduire la consommation de produits animaux. Cependant, l'incorporation de petites quantités de produits animaux spécifiques est strictement nécessaire à la couverture des besoins en certains nutriments. Dans le cadre de tels régimes majoritairement végétaux, la couverture des besoins physiologiques impose de considérer l'influence de la biodisponibilité des nutriments.

Références bibliographiques
(1) Tukker, A. et al. Environmental Impact of Products (EIPRO) Analysis of the life cycle environmental impacts related to the final consumption of the EU-25. (2006). doi:10: 92-79-02361-6
(2) Gonzalez, C. A. & Riboli, E. Diet and cancer prevention: Contributions from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. Eur Jour Canc 46, 2555–62 (2010).
(3) Micha, R., et al. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. Circulation 121, 2271–83 (2010).
(4) McEvoy, C. T., et al. Vegetarian diets, low-meat diets and health: a review. Pub Heal Nutr 15, 2287–94 (2012).
(5) Scarborough, P., et al. Modelling the health impact of environmentally sustainable dietary scenarios in the UK. Eur Jour Clin Nutr 66, 710–5 (2012).
(6) Macdiarmid, J. I. et al. Sustainable diets for the future: Can we contribute to reducing greenhouse gas emissions by eating a healthy diet? The American journal of clinical nutrition 96, 632–9 (2012).
(7) Wilson, N. et al. Foods and dietary patterns that are healthy, low-cost, and environmentally sustainable: a case study of optimization modeling for New Zealand. PloS one 8, e59648 (2013).
(8) Vieux, F., Soler, L.-G., Touazi, D. & Darmon, N. High nutritional quality is not associated with low greenhouse gas emissions in self-selected diets of French adults. The American journal of clinical nutrition 97, 569–83 (2013).

MESURES BIOMETRIQUES ET NIVEAUX DE CONTAMINATION METALLIQUE EN PLOMB ET CADMIUM DU TILAPIA *SAROTHERODON MELANOTHERON* EN MILIEU NATUREL AU BENIN

YOUSSAO A.K.I. (1), SALIFOU C.F.A. (1), HANGNILO G.B. (1), AMOUSSOU T.O. (1)

(1) UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI, EPAC/PSA, 01 BP 2009 COTONOU, BENIN

iyoussao@yahoo.fr

Abstract: Biometric measurements and levels of lead and cadmium contamination of the tilapia *Sarotherodon melanotheron* in the Beninese natural habitat

The aim of the study was to assess body measurements (weight, length and height) and the level of lead and cadmium contamination of *S. melanotheron* in lake Nokoué and the Porto-Novo lagoon in Benin. The length, height and weight of *Sarotherodon melanotheron* of the lake Nokoué were not different from those of the Porto-Novo lagoon (P>0.05). The lead content of *S.melanotheron* of lake Nokoué was weaker (P<0.05) than that of the Porto-Novo lagoon (0.058 *vs* 0.137 mg/kg). On the contrary, the cadmium content of *S. melanotheron* of lake Nokoué (0.362 mg/kg) was higher (P<0.01) than that of the Porto-Novo lagoon (0.073 mg/kg). In addition, the weight and size of *S. melanotheron* increased, while the cadmium content was higher in the Porto-Novo lagoon. Preventive measures must be taken to ensure the safety of the fishery products.

Introduction

Depuis une dizaine d'années, les plans d'eau du Sud Bénin sont le siège d'une forte activité anthropique caractérisée par la pêche, l'aquaculture, le trafic de carburant frelaté, avec pour conséquence, la pollution chimique des plans d'eau. Cette pollution contribuent à une contamination des espèces de poissons par les métaux en général dont le plomb, le cadmium, le cuivre, le zinc et le fer (Vissin, 2000 ; Youssao et al., 2011 ; Hangnilo, 2012). Le risque de bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons est fonction de la durée de vie et donc de leurs caractéristiques biométriques. Le but de l'étude est d'établir la relation entre les mesures corporelles et le niveau de contaminants métalliques en plomb et en cadmium de *Sarotherodon melanotheron* sur le lac Nohoué et la lagune de Porto-Novo. Ces deux plans d'eau ont été choisis à cause de leur spécificité sur le trafic de carburant frelaté. *S. melanotheron* a été identifiée pour la présente étude à cause de son importance numérique parmis les espèces de tilapia pêchées au Sud Bénin et à cause de sa faculté d'adaptation aussi bien à l'eau saumatre qu'à l'eau douce.

Matériel et méthodes

Le lac Nohoué et la lagune de Porto-Novo sont respectivement situés dans les départements de l'Atlantique-Littoral et de l'Ouémé-Plateau. Dans chacun des deux milieux, un échantillon de 42 poissons frais de *S.melanotheron* a été collecté. La hauteur et la longueur de chaque poisson ont été d'abord prises, respectivement à l'aide d'un ichtyomètre, d'un pied à coulisse et chaque poisson a été ensuite pesé. Un échantillon de chair a été d'abord prélevé sur chaque poisson et minéralisés sous chaleur contrôlée. Le dosage du plomb et du cadmium a été ensuite fait au spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (Thermo) dont la limite de détection est 0,001 mg/kg. Le test de F a été utilisé pour déterminer la significativité de l'effet plan d'eau (SAS, 2006). Les moyennes ont été calculées et comparées par le test de t. La procédure *Proc corr* du SAS (2006) a été utilisée pour calculer les corrélations entre les variables.

Résultats

La longueur, la hauteur et le poids corporel de *S.melanotheron* du lac Nokoué n'ont pas été différents de ceux de la lagune de Porto-Novo (tableau 1). La teneur en plomb de *S. melanotheron* du lac Nokoué a été plus faible (P<0,05) qu'à celle de la lagune de Porto-Novo (0,058 *vs* 0,137 mg/kg). Par contre, la teneur en cadmium de *S. melanotheron* du lac Noukoué (0,362 mg/kg) a été plus élevée (P<0,01) que celle de la lagune de Porto-Novo (0,073 mg/kg). Dans la lagune de Porto-Novo, le poids de *S. melanotheron* a été corrélé à sa teneur en cadmium (P<0,05, r=0,797), à la longueur (P<0,01, r=0,848) et à la hauteur (P<0,01, r=0,867) de son corps (tableau 2). La teneur en cadmium a été significativement correlée (P<0,05) avec respectivement la hauteur et la longueur du corps (tableau 2). Dans le lac Nokoué, seul le poids corporel a été corrélé à la longueur (P<0,01, r=0,906) et la hauteur du corps (P<0,05, r=656) chez *S. melanotheron*. Enfin, aucune corrélation significative n'a été obtenue entre le poids corporel et les teneurs en plomb et en cadmium dans le lac Nokoué (tableau 2).

Discussion

La différence non significative entre les mesures biométriques des échantillons de *S. melanotheron* prélevés dans la lagune de Porto-Novo et dans le lac Nokoué dans la présente étude, montrent une homogénéité des échantillons analysés. Toutefois, une augmentation de la taille de l'échantillon pourra permettre de mettre en évidence une éventuelle différence significative. La limite maximale admise pour le plomb est de 0,2 mg /kg de chair de poisson (FAO / OMS, Codex Alimentarus, 2000). Ce seuil est en dessus de la teneur en plomb obtenue dans la chair de *S. melanotheron* dans notre étude. Toutefois, des mesures de biosécurité doivent être prises pour ne pas dépasser le seuil maximal autorisé car le plomb est une substance toxique cumulative qui entraine entre autre des troubles digestifs,

neurologiques et rénaux lors des intoxications et ses effets hématologiques se traduisent par une anémie chez les hommes et les animaux. Quant au cadmium, sa limite maximale admise est de 0,1 mg /kg de chair de poisson (FAO / OMS, Codex Alimentarus, 2006). La teneur en cadmium obtenue sur le lac Nokoué est trois fois supérieure au seuil maximal toléré, ce qui expose les consommateurs à des intoxications liées au cadmium. Dans la lagune de Porto-Novo, la teneur en cadmium est proche de la limite maximale admise, ce qui nécessite l'application des mesures de biosécurité.

La présence de ces deux métaux lourds dans les échantillons analysés est due aux déversements de produits pétroliers dans les deux plans d'eau et aux pertes de lests en plomb des filets qui ont été enregistrées sur le lac Nokoué et la lagune de Porto-Novo dans la même période (Hangnilo, 2012). Dovonou (2008) rapporte que 33% des pêcheurs rejettent leurs filets usés lestés de plomb ou non dans le lac Nokoué et dans la lagune de Cotonou. Des travaux réalisés par Vissin et al. (2010) sur *Tilapia guineensis* dans le complexe lac Nokoué-Chenal de Cotonou, rapportent que les teneurs en plomb varient de 0,59 mg/l à 0,80 mg/l. L'évaluation des teneurs en plomb chez *S. melanotheron* et *Tilapia guineensis* du lac Nokoué révèlent respectivement les teneurs de 0,92 mg et 0,71 mg (Youssao et al., 2011). Les travaux récents effectués par Guedenon et al. (2011) rapportent que les *Oreochromis niloticus* du fleuve Ouémé étaient contaminés par le plomb et le cadmium dans des proportions respectives de 7,14 mg/kg et 2,56 mg/kg. Les résultats de notre étude confirment ceux des autres travaux, ce qui nécessite la mise en place des règles de biosécurité dans les plans d'eau du Sud-Bénin.

Plus le poids et la taille de *S.melanotheron* augmentent, mieux la teneur en cadmium est élevée dans la lagune de Porto-Novo. Les corrélations significatives qui n'ont pas pu être mises en évidence dans la présente étude, sont soit liées à la faible taille des échantillons, soit à la faible fréquence du trafic de produits pétroliers frelatés. Ces produits proviennent du Nigéria via des baques motorisées et passent tous par la lagune de Porto-Novo et ce n'est que ceux réservés à Cotonou et environs qui passent par le lac Nokoué.

Tableau 1: Mesures biométriques et pondérales et teneurs en plomb et en cadmium de *S. melanotheron* de la lagune de Porto-Novo et du lac Nokoué

Paramètres biométriques	**Lac Nokoué**		**Lagune de Porto-Novo**		**Test de significativité**
	Moyenne	**ES**	**Moyenne**	**ES**	
Longueur (cm)	20,92a	1,41	20,36a	1,92	NS
hauteur (cm)	6,29a	0,43	7,22a	1,11	NS
Poids (g)	165,29a	24,34	171,13a	21,42	NS
Plomb (mg/kg)	0,058a	0,030	0,137b	0,017	*
Cadmium (mg/kg)	0,362a	0,021	0,073b	0,042	**

** : P < 0,05, ** : P< 0,05 ; NS : P>0,05 ; ES : Erreur standard*

Tableau 2: Corrélations entre la teneur en plomb, la teneur en cadmium et les paramètres biométriques de *S. melanotheron* de la lagune Porto-Novo (en dessus de la diagonale) et du lac Nokoué (en dessous de la diagonale)

Variables	**Plomb**	**Cadmium**	**Longueur**	**Hauteur**	**Poids**
Plomb	1	-0,011	-0,289	-0,281	-0,288
Cadmium	0,551	1	0,732*	0,698*	0,797*
Longueur	0,110	0,216	1	0,935**	0,848**
Hauteur	0,192	0,485	0,381	1	0,867**
Poids	0,203	0,212	0,906**	0,656*	1

** : P < 0,05, ** : P < 0,01*

Conclusion

Les mesures biométriques des échantillons de *S. melanotheron* prélevés dans la lagune de Porto-Novo et dans le lac Nokoué sont identiques. Par contre, la chair de *S. melanotheron* contient moins de plomb et plus de cadmium dans le lac Nokoué que dans la lagune de Porto-Novo. Les teneurs en plomb et en cadmium sont proches ou dépassent les limites admises. Pour ce faire, des mesures préventives doivent être prises pour assurer la sécurité sanitaire des produits halieutiques au Sud Bénin.

Références bibliographiques

Dovonou E.F., 2008. Mémoire de DEA en Environnement, Santé et Développement, Université d'Abomey-calavi, Bénin, 98p.
FAO / OMS, Codex Alimentarus, 2000. CX/FAC00/24, Chine, 20 au 24 mars 2000, 20p.
FAO / OMS, Codex Alimentarus, 2006. The Hague, The Netherlands, 24 au 28 avril 2006, 1p.
Guedenon P., Edorh P.,Yehouénou A.P.E., Gnandi K., Adjahossou A.B. et al., 2011. AIR and soil pollution 2(2): 32-41 2011 ISSN
Hangnilo G. B., 2012. Mémoire de Master, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 81P
Vissin E.W., Sintondji L. O. et Houssou S. C., 2010. RGLL, N°08, 224-225
Youssao A., Soclo H., Bonou C., Vianou K., Gbaguidi M. et Dovonon L., 2011. Int. J. Biol. Chem. Sci. 5(2): 595-602,
Les auteurs remercient l'UEMOA à travers son appui au Projet PAES/Tilapia.

LES RATIONS D'ENGRAISSEMENT DE TAURILLONS : ELEMENTS D'EVALUATION DE LA DURABILITE

DOREAU M. (1), VAN DER WERF H.M.G. (2), NGUYEN T.T.H. (1, 2), MARTIN C. (1), BAUCHART D. (1), LHERM M. (1), MICOL D. (1), MIALON M.M. (1)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES, 63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE,
(2) INRA, AGROCAMPUS OUEST, UMR1069 SOL AGRO- ET HYDROSYSTEME, 35000 RENNES.

Abstract: Components for sustainability assessment of diets for bull fattening

Different criteria of sustainability were compared to evaluate three bull-fattening systems using contrasted diets based on hay, maize silage or concentrate. Environmental impacts were determined using life cycle assessment, economic margin was evaluated from feeding costs and animal price, and animal welfare related to diet was appreciated through digestive discomfort and health value of produced meat through fatty acid composition. The results show that diet ranking depends on the criteria considered, and that the mode of expression of the criteria is of major importance.

Introduction

Les incertitudes pesant sur l'avenir des filières d'élevage et le revenu dégagé par les éleveurs, ainsi que les interrogations de la société quant à la place des produits animaux dans notre alimentation, conduisent à raisonner les systèmes d'élevage en terme de durabilité. Classiquement, celle-ci repose sur trois piliers : économique, social et environnemental. Mais le concept de durabilité peut se décliner de manière différente pour l'éleveur, pour la société, donc le citoyen consommateur qui a des exigences sociétales et environnementales, l'enjeu étant de nourrir une population croissante en disposant d'une surface agricole limitée (Doreau et al., 2013). L'approche actuelle de la durabilité est imparfaite, car seul un nombre limité de critères peut être étudié, alors que la réalité est complexe. L'évaluation environnementale est la plus complète, car pratiquée depuis plus d'une décennie, mais les incertitudes sont nombreuses ; l'évaluation économique, la plus ancienne, est délicate et soumise aux aléas car tributaire de la volatilité des prix et des politiques agricoles, entre autres ; l'évaluation sociale et sociétale est protéiforme, ne fait pas consensus et n'est pas standardisée, ce qui en fait la faiblesse. Ce travail porte sur l'analyse de la phase d'engraissement de taurillons, en comparant trois rations très différentes.

Matériel et méthodes

L'étude est basée sur un essai d'alimentation réalisée sur 24 broutards Blond d'Aquitaine engraissés pendant 8 mois avec l'une des 3 rations suivantes distribuées à volonté: 44% de foin de prairie naturelle et 56% de concentré (F), 58% d'ensilage de maïs et 42% de concentré (EM), 92% de concentré et 8% de paille (C). Les détails du protocole expérimental ainsi que les performances et caractéristiques d'abattage sont donnés par Micol et al. (2007).
L'analyse économique a été réalisée à partir des coûts d'alimentation et du prix de vente des animaux, les autres coûts étant voisins pour les 3 rations. La qualité de la carcasse a été appréciée par le gras de carcasse et la « valeur santé » de la viande par deux critères de composition des acides gras (AG) du muscle (ici le *Longissimus thoracis*) : la proportion d'AG saturés et le rapport n-6/n-3. Le bien-être animal dépend surtout de facteurs autres que la ration ; il a été estimé par un critère susceptible de différencier les rations, le pH du rumen, témoin possible de l'inconfort digestif. L'analyse environnementale a été réalisée par mesure réelle sur les taurillons pour le méthane entérique, puis par analyse du cycle de vie (ACV) pour tous les autres impacts. L'ACV a été réalisée de l'entrée en engraissement à l'abattage, en prenant en compte tous les processus d'amont (production des aliments et des autres intrants, etc.). La méthodologie est décrite en détail par Nguyen et al. (2012). L'ensemble des gaz à effet de serre (GES) : méthane entérique et des effluents, gaz carbonique et protoxyde d'azote, et les potentiels d'eutrophisation et d'acidification ont été obtenus par agrégation des composés polluants en une unité d'expression commune (équivalent CO_2, PO_4 et SO_2) afin de tenir compte de l'impact environnemental respectif des différentes molécules. L'émission brute de GES a été corrigée pour tenir compte de la séquestration de carbone par les sols dans le cas de la prairie permanente : une émission nette a ainsi été obtenue. La consommation d'énergie cumulée lors de tous les processus de production des intrants et des animaux et l'occupation des terres (totales et arables) ont également été calculées.

Résultats et Discussion

Logiquement, le gain de poids des taurillons a été le plus élevé pour la ration C et le plus faible pour la ration F, en raison de la différence de consommation d'énergie, puisque l'efficacité alimentaire est identique. Les carcasses les plus grasses sont celles de la ration EM. La qualité des acides gras du muscle est également affectée : la ration EM fournit une viande plus riche en AG saturés, mais surtout la ration C dégrade le rapport n-6/n-3, qui devient très élevé en raison de la richesse de la ration en acide linoléique des céréales. Le pH du rumen est le plus faible avec le régime très

concentré, ce qui peut traduire un inconfort digestif ; toutefois dans cet essai il n'y a pas eu d'acidose déclarée ou subclinique. Enfin, la marge économique est la plus élevée avec la ration EM et la plus faible avec la ration F.

Tableau 1. Evaluation économique et sociétale de trois rations contrastées chez le taurillon à l'engrais (d'après Micol et al., 2007 et 2008, Mialon et al., 2008 et 2013).

	F	EM	C
Gain de poids (kg/jour)	1,49[b]	1,71[ab]	1,86[a]
Efficacité alimentaire (g de gain de poids / UFV consommée)	195[a]	208[a]	201[a]
Gras de la carcasse (kg)	36[b]	48[a]	41[ab]
Acides gras saturés du muscle (% des acides gras)	40,1[b]	44,1[a]	39,1[b]
Rapport n-6/n-3 des acides gras du muscle	7,28[c]	8,27[b]	13,91[a]
pH moyen du rumen, indice de confort digestif	5,8[a]	6,1[a]	5,5[b]
Marge économique (€ / taurillon)[1]	231	305	261

Lorsque les impacts environnementaux sont rapportés au kg de gain de poids, la ration C a produit beaucoup moins de méthane entérique, mais lorsque l'ensemble des GES est considéré la différence est réduite (Tableau 2). La prise en compte de la séquestration de carbone dans le sol par la prairie naturelle réduit l'impact de la ration F. Le potentiel d'eutrophisation, le potentiel d'acidification et la consommation d'énergie sont les plus faibles respectivement pour rations F, C, et EM. L'occupation totale de terres est de loin la plus élevée pour le lot F, mais l'occupation de terres arables pour ce même lot, en concurrence avec des cultures pour l'alimentation des monogastriques ou de l'Homme, est la plus faible. Si on rapporte les impacts environnementaux à l'ha de terre nécessaire pour la production (données non présentées), la ration F est de loin la moins impactante quel que soit le critère considéré.

Tableau 2. Evaluation environnementale de trois rations contrastées chez le taurillon à l'engrais (d'après Doreau et al. 2011 et Nguyen et al. 2012b).

	F	EM	C
Emissions de méthane entérique (kg eq-CO_2/kg gain de poids)	3,33	3,81	1,56
Emission brute de gaz à effet de serre (kg eq-CO_2/kg gain de poids)	5,16	4,74	3,65
Emission nette de gaz à effet de serre (kg eq-CO_2/kg gain de poids)	4,56	4,74	3,65
Potentiel d'eutrophisation (g eq-PO_4/kg gain de poids)	16,5	19,0	21,5
Potentiel d'acidification (g eq-SO_2/kg gain de poids)	31,3	31,8	29,4
Consommation cumulée d'énergie (MJ/kg gain de poids)	18,7	13,0	19,7
Occupation de terres totales (m^2.an/kg gain de poids)	11,7	4,5	4,6
Occupation de terres arables (m^2.an/kg gain de poids)	3,4	4,5	4,6

Discussion et Conclusion

Cette étude montre qu'il est difficile de promouvoir un type de ration lorsqu'on considère la durabilité, car selon le critère, le classement des rations diffère. Il est également clair que le choix des critères retenus et l'interprétation des chiffres ont un effet majeur sur les conclusions qui sont tirées. Par exemple lorsque l'accent est mis sur la nécessité de nourrir la planète, l'expression des impacts par kg de produit est privilégiée ; dans le cas d'une approche territoriale ou nationale, les impacts par ha doivent être considérés. La définition d'un indicateur unique de durabilité semble ainsi très difficile ou arbitraire car elle dépend à la fois du choix des critères et de leur pondération. Il faut souligner la sous-représentativité ou l'absence de certains critères de durabilité, soit par absence de consensus sur une méthodologie (biodiversité), soit parce que le cadre restreint de l'étude ne s'y prête pas (bien-être animal, vision économique globale). Ce travail doit être replacé dans un cadre plus global. En effet, la viande produite en France provient à la fois des troupeaux laitier et allaitant, et pour le troupeau allaitant la phase d'élevage constitue un élément prépondérant du système. Ainsi il a été montré que plus de 90% des impacts environnementaux d'un système de bovins à viande étaient dus à la phase d'élevage (Nguyen et al., 2012). Donc le choix d'une ration d'engraissement n'est pas un élément primordial dans la réflexion sur la durabilité des systèmes de production de viande. En conclusion, cette étude constitue une base de réflexion sur le caractère multifactoriel de la durabilité, et la difficulté de l'appréhender dans sa totalité.

Références bibliographiques

Doreau M., van der Werf H.M.G., Micol D., Dubroeucq H., Agabriel J., Rochette Y., Martin C. 2011. J. Anim. Sci. 89, 2518-2528.
Doreau M., Makkar H.P.S., Lecomte P. 2013. In EAAP Publ. No 134, 475-485, Wageningen Acad. Publ., the Netherlands.
Mialon M.M., Martin C., Garcia F., Menassol J.B., Dubroeucq H., Veissier I., Micol D. 2008. Animal 2, 1682-1691.
Mialon M.M., Lherm M., Micol D., Doreau M., Martin C. 2013. In Paper no 175 (H.P.S. Makkar ed.) p. 27-35. FAO, Rome
Micol D., Dubroeucq H., Martin C., Garcia F., Mialon M.M., Agabriel J. 2007. Renc. Rech. Rumin. 14, 233-236.
Micol D., Bauchart D., Jurie C., Jailler R., Picard B., Agabriel J., 2008. JSMTV, 181-182.
Nguyen T.T.H., van der Werf H.M.G., Doreau M. 2012. J. Agric. Sci. 150, 755-763.
Nguyen T.T.H., van der Werf H.M.G., Eugène M., Veysset P., Devun J., Chesneau G., Doreau M. 2012. Livest. Sci. 145, 239-251.

EVALUATION DES REJETS D'AZOTE VERS L'ENVIRONNEMENT CHEZ LE JEUNE BOVIN EN ENGRAISSEMENT PAR UNE APPROCHE ISOTOPIQUE

CANTALAPIEDRA-HIJAR G. (1,2), FOUILLET H. (3), KHODOROVA N. (3), CHANTELAUZE C. (1,2), HUO Y. (1,2), LARGEAU V. (1,2), SEPCHAT B. (1,2), AGABRIEL J. (1,2), ORTIGUES-MARTY I. (1,2)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES, SAINT-GENES-CHAMPANELLE F-63122,
(2) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR HERBIVORES, BP 10448, CLERMONT-FD F-63000,
(3) UMR914 INRA-AGROPARISTECH PNCA, 16 RUE CLAUDE BERNARD, 75005 PARIS, FRANCE

gonzalo.cantalapiedra@clermont.inra.fr

Abstract

Assessing the environmental nitrogen excretion in finishing young bulls by an isotopic approach

Animals are ^{15}N-enriched compared to the diet they consume and the extent of this isotopic enrichment (Δ^{15}N) has been shown to vary according to different animal and environmental factors. We investigated the relationship between Δ^{15}N, the efficiency of N utilization (ENU) and N excretion in young finishing beef cattle. Young bulls (n=35) were individually fed after weaning one of the 4 experimental diets based on either corn silage or pre-wilted grass silage offered at two different intake levels (high and low) according to a complete block design experiment. Plasma was sampled from all animals the day before the first slaughter and diet ingredients were sampled throughout the experiment. The natural abundance of ^{15}N in plasma protein and diets was analyzed and Δ^{15}N was calculated. The N balance of 8 extra animals fed the same diets was conducted according to a replicated 4 × 4 Latin square design to evaluate the fecal and urinary N excretion. Animals on the corn silage diets had higher ENU and lower total N excretion and Δ^{15}N compared to grass silage fed animals. The Δ^{15}N had a good correlation with ENU and could be used to evaluate the environmental N excretion of beef cattle in different feeding conditions.

Introduction

L'efficience d'utilisation de l'azote chez le ruminant en croissance (**EUN** ; Azote retenu /Azote ingéré) est un facteur prépondérant de l'efficience alimentaire (**EA** ; kg gain poids/kg matière sèche ingérée) et détermine l'importance des rejets azotés vers l'environnement (flux d'azote non retenu dans l'animal). Néanmoins, l'EUN est difficilement mesurable en conditions pratiques, d'où la nécessité de trouver de nouveaux outils permettant sa prédiction. L'abondance naturelle de l'isotope lourd de l'azote (**δ^{15}N**) dans les protéines d'un animal est toujours supérieure à celle présente dans son régime alimentaire. Ce fractionnement isotopique azoté entre l'animal et son régime (**Δ^{15}N** = $\delta^{15}N_{animal}$ - $\delta^{15}N_{régime}$) peut provenir de l'affinité plus élevée des enzymes impliquées dans le métabolisme microbien (rumen) ou animal (tissus) pour l'isotope léger de l'azote (^{14}N ; Macko et al., 1986). Ceci expliquerait que les rejets d'azote (NH_3 ruminal non assimilé et urée issue du catabolisme des acides aminés [**AA**]) soient appauvris en ^{15}N et les protéines animales enrichies en ^{15}N, et ce d'autant plus que les rejets azotés augmentent et que l'EUN diminue. L'objectif de ce travail est d'évaluer le potentiel du Δ^{15}N comme marqueur d'EUN et donc comme indicateur des rejets azotés vers l'environnement associé à différents régimes d'engraissement de jeune bovins.

Matériel et méthodes

Des données individuelles d'EUN ainsi que des échantillons plasmatiques disponibles chez le jeune bovin charolais en engraissement (Sepchat et al., 2013 ; n=35) ont été utilisés. Les animaux ont été alimentés à deux niveaux d'ingestion (haut vs bas) avec des rations à base d'ensilage de maïs (EM) ou d'enrubannage d'herbe (EH). Les animaux ont été abattus à poids final constant (705 ± 22 kg). L'efficience d'utilisation de l'azote par le jeune bovin a été calculée comme le rapport entre la différence de quantité de protéines corporelles initiale (Prot0 ; post-sevrage) et finale (Prot1 ; abattage) et les quantités ingérées de matières azotés totales sur la même période (Sepchat et al., 2013).

Le sang de chaque animal a été prélevé la veille de l'abattage du premier animal et puis centrifugé pour séparer le plasma. Les protéines plasmatiques (**PP**) ont été isolées par précipitation acide. Les δ^{15}N des PP et des ingrédients des régimes ont été mesurés par spectrométrie de masse à ratio isotopique couplée à un analyseur élémentaire (EA-IRMS). Le Δ^{15}N de chaque animal a été calculé comme la différence entre le δ^{15}N de ses PP et celui du régime ingéré (lui-même calculé comme la moyenne pondérée des δ^{15}N de ses ingrédients). Des analyses de corrélation entre Δ^{15}N et EUN ont été effectuées avec la fonction lm du logiciel R alors que la comparaison des moyennes a été réalisée par ANOVA.

Pour calculer l'excrétion totale d'azote vers l'environnement (azote fécal plus azote urinaire) un bilan d'azote a été réalisé sur 8 jeune bovins charolais de 10 mois alimentés avec les mêmes régimes expérimentaux selon un carré latin 4 x 4 répliqué. Les animaux ont reçu chacun successivement les 4 traitements alimentaires en case individuelle avec des équipements de collecte de fèces et d'urine. Chacune des 4 périodes a duré 20 jours, dont 2 semaines d'adaptation et 6 jours de mesure. L'analyse statistique des données du bilan d'azote a été réalisée selon un modèle mixte en utilisant la fonction lme du logiciel R.

Résultats

Dans nos conditions expérimentales l'efficience d'utilisation de l'azote (0,23 ± 0.04) explique presque les deux tiers des variations (r^2 = 0,63) de l'efficience alimentaire (0,17 ± 0.02) chez le jeune bovin en engraissement. Aucun effet significatif du niveau d'ingestion (haut vs bas) ou de l'interaction niveau d'ingestion × nature de régime n'a pas été mis en évidence sur les variables analysées, à l'exception des matières azotés totales (**MAT**) ingérées dont la valeur était supérieure avec un niveau d'ingestion haut vs bas. Les efficiences alimentaire (gain poids vif/matière sèche ingérée) et d'utilisation de l'azote (P < 0,001) étaient plus élevées avec les régimes à base d'ensilage de maïs comparé à l'enrubannage d'herbe. Le $\Delta^{15}N$ de ces animaux était plus faible (3,30 vs 3,79‰ ; P < 0,001) ainsi que leur excrétion d'azote total (urine + fèces) (112 vs 119 g/j ; P < 0,001) (Tableau 1). L'écart existant entre l'abondance naturelle du régime et celle de l'animal en ^{15}N ($\Delta^{15}N$, ‰) était négativement corrélé (P < 0,001 ; r^2= 0,52) avec l'efficience d'utilisation de l'azote, de telle sorte que plus le jeune bovin est efficient pour assimiler et fixer l'azote alimentaire dans ses tissus moindre est la difference isotopique existant entre les protéines plasmatiques et le régime alimentaire en ^{15}N (Figure 1).

Tableau 1. Effet du régime d'engraissement sur l'efficience alimentaire (EA, gain poids vif/ matière sèche ingérée), l'efficience d'utilisation de l'azote (EUN, gain protéique/protéine ingérée), le fractionnement isotopique du ^{15}N et le bilan d'azote chez le jeune bovin.

	EM	EH	*P*-value
Phase *Engraissement*			
MAT ingérés, kg	253	324	<0,001
Gain protéique, kg	64,2	68,1	0,060
EA, g/g	0,187	0,158	<0,001
EUN, g/g	0,255	0,213	<0,001
$\Delta^{15}N$, ‰	3,30	3,79	<0,001
Phase *Bilan d'azote*			
N ingéré, g/j	179	182	0,586
N excrété total, g/j	112	129	<0,001

Figure 1. Relation entre l'efficience d'utilisation de l'azote (EUN) et le fractionnement isotopique du ^{15}N ($\Delta^{15}N$, ‰). $\Delta^{15}N$ = 5,21 -7,11 × EUN (r^2 =0,52 ; P < 0,001)

Discussion

L'amélioration de l'utilisation de l'azote alimentaire par les ruminants diminue les pertes azotées et donc la pollution azotée potentielle issue des animaux de rente. Une augmentation de 4,2 points dans l'EUN (différence moyenne entre les animaux consommant les régimes EM vs EH pendant la phase d'engraissement) pourrait se traduire par une diminution de 10 kg d'azote excrété vers l'environnement par animal à gain de poids équivalent (différence entre EM vs EH dans le calcul [(MAT ingérés/6,25) × (1-EUN)]). Les résultats de bilan d'azote renforcent l'idée d'une meilleure efficience d'utilisation de l'azote alimentaire avec les régimes à base d'ensilage de maïs. En effet à même ingestion de MAT les animaux alimentés à base d'enrubannage d'herbe ont excrété 15% plus d'azote vers l'environnement que ceux alimentés à base d'ensilage de maïs. Ces effets ont été mis en évidence par les résultats du fractionnement du ^{15}N entre le régime et l'animal. Nos résultats confirment le concept d'un fractionnement isotopique accru entre l'animal et son régime lorsque l'assimilation de l'azote dans les protéines animales diminue (Gaye-Siessegger et al., 2004 ; Cheng et al., 2014). Ils suggèrent que le $\Delta^{15}N$ pourrait être un bon indicateur de rejets azotés chez le bovin viande. A la différence d'autres indicateurs tels que l'urée plasmatique, le $\Delta^{15}N$ ne nécessite pas de mesure de digestibilité de la ration ni de rétention d'azote pour prédire l'excrétion azotée totale et l'efficience d'utilisation de l'azote (Kohn et al., 2005).

Conclusion

Nos résultats montrent le fort potentiel du $\Delta^{15}N$ comme marqueur d'efficience d'utilisation de l'azote chez le jeune bovin dans différentes conditions alimentaires. Ceci ouvre la voie à des recherches pour évaluer son utilisation comme indicateur des rejets azotés dans des ateliers d'engraissement.

Références bibliographiques

Cheng L., Sheahan A.J., Gibbs S.J., Rius A.G., Edwards G.R., Dewhurst R.J., Roche J.R. 2014. J. Dairy Sci., 91, 5785-5788.

Gaye-Siessegger J., Focken U., Hansjörg A., Klaus B. 2004. Naturwissenschaften 91:90–3.

Kohn R. A., Dinneen M. M., Russek-Cohen E. 2005. J. Anim Sci. 83(4), 879-889.

Macko S.A., Estep M.L.F., Engel M.H., Hare P.E. 1986. Geochimica et Cosmochimica Acta 50:2143-2146.

Sepchat B., Ortigues-Marty I., Mialon M.M., Faure P., Agabriel J. 2013. Renc. Rech. Ruminants, 20, 169-172

EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DANS LES SYSTEMES BOVIN VIANDE NAISSEURS ET NAISSEURS ENGRAISSEURS EN FRANCE

DOLLE J.B. (1), MOREAU S. (2), MANNEVILLE V. (3), AGABRIEL J. (4)

(1) INSTITUT DE L'ELEVAGE, 56, AVENUE ROGER SALENGRO, BP 80039, F-62051 SAINT-LAURENT-BLANGY CEDEX
(2) INSTITUT DE L'ELEVAGE, AGRAPOLE 23 RUE JEAN BALDASSINI 69364 LYON CEDEX 7
(3) INSTITUT DE L'ELEVAGE, 9 ALLEE PIERRE DE FERMAT 63170 AUBIERE
(4) INRA, UMR1213 HERBIVORES, 63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE, FRANCE ;

Jean-Baptiste.Dolle@idele.fr

Abstract:
Greenhouse gas emissions in French beef systems
In the current environmental context, it is now crucial to quantify precisely the environmental impacts for different ruminant livestock systems by using Life Cycle Assessment (LCA). The French Livestock Institute has launched a work program to determine the environmental assessment of beef cattle systems at the farm scale. A methodology based on life cycle assessment was built to assess GHG emissions. This methodology was applied to beef systems from the French Breeding Network database (calf-to-weanling system producing weaners and calf-to-beef system producing young bulls). French beef cattle systems produced from 12.8 to 15.3 kg CO_2eq/kg of live weight. The calf-to-beef system producing weaners had the lower net carbon footprint (6.1 kg CO_2eq/kg of live weight) considering carbon sequestration. At equivalent systems, an important difference was observed on the final impact between optimized and non optimized farms. These differences were due to herd management, cultural practices, feed and fertilizer strategies and highlight the relation between environmental issues and practices on farm, which propose some ways of mitigation adapted to the production systems.

Introduction

Pour réduire l'effet de l'activité anthropique sur le changement climatique, le protocole de Kyoto, ratifié en 2005, vise une réduction des émissions de GES au niveau international de 20 %, voire 30 %, d'ici 2020 par rapport à 1990. D'importants travaux sont conduits pour apprécier la contribution des différents secteurs économiques. En élevage bovin, l'appréciation analytique des émissions par gaz ou par poste revêt un intérêt pour l'acquisition de connaissances sur les mécanismes d'émission et l'identification des leviers d'action. La complexité des processus et les interactions entre les différents compartiments du système de production nécessitent de considérer les émissions mais également le stockage de carbone associés aux prairies. Cette problématique des émissions de GES et du stockage de carbone se pose à l'échelle des produits au travers des méthodologies basées sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV). L'objectif de cet article est de présenter les résultats issus d'évaluations (ACV) des émissions de gaz à effet de serre conduites en élevage bovin viande.

Matériel et méthodes

Une analyse environnementale multicritère basée sur l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) a été conduite sur un échantillon de 220 exploitations bovin viande naisseurs et naisseurs engraisseurs de la base de données des réseaux d'élevage (Moreau *et al* 2013, Dollé *et al* 2013). Le périmètre d'évaluation concerne l'ensemble des impacts sur la partie du cycle de vie du produit s'arrêtant au portail de la ferme. Cette évaluation intègre les impacts directs liés au processus de production au niveau de l'atelier, mais également les impacts indirects inhérents à la fabrication des intrants et à leur transport (aliments, engrais, carburants…). L'ensemble des impacts environnementaux sur l'eau, l'air et la biodiversité ont été considérés avec un focus sur la contribution au changement climatique. L'évaluation de l'impact sur le changement climatique, repose sur la méthodologie GES'TIM (Gac *et al* 2010) qui intègre les émissions de méthane, de protoxyde d'azote et de gaz carbonique exprimées en kg éq. CO_2 ainsi que le stockage de carbone associé aux prairies permanentes (500 kg carbone/ha/an).

Résultats

Les évaluations **des systèmes naisseurs** font état d'émissions de GES comprises entre 3 566 et 4 629 kg CO_2 eq /UGB (Tableau 1). Ces résultats (Moreau *et al 2013*) mettent en évidence des disparités importantes entre exploitations (+/- 30 %) liées à différents niveaux d'optimisation des pratiques d'élevage. A même niveau de chargement à l'hectare, il ressort en effet que les exploitations les moins efficientes sur le plan environnemental ont recours à des quantités de concentrés et d'azote minéral plus importantes (758 kg de concentrés/UGB contre 210 kg de concentrés/UGB et 24 kg N/UGB contre 7 kg N/UGB pour les exploitations présentant un plus faible impact), le tout à l'origine de bilan azoté et d'émissions de GES plus élevées à l'hectare et à l'UGB. La productivité plus élevée des exploitations fortes consommatrices d'intrants ne permet toutefois pas de « compenser » ce recours plus élevé aux intrants. Ainsi, les émissions de GES exprimées par kg de viande vive sont de 13,8 kg CO_2 eq pour les systèmes les plus efficients sur le plan technique contre 15,3 CO_2 eq pour les moins efficients.

Les systèmes **naisseurs engraisseurs** de jeunes bovins possèdent une empreinte carbone brute inférieure aux systèmes naisseurs (Tableau 1), comprise entre 12,8 de 13,5 kg CO_2 eq/kg viande vive (Moreau *et al* 2013), liée à la quantité plus importante de viande valorisée. Comme observé par Veysset *et al.* (2011), la compensation permise par le stockage carbone sous prairie voisine de 22 % pour les systèmes naisseurs engraisseurs est inférieure à celle des systèmes naisseurs (40 à 50 %) axés essentiellement sur la valorisation de l'herbe. Caractérisés par un niveau d'intensification supérieur, les systèmes naisseurs engraisseurs moins basés sur la prairie possèdent une plus faible empreinte carbone ramenée au kilo de produit mais exercent une pression sur le milieu plus forte et possèdent une dépendance énergétique plus élevée.

Tableau 1 – Empreinte carbone des viandes de systèmes naisseurs et naisseurs engraisseurs

Type d'élevage	Naisseur		Naisseur engraisseur de jeunes bovins	
	Efficience +	Efficience-	Efficience +	Efficience-
Emissions de GES (kg CO2/UGB)	3 566	4 629	4 485	5 142
Chargement (UGB/ha SFP)	1,1	1,1	1,2	2,0
Quantité de concentrés (kg/UGB)	210	758	750	713
Quantité d'azote minéral (kg N/UGB)	7	24	23	41
Production brute de viande vive (kg vv/UGB)	265	307	353	385
Empreinte carbone brute (kg CO_2 eq/kgvv)	13,8	15,3	12,8	13,5
Stockage/déstockage de carbone (kg CO_2 eq/kgvv)	7,7	6,4	5,3	1,4
Empreinte carbone nette (kg CO_2 eq/kgvv)	6,1	8,9	7,5	12,3

Discussion

Une très forte variabilité est observée entre exploitations d'un même système, variabilité qui donne à chaque exploitation les moyens d'optimiser ses pratiques en vue de réduire les impacts environnementaux, sans remettre en cause ses performances économiques. Ces pratiques, axées notamment sur le recyclage du carbone et de l'azote, concernent la gestion des déjections animales, la valorisation du pâturage, la réduction du recours aux intrants, la meilleure gestion des effectifs et la réduction de la dépendance énergétique. Le recours aux prairies a une incidence positive marquée sur le stockage de carbone et donc sur l'empreinte carbone nette. A la différence des systèmes naisseurs au cycle long pour lesquels il convient de réduire la dépendance aux achats extérieurs et privilégier la prairie, il est préférable de rechercher pour les systèmes engraisseurs un niveau d'intensification supérieur plus dépendant des ressources extérieures mais permettant d'augmenter le gain de poids vif et ainsi de réduire la durée d'engraissement. Au-delà de l'optimisation technico-économique et environnementale accessible à court terme, d'autres leviers ou techniques innovantes (méthanisation des déjections, additifs alimentaires,…) devront être actionnés afin de réduire plus avant les impacts environnementaux. Ces leviers, qui pourront générer des frais de fonctionnement ou d'investissement ne devront toutefois pas remettre en cause la pérennité des systèmes de production. Pour ce faire, ils doivent intégrer les dimensions économiques et sociales.

Conclusion

La contribution aux émissions de GES des systèmes de production français est en lien direct avec la performance technique du système et son niveau d'efficience. Les exploitations les plus performantes sur le plan technique possèdent ainsi de plus faibles émissions de GES par kg de produit. Cela signifie que bon nombre de pratiques visant à réduire les émissions de GES sont compatibles avec les performances techniques des ateliers de production. Enfin, bien qu'étant un indicateur « agrégateur » intéressant devant permettre de construire des plans d'action, une approche environnementale monocritère GES n'apparaît pas suffisante et peut se traduire par des transferts de pollution (pertes azotées ammoniacales,…). L'analyse environnementale doit ainsi être multicritères et intégrer notamment la contribution au maintien de la biodiversité, élément essentiel pour l'élevage herbivore.

Références bibliographiques

Dollé J.-B., Faverdin P., Agabriel J., Sauvant D., Klumpp K. 2013 : Contribution de l'élevage bovin aux émissions de GES et au stockage de carbone selon les systèmes de production", *Fourrages*, 215, 181-191.

Gac A., Cariolle M., Deltour L., Dollé J.B., Espagnol S., Flénet F., Guingand N., Lagadec S., Le Gall A., Lellahi A., Malaval C., Ponchant P., Tailleur A. (2010a) : GES'TIM – Guide méthodologique pour l'estimation des impacts des activités agricoles sur l'effet de serre. Réalisé dans le cadre du projet "Gaz à Effet de Serre et Stockage de Carbone en exploitations agricoles" (CASDAR 6147).

Moreau S., Manneville V., Morel K., Agabriel J., Devun J., Le compromis performances de production et impacts environnementaux : méthode et analyse des résultats dans les élevages bovin allaitants *Renc. Rech. Ruminants 2013*, 4 p.

Veysset P., Lherm M. Bébin D. (2011) : Productive, environmental and economic performances assessments of organic and conventional suckler cattle farming systems, *Org. Agric.*, 1-16.

JSMTV

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Session
« Compétitivité économique des filières viandes »

DIAGNOSTIC DE COMPETITIVITE DES FILIERES VOLAILLE DE CHAIR EUROPEENNES ET FRANÇAISES

CHENUT R., MAGDELAINE P., COUTELET G.

ITAVI, SERVICE ÉCONOMIE, 7 RUE FAUBOURG POISSONNIERE 75009 PARIS

chenut@itavi.asso.fr

Abstract

Competitiveness diagnosis of French and European poultry production chains

European Union poultry products went from 20% to 10% of the total world exportations, between 1994 and 2013. This evolution is mostly due to a production cost gap with its main competitors (Brazil in first place), and to the trade liberalization. Meanwhile, Brazil triplicated its production and became the first exporter, before United States. However the competitiveness gap between EU and its world competitors should continue to reduce since raw material prices, labor cost, and regulations are converging.

Within the European Union, the dynamics of the poultry meat sectors are very different according the Member States and reflect various levels of competitiveness. France lost its competitive advantage and its production is decreasing. On the contrary, in Germany, Netherlands and Belgium, the players have invested and increased the size of their units to achieve an increasing mass production. In an increasingly unstable and difficult economy, the ability of firms and sectors to anticipate demand, through product innovation and adapted market segmentation, to manage price volatility, and to create strong partnerships, will determine their level of competitiveness.

Introduction

Les filières animales font face, au même titre que d'autres secteurs agricoles et industriels, aux défis de la compétitivité. La filière volaille ne fait pas exception. Elle est même, en France, l'une des plus touchées par les pertes de marché, à l'export comme sur son marché intérieur, alors que la consommation mondiale connaît une croissance régulière et élevée. Indépendamment du contexte réglementaire que les acteurs ne maitrisent pas, la taille des outils et les partenariats sont des facteurs clés pour la compétitivité des filières.

Matériel et méthodes

Cette synthèse se base sur deux études d'analyse de filières menées par l'ITAVI. La première a été conduite en 2011-2012 avec les deux autres instituts des filières animales (IFIP et IDELE) sur les filières d'élevage brésiliennes. Des chargés de mission des trois instituts se sont rendus au Brésil pour rencontrer les acteurs publics et privés. La seconde étude a été conduite en 2013 dans le but de faire un état des lieux de la production avicole des principaux producteurs européens et de repérer les déterminants de la compétitivité à tous les niveaux de ces filières. Suite à une étude bibliographique, des missions ont été organisées en Espagne, au Royaume-Uni, aux Pays bas, en Allemagne et en Belgique.

Résultats

Les échanges internationaux de volailles (hors échanges intra-communautaires) ont atteint en 2013 13,2 MT sur une production de 107 MT, et sont en croissance moyenne de 7% par an sur 20 ans. Les États-Unis et le Brésil sont au coude à coude pour la place de premier exportateur mondial en volume, avec respectivement 31 % et 30 % des échanges internationaux en 2013. L'Union européenne en revanche ne joue plus un rôle central sur le marché mondial : elle est passée de 20 % des volumes exportés en 1994 à 10 % en 2013. Même si elle reste exportatrice nette en volume (1,43 MT exportées en 2013 pour 0,81 MT importées), elle est déficitaire en valeur depuis le début des années 2000 (déficit de 500 M€ en 2013).

La principale cause de la perte de vitesse de l'UE sur la scène mondiale est la compétitivité coût : le surcoût actuel sortie élevage entre l'Europe et le Brésil est évalué à environ 45 %. A la sortie de l'abattoir, ce surcoût est supérieur à 50%. Cet écart est cependant en réduction sur la dernière décennie, en relation avec une convergence des prix des céréales, une augmentation du coût de la main-d'œuvre brésilienne et un durcissement du cadre réglementaire brésilien.

En parallèle, la libéralisation des échanges initié en 1994 (accord de Marrakech) a fortement impacté les exportations européennes à destination des pays tiers. Même si elles se sont maintenues jusqu'au début des années 2000, grâce au développement des ventes de sous-produits de l'industrie avicole, les exportations européennes ont chuté nettement en valeur à partir de 1998, puis en volume à partir de 2000. Les restitutions à l'export, dont bénéficiaient deux entreprises

françaises, avaient permis un regain à la fin des années 2000, mais leur suppression à l'été 2013 aura vraisemblablement un impact négatif sur les exportations extra-Europe.

En Europe, la production de viande de volaille a atteint 12,3 MT en 2013 selon Eurostat. Depuis 2000, la France a vu sa production refluer de près de 3 % par an en moyenne, alors que celle des autres pays membres s'est maintenue ou développée. Le bassin « Nord Europe » (Basse Saxe, Pays-Bas, Belgique) ressort comme le grand gagnant de cette période. L'Allemagne a connu une croissance continue et a presque triplé sa production en vingt ans.

Au niveau de la production, la France a perdu son avantage concurrentiel : les performances techniques moyennes sont aujourd'hui légèrement inférieures à celles de ses concurrents nord européens. Cette évolution est pour partie liée à la taille des outils de production et à la spécialisation des éleveurs : la capacité moyenne totale d'un atelier français professionnel en poulet standard est de 30 000 têtes (en effectif instantané), quand les ateliers allemands et néerlandais hébergent en moyenne 60 000 animaux, et les britanniques plus de 90 000 (RA 2010).

Discussion

La capacité des acteurs à répondre, dans des conditions satisfaisantes de prix, à des exigences et cahiers des charges variés, sur le marché international, comme sur leur marché domestique, constitue un facteur de compétitivité déterminant. A l'échelle mondiale, la convergence des coûts d'intrants et des coûts de main-d'œuvre entre l'Europe et ses compétiteurs des pays émergents devrait être favorable aux Etats membres.

Au niveau européen, si la France n'accuse pas de handicap rédhibitoire sur le coût du vif, l'écart apparait plus significatif (de 20 à 30 %) sur les coûts aval (abattage/découpe). En 2013, au moment des débats autour de l'instauration d'un salaire minimum en Allemagne, la différence de coût de main-d'œuvre expliquait la moitié de l'écart de coût d'abattage avec la France. Les autres raisons sont liées à l'organisation, les gammes de produits, la taille des outils ou leur taux de saturation.

Ainsi, le déficit de compétitivité français s'explique par un cumul de facteurs défavorables. Certains sont liés à l'environnement réglementaire (fiscalité, coût du travail, interprétation plus contraignante de la réglementation environnementale ou sanitaire), d'autres relèvent de la structure et de l'organisation des filières et des stratégies d'acteurs. Le diagnostic posé est celui d'un manque de standardisation des process et d'investissements dans les outils à tous les stades de la filière. S'ajoute à cela un déficit de coordination et de partage de l'information technique entre les différents maillons, ne permettant pas de réaliser des économies d'échelle et de gamme comparables à celles réalisées par nos voisins (outils anciens et non saturés, absence de système de certification unifié conduisant à l'inflation des cahiers des charges, faiblesse de la R&D, absence de partenariat technique avec la GMS).

Conclusion

En Europe, les capacités des entreprises et des filières à anticiper la demande par des innovations produits et par une segmentation adaptée, ainsi qu'à gérer la volatilité des prix, seront déterminantes.

Elles seront favorisées par des modèles d'organisation flexibles travaillant en flux tendus, afin d'éviter surcapacités et surproductions, des partenariats forts, un partage du risque entre maillons permettant de préserver les marges et les capacités d'investissement de chacun, et enfin, un partage des enjeux économiques et sociaux entre acteurs des filières, pouvoirs publics et société civile. Pour jouer sur le marché mondial, des leaders transnationaux européens devront se structurer.

Références bibliographiques

Cette étude a été conduite avec le soutien financier de FranceAgriMer.
Champion F et al, La compétitivité agricole du Brésil. Le cas des filières d'élevage. NESE n° 37, Janvier-Juin 2013, pp. 127-156
Magdelaine P, Coutelet G, Chenut R, Structures et organisation des filières volailles de chair en Europe : Analyse comparée des filières allemande, britannique, espagnole, néerlandaise et belge. ITAVI pour FranceAgriMer, Septembre 2013.
Renault C, Rieu M, Roussillon MA, Magdelaine P. Analyse de la compétitivité des filières des viandes blanches françaises dans le contexte européen. AND IFIP ITAVI pour FranceAgriMer Avril 2011.
Van Horne PLM, Competitiveness of the Dutch poultry meat sector (English summary). Mai 2013

ANALYSE ET DETERMINANTS DE L'EVOLUTION DES PERFORMANCES D'ELEVAGES ALLAITANTS EN ZONES DEFAVORISEES DE 1990 A 2012

VEYSSET P., BENOIT M., LAIGNEL G., BEBIN D., ROULENC M., LHERM M.

INRA, UMR1213 HERBIVORES, F-63122 ST-GENÈS-CHAMPANELLE, FRANCE

lherm@clermont.inra.fr

Abstract

Analysis and determinants of the performance evolution of sheep for meat and suckler cattle farms in less favored areas from 1990 to 2012.

Over the past 20 years, the Common Agricultural Policy reforms have succeeded one another with, initially, subsidies provided to compensate for the erosion of farm meat prices. Support was given to grassland or extensive farming systems. Despite this, the farm income of these farms remained on average among the lowest of all French farms. One response to the CAP, but also to market signals and hazards, has been a constant increase in the size of farms and labor productivity (by 30-80% in 20 years depending on the regions) accompanied by a simplification of practices, for a near stagnation in the net income per worker, in constant euros. These observations from sheep and suckler cattle networks over the long term from the INRA Clermont-Theix lead to questions about the economies of scale concepts, and about the direction of future agricultural policies.

Introduction

L'élevage bovin et ovin allaitant français est majoritairement situé en zones défavorisées qui rassemblent 67% des vaches allaitantes et 79% des brebis nourrices (Agreste, RA 2010). Suite au Traité de Rome, une PAC européenne a été progressivement instituée avec pour but d'accroître la productivité de l'agriculture pour atteindre l'autosuffisance alimentaire et assurer un revenu aux producteurs par un soutien des prix intérieurs. Assez rapidement confrontée à des excédents structurels de production, diverses réformes de la PAC (1992, 2000) visent à se rapprocher des cours mondiaux, cette baisse étant compensée par des aides directes aux agriculteurs. Sur la période étudiée, des effets socio-économiques combinés et divers événements (crises ESB 1996 et 2001, sécheresse 2003, flambée du prix des céréales 2007 et 2012) ont amené , ces exploitations à fortement évoluer dans leur structure et systèmes de production (Benoit et Laignel, 2011) mais leur revenu reste toujours parmi les plus faibles de l'agriculture française.

L'objectif de cette étude est d'analyser sous divers angles les évolutions sur le long terme des exploitations allaitantes en zones défavorisées. En ciblant sur les impacts des différentes réformes de politique agricole communes (PAC) et d'autres éléments forts de contexte (marché, prix, météorologie), nous évoquerons des perspectives d'avenir.

Matériel et méthodes

Afin de percevoir les effets sur les systèmes de production de ces divers évènements, nos observations portent sur une période de 23 ans, de 1990 à 2012. La base de ce travail repose sur un réseau de fermes suivies sur le long terme (INRA de Clermont-Theix) (Veysset et al., 2014). Ainsi, 51 exploitations *d'élevage charolais* sont étudiées en échantillon constant de 1990 à 2012 (nord Massif Central). En élevage ovin, deux groupes sont suivis : l'un en zone de demi-montagne du Massif Central (races locales de type rustique), et l'autre en plaine (Allier et Sud Vienne), dénommés respectivement « *rustique* » et « *de plaine* ». Constitués de 42 exploitations en 1990 et 32 en 2012, ces 2 réseaux ne sont pas à échantillon constant sur 23 ans, mais la majorité des fermes est présente sur la période. Les données récoltées concernent la main-d'œuvre, la structure, les surfaces et l'assolement, ainsi que tous les éléments de comptabilité agricole. Elles permettent de calculer environ 3000 variables technico-économiques.

Résultats

En 23 ans, la SAU moyenne a augmenté de respectivement 54%, 48% et 61% pour les *bovins, ovins rustiques et de plaine*. Le cheptel moyen (UGB) s'est accru de 30 à 40%. Dans le même temps, le nombre de travailleurs par exploitation est resté stable. Les exploitations *ovines rustiques* sont les plus herbagères ; la SFP y occupait jusqu'en 2007 environ 95% de la SAU. Depuis 2007, les cultures se sont accrues (environ 10% de la SAU). Elles sont destinées au troupeau et il n'y a pas de culture de vente. Les quelques troupes bovines des années 1990 ont disparu du réseau et certaines fermes se sont diversifiées avec des élevages hors sol ou du tourisme.

Chez les *ovins de plaine*, il reste des troupeaux bovins allaitant (9% des UGB), et la diversification avec cultures de vente a été forte à partir de 1996 ; la SFP occupe 74% de la SAU, et les cultures de vente 20%. A l'inverse, les exploitations *bovines charolaises* ont plutôt augmenté leur spécialisation bovine, sans se diversifier. La SFP occupe 80% de la SAU et l'herbe s'impose face au maïs dont la part en ensilage dans la SFP diminue, de 6,3% en 1990 à 2,4% en 2008. 30% de la surface en cultures est destinée aux animaux ; 87% de la SAU est ainsi consacrée au troupeau.

La productivité numérique est peu variable en bovin contrairement à ce que l'on observe en production ovine (Benoit et Laignel, 2011) du fait 1/ de la variabilité du taux de mise bas et de la prolificité, 2/ des conduites de reproduction variées (systèmes plus ou moins accélérés, saisonnalité) et 3/ de la performance technique variable recherchée par les éleveurs.

Sur 23 ans, dans les exploitations ovines étudiées, la productivité numérique s'est dégradée : -10% en rustique et -17% en plaine. Cette dégradation est lié à une forte hausse de mortalité des agneaux : +60 à +70% en 23 ans pour atteindre 15% et 23% respectivement en rustique et en plaine. En bovin, la productivité pondérale (kg viande vive produits par UGB) des bovins a gagné 30 kg soit 10% (328 kg en 2012), grâce à la vente d'animaux plus lourds au même âge : le poids des broutards ainsi celui des vaches de réformes engraissées ont augmenté d'environ 10%. Les poids de carcasse des agneaux lourds ont augmenté de 5 à 8%, la productivité pondérale (kg carcasse produits par brebis en rustique s'est juste maintenue (20 kgcc/Brebis), et elle a chuté de 5 kg soit -16% en plaine. Les quantités de concentrés distribuées aux animaux ont « explosées » : +43% en bovins malgré la baisse de l'engraissement et +33% en ovins. Les charges fixes (principalement mécanisation) par ha de SAU ont augmenté de 6% pour les exploitations bovines et de 27% et 4% respectivement pour les ovins rustiques et de plaine. Les revenus par travailleur des exploitations bovines et ovines de plaine sont du même niveau, autour de 23 000 €/UTH avec de fortes variations inter annuelles mais globalement stable sur 23 ans. Le revenu en ovin rustique, très faible au début, a rejoint le niveau des autres groupes grâce aux CTE et au bilan de santé de la PAC qui a eu un impact très positif.

L'année 2003 du fait de la sécheresse apparait bien en creux comme 1996 et 2001 en bovin (ESB) mais du fait d'adaptation et aides supplémentaires, ces années-là ne sont pas les pires où, comme en 2007-2009, la hausse des charges entrainent à la baisse très importante.

Discussion

Depuis 1990, les aides animales, celles à la surface fourragère et les ICHN ont permis le maintien de prairies et d'herbivores. La majorité des aides n'étant pas soumis à des plafonds de versement, l'incitation indirecte à l'agrandissement a été forte. La baisse passée du prix des céréales, l'attribution de l'aide SCOP aux surfaces de céréales auto-fournies, mais également la nécessité de simplification des pratiques ainsi que les exigences de l'aval, ont contribué à la forte augmentation de la quantité de concentrés distribuée par animal. L'envolée récente du prix des céréales n'a pas encore inversé cette tendance mais l'a seulement stabilisé.

L'augmentation continue de la productivité du travail a nécessité des investissements lourds qui ont bénéficié, pour les bâtiments, d'aides dans le cadre des Plans de Maitrise des Pollutions d'Origines Agricoles et de Modernisation. Leur durée importante d'amortissement étale ces charges, qui sont restées stables. Par contre, pour le matériel, elles n'ont cessé d'augmenter. Il n'y a donc pas eu d'économie d'échelle. Certains de ces investissements ont été stimulés par une politique fiscale incitative. Cette forte capitalisation dont 38% vient du cheptel peut être un frein à la reprise et l'installation des jeunes. En effet il faut aujourd'hui investir, en euros constants, 15 à 20% de plus en production ovine et 45% de plus en production bovine qu'en 1990 pour une espérance de revenu identique. Les gains de productivité du travail n'ont donc pas profité aux éleveurs ; ils ont été « redistribués » essentiellement vers l'aval (baisse de prix) et vers l'amont, notamment vers le secteur du machinisme. Nous observons par ailleurs un risque de baisse des résultats techniques dans les exploitations conduisant de grands troupeaux. Ceci explique en partie la baisse de la productivité numérique des troupes ovines alors que celle des troupeaux bovins est restée stable bien que les plus grands troupeaux aient de moins bonnes performances.

Conclusion

Comme l'ensemble des exploitations, les exploitations d'élevage allaitant sont moins nombreuses et leur taille et leur productivité du travail ont augmenté fortement, ce qui leur a permis juste de maintenir leur revenu. Ces voies d'adaptation ont obligé les éleveurs, pour des raisons de travail, à investir en équipement et à trouver des solutions de simplifications de pratiques (Hostiou et Fagon, 2012) au risque de pénaliser les performances animales (Agabriel et al., 2012). L'augmentation des prix liés à l'énergie sera un challenge à venir, la recherche de l'efficacité d'utilisation de ces intrants ainsi que les synergies entre cultures et élevage seront à privilégier même si la future PAC vise à conforter ces systèmes d'élevage en zones défavorisées par le maintien des aides "couplées" et la revalorisation des ICHN.

Références bibliographiques

Agabriel J., Farrie J.P., Pottier E., Note P., Pomiès D., 2012. Conséquences zootechniques de simplifications de pratiques : exemples de la distribution des aliments et de la traite des vaches. INRA Prod. Anim., 25, 141-158.

Agreste, 2013. Recensement Agricole. http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/recensement-agricole-2010/

Benoit M., Laignel G., 2011. Analyse sur le long terme de systèmes d'élevage ovins allaitants en France. Quelles trajectoires et quels facteurs de réussite économique ? INRA Prod. Anim., 24, 211-220.

Hostiou N., Fagon J., 2012. Simplification des conduites d'élevage : analyse transversale des pratiques mises en oeuvre dans les filières herbivores et granivores. In : Travail en élevage. INRA Prod. Anim., 25, 127-140.

Veysset P., Benoit B., Laignel G., Bébin D., Roulenc M., Lherm M., 2014. Analyse et déterminants de l'évolution des performances d'élevages bovins et ovins allaitants en zones défavorisées de 1990 à 2012. INRA Prod. Anim., 2014, 27 (1), 49-64.

VIANDE BOVINE, BROUTARDS : QUELLES EXPORTATIONS FRANÇAISES VERS LE MARCHE ITALIEN A L'HORIZON 2016 ?

MONNIOT C., CHAUMET J.M., CHOTTEAU P.

INSTITUT DE L'ELEVAGE
149 RUE DE BERCY - 75012 PARIS -FRANCE

caroline.monniot@idele.fr

Abstract: Beef and store cattle; perspectives for French exports to Italy?
The economic and financial crisis in Italy has led to a decline in beef consumption. It has also driven consumers to turn towards lower-priced products, triggering an increase in meat imports. Due to rising production costs and a cap on sale prices, many fatteners have been in financial trouble for three years. The credit crush in the country has added to these difficulties. In addition, the upcoming CAP reform will reduce financial support paid to Italian fatteners. These factors will force the least efficient farms out and increase the degree of concentration. About 89% of Italy's imported store cattle come from France, and 80% of France's exported weanlings go to Italy. The two countries are interdependent. Exports from France to Italy will probably stabilize around 700 000 to 750 000 heads by 2016.

Introduction

La filière franco-italienne, structurée depuis plus de 50 ans, souffre de la baisse de rentabilité de l'engraissement dans la plaine du Pô. L'enjeu est de taille des deux côté des Alpes : le débouché italien représente plus de 80% des exportations françaises de bovins maigres, tandis que la France compte pour 90% des importations italiennes. Les deux pays sont donc totalement dépendants l'un de l'autre et il n'y a plus guère de parts de marché à prendre pour les exportateurs français sur les autres fournisseurs (Irlande, Pologne, Roumanie…), dont les envois ont reflué ces dernières années.
Avec 40% des volumes de viande exportés par l'Hexagone, l'Italie est également le premier débouché pour la viande bovine française, débouché d'autant plus primordial que le second marché, la Grèce, reste engluée dans la crise économique. Mais cette viande française concurrence directement la viande issue de broutards français puisqu'elle arrive désormais sur le même segment de marché.
Quel avenir pouvons-nous entrevoir pour ce débouché clé que représente l'Italie, tant pour la viande que pour les broutards du cheptel allaitant français ? Quel équilibre trouver entre viande et vif ?

Matériel et méthodes

La présente étude s'appuie sur l'analyse des données chiffrées de production, consommation, commerce extérieur et prix, ainsi que sur des entretiens semi-directifs auprès d'experts et d'opérateurs de la filière franco-italienne réalisés en juin-juillet 2013. Afin d'évaluer l'impact de la crise économique et financière sur le marché italien, les résultats ont été comparés à ceux enregistrés lors d'une précédente phase d'enquêtes réalisées en mai-juin 2010.

Résultats

La crise économique et financière qui a touché l'Italie a provoqué une forte chute de la consommation de viande bovine, mais également une descente en gamme de la demande et une ouverture plus large aux importations de viande. Le jeune bovin issu de broutard importé, engraissé et abattu en Italie n'arrive plus à se démarquer des viandes importées et son prix plafonne. Ainsi, dans les linéaires, le prix de la viande d'un jeune bovin Charolais tend à être identique que l'animal soit engraissé dans la plaine du Pô ou bien en France. Cette viande haut de gamme est en outre de plus en plus concurrencée par des importations de bœuf d'Irlande ou de Bavière, et davantage encore par des importations low cost de Pologne ou du Brésil.
Pris en étau entre un plafonnement du prix de vente et la hausse de leurs coûts de production, beaucoup d'engraisseurs sont en difficulté financière depuis 3 ans, d'autant plus que le financement à court-terme est devenu compliqué à négocier avec les banques. L'activité se restructure donc rapidement. Les plus solides financièrement ont souvent investi dans des installations de biogaz, le prix de rachat de l'électricité étant l'un des plus élevés d'Europe et garanti sur 15 ans. Ce développement du biogaz a des effets paradoxaux : il concurrence l'engraissement pour la valorisation du maïs ensilage ; mais il consolide aussi l'activité car l'approvisionnement du digesteur exige une forte proportion de lisier pour toucher le tarif maximum.
Les autres maillons de la filière sont également affectés. En forte surcapacité, les abatteurs sont très peu concentrés en Italie, les 4 principaux groupes ne réalisant que 20% des abattages de gros bovins. En outre, les abattoirs ont aussi dû faire face à la nouvelle loi sur les délais de paiement, limitant à 60 jours le crédit fournisseur. Tous les abatteurs qui le peuvent visent à concentrer leurs ventes sur les chaînes de grande distribution, considérées comme des payeurs bien plus fiables que les grossistes, ce qui renforce la concurrence et favorise les baisses de prix tout au long de la chaîne.
Enfin, la réforme de la PAC, avec la convergence bien que partielle (60% à l'horizon 2020) des aides directes, constitue une menace sérieuse pour le secteur. En effet, les aides perçues par les engraisseurs étaient jusque-là très élevées, en

moyenne de 680 €/ha grâce aux références historiques. La généralisation de l'aide couplée en Italie (45 à 80 €/tête de jeune bovin) ne compensera pas la forte baisse des aides à l'hectare.

Pour autant, une poursuite du recul de l'engraissement au rythme de ces 2 dernières années parait peu probable. La sortie de la crise économique prévue en 2014 ne devrait certes pas se traduire par un rebond de la consommation, mais plus probablement par sa stabilisation. La consolidation de l'engraissement dans les structures les plus solides pourrait signifier des flux entre 700 et 750 00 broutards français à l'horizon 2016, en retrait de 8 à 14% par rapport aux flux de 2012.

Discussion

Un autre scénario serait possible : miser sur le remplacement partiel de l'exportation de bovins maigres par des exportations de viande française. Outre que cela exigerait de mettre en place dans l'Hexagone des capacités accrues d'engraissement, il n'est pas du tout garanti que la viande « franco-italienne » soit substituée à 100% par de la viande française, à des niveaux de prix permettant d'assurer une rémunération satisfaisante aux producteurs français. En effet, le marché de la viande en Italie est beaucoup plus concurrentiel que celui du broutard. Les viandes irlandaise et allemande arrivent moins chères que la française et apportent en outre des services supplémentaires appréciés des distributeurs italiens (muscles sous vide catégoriel, UVCI…). Enfin les viandes polonaise et d'Amérique du Sud, certes positionnées sur des créneaux différents, ont un avantage prix indéniable qui leur ont permis de se faire une place importante sur le marché italien.

Les flux actuels de viande bovine française vers l'Italie pourraient se maintenir à condition que l'offre française s'adapte à un marché qui sera de plus en plus dominé par la grande distribution, les boucheries traditionnelles continuant à perdre du terrain. Ce marché devrait demander davantage d'approvisionnement en muscles et une pleine adéquation avec les évolutions de la consommation des ménages concernant les tailles de portions.

Conclusion

Après les fortes baisses enregistrées ces 4 dernières années, la consommation italienne de viande bovine ne rebondira pas. La restructuration du secteur de l'engraissement en Italie est d'autant plus rapide que le recours au crédit est difficile en raison du manque de liquidités dans le pays. A l'horizon 2016, les flux de broutards français devraient se stabiliser entre 700 000 et 750 000 têtes. Les importations italiennes de viande bovine française dépendront quant à elles de la capacité des opérateurs à répondre aux attentes du marché italien, en termes de qualité, prix et service, au regard de la concurrence européenne et internationale.

Références bibliographiques

Dossier économie de l'Elevage n°439
Dossier économie de l'Elevage n°414
Il mercato della carne bovina 2012 SMEA

COMPARAISON MONDIALE DES COÛTS DE PRODUCTION DANS DIFFERENTS CAS TYPES D'ATELIER D'ENGRAISSEMENT DE BOVINS

PINEAU C. (1), SANNE E. (2)

(1) INSTITUT DE L'ELEVAGE, SERVICE ECONOMIE DES EXPLOITATIONS D'ELEVAGE (S3E), 63170 AUBIERE ; (2) INSTITUT DE L'ELEVAGE, SERVICE PRODUCTION DE VIANDE (SPV), 87060 LIMOGES

christele.pineau@idele.fr

Abstract: Worldwide comparison of fattening typical farms competitiveness
Agri benchmark is an international network of agro-economists, analysing beef farms competitiveness and beef international trade. Pluri-annual comparisons between countries are carried out. National experts chose the most accurate typical farms to represent their country. In 2012, there were 28 countries represented by 71 fattening and 56 cow-calf typical farms. Costs of production are calculated according to standardised methods. They include livestock prices, feed costs, other cash costs, equipments costs and opportunity costs (labour, capital and land). Costs level depend on the type of production system including factors such as herd management, size, feeding system, housing... Three main fattening systems are described: maize silage, feed-lots and pasture. Production costs respectively reach about 400 €/100 kgc, 300 €/100 kgc and 200 €/100 kgc. Beef fattening products are diverse, according to the potential of the area. This is reflected in costs of production. In 2012 a loss of profitability was observed in feedlots and total returns were less than costs of production in several countries.

Introduction : Le réseau agri benchmark est un réseau international d'économistes agricoles, de conseillers et de producteurs, qui étudient la compétitivité des secteurs des productions animales et végétales de par le monde. L'Institut de l'Elevage est un des membres fondateurs de ce réseau pour la viande bovine. La particularité est de combiner des approches macro et micro-économiques pour interpréter et anticiper les évolutions du secteur. En 2012, 28 pays ont participé, couvrant plus de 70 % de la production et des échanges mondiaux de viande bovine. Le second objectif de ce réseau est de comparer les revenus, prix et coûts de production des exploitations productrices de viande bovine, en utilisant des données provenant de fermes représentatives, appelées fermes types. Alors que la plupart des pays ne dispose pas de réseaux de suivis de fermes, la particularité de la France est de s'appuyer sur le dispositif des Réseaux d'élevage (observatoire technico-économique commun à l'Institut de l'élevage et aux Chambres d'agriculture).

Matériel et méthodes : Le réseau s'appuie sur une méthode standardisée pour centraliser les données lui permettant ainsi les comparaisons entre pays. Les fermes types sont choisies à partir d'une approche pas à pas, afin d'être représentatives des systèmes les plus communément retrouvés dans le pays. Le coût de production des ateliers d'engraissement est systématiquement composé des achats d'animaux, des charges d'aliments, des frais d'élevages, des charges liées aux équipements et enfin des facteurs de production, ou coûts d'opportunité (travail, terres, capital). Les coûts de production sont affichés en €/100 kg de carcasse. Les données présentées ci-après (Figure 1) proviennent plus particulièrement des résultats de coûts de production des principaux engraisseurs mondiaux concurrents de la France : Italie, Allemagne, USA, Argentine, Australie et Brésil.

Résultats : Concernant l'engraissement des bovins, trois systèmes principaux se côtoient au niveau mondial et sont ici étudiés. Les systèmes européens se caractérisent par une alimentation à base de céréales, concentrés et ensilage de maïs. Ils sont représentés par un cas type français (issu de la région des Pays de la Loire) engraissant 200 animaux par an, une allemande de taille équivalente (280 animaux engraissés par an) et une italienne possédant un atelier d'engraissement de 910 animaux. Les systèmes américains (étasuniens américains et argentins) et australiens sont des feedlots, élevant respectivement 7 200, 26 000 et 16 000 animaux par an et dont l'alimentation est principalement constituée d'une ration énergétique à base de concentrés et de céréales. La dernière ferme type présentée correspond au système brésilien, dont les 1070 animaux sont exclusivement élevés au pâturage. En 2012, les exploitations brésiliennes se démarquent par de faibles coûts de production situés autour de 240 €/100 kg de carcasse. L'élevage en plein air intégral extensif leur permet d'avoir des charges de structure faibles puisque ces systèmes fonctionnent sans bâtiment d'élevage et de stockage. Ils sont peu mécanisés : la surveillance des animaux se faisant encore grâce à des gauchos (vachers à cheval). Les coûts d'équipement sont entièrement liés aux clôtures qui délimitent les pâtures. A noter également, un coût du foncier important lié à l'exploitation des 900 ha d'herbe. Certes, ces systèmes sont aussi peu consommateurs d'intrants mais cela se traduit par une croissance des animaux très réduite, puisque les animaux finis atteignent les 500 kilos vifs en 850 jours.
Les charges de structure et autres coûts des facteurs de production, toujours en €/100 kgc sont aussi très limités dans les feedlots américainsétasuniens, australiens et argentins en raison d'une part de l'absence de bâtiments et d'autre part de la dilution des charges fixes dans l'important tonnage produit sur de telles unités. En effet, le regroupement des animaux (de 7 000 à 21 000 animaux élevés par an) sur une surface très réduite permet de limiter les coûts d'investissement et de fonctionnement des installations en réalisant d'importantes économies d'échelle. L'achat des animaux représente donc plus de la moitié du coût de production. Ces systèmes sont aussi particulièrement sensibles aux charges d'alimentation : achats et/ou stocks en fourrages sont conséquents en prévision d'aléas climatiques. Les

frais de main d'œuvre annuels sont considérablement réduits en raison d'une courte période d'engraissement et par un haut niveau de mécanisation. Ainsi les coûts de production varient de 316 € pour le système argentin, à 361 €/100 kg de carcasse pour le système américain. Quant aux systèmes européens, de dimension familiale, ils doivent supporter des charges d'équipement importantes pour pouvoir assurer leur niveau de production. En effet, ils élèvent leurs animaux en bâtiments, et produisent la majorité de l'alimentation sur leur exploitation et donc sont mécanisés. Ceci explique que leurs coûts de production demeurent supérieurs, autour de 400 €/100 kg carcasse, à ceux des autres pays étudiés. Le système allemand représenté ici est basé sur l'achat de veaux laitiers Fleckvieh de 45kg engraissés 17 à 18 mois. Le faible coût du maigre est donc contrebalancé par un coût alimentaire élevé. Dans le système italien, l'achat d'animaux plus lourds que dans le système français pèse sur le coût du maigre mais les charges fixes sont réduites car réparties sur un plus grand nombre d'animaux.

Figure 1 : Coûts de production et produits chez les principaux engraisseurs de viande bovine dans le monde - source agri benchmark 2012- traitement Institut de l'Elevage.

Discussion:

La hausse des cours des matières premières végétales a fortement pénalisé les coûts de production de tous les éleveurs bovins viande, et plus particulièrement les ateliers d'engraissement et ce à l'échelle mondiale. Selon son profil de coût, chaque système a une sensibilité différente aux postes de charges. Par exemple la hausse des coûts des matières végétales, même si elle a touché tous les élevages, a été particulièrement importante pour les feedlots étatsuniens et australiens, largement dépendants des achats de concentrés. Les systèmes européens, plus autonomes pour l'aliment, ont trouvé des stratégies d'adaptation depuis 2008 afin d'amortir cette nouvelle hausse. Enfin, les systèmes herbagers extensifs du Brésil ont été beaucoup moins impactés. La hausse régulière des coûts de production est plutôt imputable à l'inflation que connaît le pays tout entier. De plus la compétition grandissante avec la production de soja et l'absence de toute régulation des prix du foncier expliquent des coûts liés aux terrains plus élevés au Brésil qu'en Europe. Toutefois, que ce soit en Allemagne ou en Italie, le prix du foncier lui aussi augmente sur les terres propices à la culture de maïs et en raison de la développement de la méthanisation. Au final, les écarts de coûts de production entre ces différents pays tendent à se réduire au fil des ans, depuis 2005, passant de 350 € à 150 €/kg de carcasse. Dans tous les systèmes, les produits totaux sont inférieurs à la totalité des coûts engagés. Ceci illustre la faible rentabilité de l'élevage bovin viande partout dans le monde et explique la faible croissance de la production mondiale. En revanche, la persistance de l'élevage bovin sous-entendrait que d'autres facteurs de choix s'ajouteraient à la dimension économique tels que l'utilisation de l'espace, des interactions entre productions, des réserves de surface, une trésorerie facilement disponible, une dimension patrimoniale et un goût pour le métier d'éleveur allaitant.

Conclusion :

Les principaux systèmes de production, dans le monde, s'avèrent être très disparates, variant selon les potentialités locales, mais aussi selon le type de produit visé : animaux finis au grain, à l'ensilage ou à l'herbe, types de races choisies.Ils sont soumis à d'autres facteurs : politiques agricoles, politiques foncières et des structures agricoles, aménagement du territoire. Le bœuf n'est donc pas une commodité standard mais bien un produit adapté à la demande des marchés. Les coûts de production traduisent cette diversité. La flambée des aliments du bétail remet en cause la rentabilité dans les feedlots liés principalement à des problèmes d'autonomie à long terme. En revanche, le modèle européen, jugé souvent comme peu compétitif, tire son épingle du jeu, aidé par des prix de vente nettement à la hausse.

Références bibliographiques

Monniot *et al*, Dossier économie de l'élevage, Année 2013, perspectives 2014, Mai 2014, N° 446, 37p.

Pineau *et al.*, 2014, Quels impacts de la flambée des matières premières sur les coûts de production dans le Monde ?, Conférence « Les marchés mondiaux en 2014 : risques et opportunités pour les filières viande bovine françaises et européennes », Paris, Mai 2014

Deblitz *et al.*, agri benchmark beef and sheep report. Version 2013.150p

Sarzeaud *et al.* Flambée des coûts de production et convergence des prix - Impact variable selon les conduites. Conférence « Les marchés mondiaux en 2013 : risques et opportunités pour les filières viande bovine françaises et européenne », Paris, Mai 2013.

Sanne *et al.,* Comparaison internationale des coûts de production BV : Comment les systèmes de production jouent-ils sur la compétitivité? « Conférence Les marchés mondiaux en 2012 : risques et opportunités pour les filières viande bovine françaises et européennes », Paris, Mai 2012.

Cas types nationaux, 2012, Réseaux d'élevage.

EVALUATION DES ELASTICITES-PRIX DE LA DEMANDE DES PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE EN FRANCE ENTRE 1999 ET 2009.

BOIZOT-SZANTAI C. (1), SANS P. (2)

(1) INRA-UR1303 ALISS, 65 BOULEVARD DE BRANDEBOURG, 94205 IVRY-SUR-SEINE, CEDEX
(2) ENV TOULOUSE ET INRA-UR1303 ALISS, 23 CHEMIN DES CAPELLES, 31076 TOULOUSE CEDEX 03

christine.boizot@ivry.inra.fr, p.sans@envt.fr

Abstract:
Price-elasticies of animal products in France over the period 1999-2009
Meat product consumption has faced quantitative and structural changes over the last four decades. This contribution is aimed at measuring the budget shares devoted to animal products (except dairy ones) and measuring the sensitivity of demand to price variation. By using a French data panel, authors show that budget shares are almost unmodified between 1999 and 2009. Uncompensated and compensated price-elasticies have been estimated for 6 groups of animal products and 10 groups of meat and meat products.

Introduction
La consommation de viandes a connu de profonds changements durant les quatre dernières décennies en France (FranceAgriMer, 2010). Le volume total consommé par habitant est passé de 77,6 kg équivalent carcasse par habitant en 1970 à 85,9/kg.ec/hab en 2012. Cette augmentation s'est accompagnée d'une modification de la structure de la consommation en termes d'espèces. La part des viandes issues de ruminants (bœuf, veau et ovin/caprin) a baissé au profit des viandes de monogastriques (porc et volailles). Cette contribution vise à mesurer les parts budgétaires consacrées aux produits d'origine animale (hors produits laitiers) et à mesurer la sensibilité de la demande à leur variation de prix.

Matériel et méthode
Les données utilisées sont issues du KantarWorldPanel. Ce panel mesure les achats d'un échantillon de ménages représentatif de la population française, en vue d'une consommation à leur domicile. L'univers retenu est constitué des viandes et produits carnés, des produits de la mer (poissons, crustacés et mollusques) et des œufs. Les codes-produits ont été regroupés en 6 familles de produits d'origine animale puis, pour certains d'entre eux, en 10 groupes de viandes et produits carnés. Les données concernent les années 1999 et 2009. Ce choix se justifie par la volonté de mesurer des évolutions sur une décennie en évitant, autant que faire se peut, des chocs de consommation liés à des crises sanitaires et/ou médiatiques touchant l'une ou l'autre des filières.
Le prix au kilogramme observé pour chaque achat des ménages est remplacé par un prix moyen au kilogramme calculé en tenant compte du type d'unité urbaine et du département de résidence afin de simuler une situation dans laquelle les ménages d'une même zone seraient confrontés aux mêmes prix, indépendamment des choix de lieu d'achat et des dépenses individuelles du ménage.
Seuls les ménages ayant acheté au moins une fois dans l'année de chacun des ensembles « Viandes, charcuteries et produits transformés de viande », « Œufs » et « Poissons et fruits de mer et produits transformés de la mer » ont été conservés. Cela permet de ne pas inclure dans l'échantillon des ménages qui ne consomment pas le produit pour des raisons indépendantes du prix tel le goût par exemple.
On fait l'hypothèse que le budget alloué à l'achat des produits animaux (hors produits laitiers) est arbitré entre les catégories qui le composent indépendamment du reste du budget du ménage (hypothèse de séparabilité faible). Le système de demande utilisé estime un ensemble de vecteurs de parts budgétaires en fonction de vecteurs de prix, de la dépense totale et de variables sociodémographiques.
On mesure d'une part la part budgétaire consacrée à chaque groupe de produits, d'autre part la sensibilité de la demande au prix par le biais de la mesure de deux élasticités-prix :
- l'élasticité-prix directe non compensée de la demande, qui est le rapport entre le pourcentage de variation de la demande d'un bien et le pourcentage de variation du prix de celui-ci.
- l'élasticité-prix directe compensée de la demande qui corrige la précédente élasticité, en neutralisant l'effet de perte de pouvoir d'achat liée à l'augmentation du prix du produit.

Résultats
Les échantillons étudiés sont constitués de 3021 ménages en 1999 et de 6189 ménages en 2009. Le tableau 1 montre que les parts budgétaires des différentes familles de produits (exprimées en % de la dépense consacrée à l'ensemble des 6 familles) varient peu entre 1999 et 2009. Seules les élasticités-prix significatives sont interprétables. Elles évoluent peu entre 1999 et 2009, à l'exception des produits transformés de la mer. On constate que les élasticités-prix des viandes sont inférieures à 1 ce qui signifie que la variation de 1% du prix entraîne une diminution de moins de 1% (-0,854% en 1999) de la demande. Elles sont inférieures à celles des poissons et fruits de mer, famille plus sensible à la variation du prix. Par ailleurs, la valeur de l'élasticité-prix directe non compensée pour les viandes (-0,728 en 2009) est

plus de deux fois plus forte que celle compensée de cette perte (-0,296). Cela montre l'effet de la perte de pouvoir d'achat sur la sensibilité du ménage à la variation du prix du produit.
L'analyse des mêmes indicateurs pour l'univers des viandes et produits carnés confirme la stabilité des parts budgétaires sur la période (Tableau 2). Les valeurs les plus élevées d'élasticités-prix, supérieures à 1, sont observées pour les produits les plus chers (veau et mouton). Quel que soit le groupe considéré (avec quelques nuances), les élasticités évoluent peu entre 1999 et 2009. La différence entre les valeurs des deux types d'élasticité pour un même groupe est faible, à l'exception du bœuf et de la charcuterie de porc.

Tableau 1 : Parts budgétaires et élasticités des 6 familles de produits pour les années 1999 et 2009.

	Viandes		Charcuteries		Produits transformés de viandes		Œufs		Poissons et fruits de mer		Produits transformés de mer	
	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009	1999	2009
Parts estimées	0,436	0.415*	0.263*	0.262***	0.061***	0.059***	0,039	0,04	0.081***	0,086	0,12	0,139
Elasticités prix directes non compensées	-0.854***	-0.728***	-0.701***	-0.439***	-0.843**	-0.995***	-1,043	-1,483	-1.353***	-1.291***	-1.820**	-0,99
Elasticités prix directes compensées	-0,426	-0.296**	-0.440***	-0,180	-0.787*	-0.947***	-1,014	-1,458	-1.235***	-1.161**	-1.711**	-0,882

*** : p<0,001 ** : p<0,01 * : p <0,05

Tableau 2 : Parts budgétaires et élasticités des 10 groupes de viandes et produits carnés pour les années 1999 et 2009.

	Parts estimées		Elasticités prix directes non compensées		Elasticités prix directes compensées	
	1999	2009	1999	2009	1999	2009
Bœuf	0.201***	0.198***	-0.426***	-0.604***	-0.230*	-0.398***
Veau	0.064***	0.060***	-1.293***	-1.191***	-1.238***	-1.108***
Mouton	0.043***	0.037***	-1.181***	-0.989***	-1.146***	-0.944***
Porc hors charcuterie	0.090***	0.086***	-1.048***	-0.743***	-0.918***	-0.646***
Volailles	0.146***	0.158***	-0.870***	-0.878***	-0.711***	-0.719***
Autres viandes	0.028*	0.024***	-0.436**	-0.611***	-0.420*	-0.595***
Charcuterie de porc	0.319***	0.324***	-0.893***	-0.839***	-0.560***	-0.515***
Charcuterie de volailles	0,017	0,024	-0,271	-0.652*	-0,277	-0.655**
Autres charcuteries	0.014**	0,01	-0.724*	-0.944***	-0.707*	-0.934**
Produits de viandes transformés	0.079**	0.080***	-0.962***	-1.098**	-0,894	-1,038

*** : p<0,001 ** : p<0,01 * : p <0,05

Conclusion :
L'élasticité-prix de la demande des produits d'origine animale n'a pas fait l'objet de travaux récents en France. Cette première contribution permet de fournir des estimations utiles pour mesurer la sensibilité de la demande à la variation des prix. Les valeurs obtenues sont comparables avec celles obtenues par d'autres auteurs sur la même période (Pomboza R. et Mbaga M. 2007). Le travail mené permet également d'estimer des élasticités-prix croisées de la demande entre groupes de produits (résultats non présentés ici) et, à terme, en travaillant sur des jeux de données plus importants, d'étudier les substitutions entre produits au sein d'une même espèce.

Bibliographie :
FranceAgriMer (2010) La consommation française de viandes : évolutions depuis 40 ans et dernières tendances, disponible au : http://www.franceagrimer.fr/content/download/3144/17127/file/famsynt_conso_viande_0910.pdf
Pomboza R. et Mbaga M. (2007) Estimation des élasticités de la demande alimentaire au Canada. Ministère de l'Agriculture du Canada, disponible au : http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/52705/3/estimation_f.pdf.
Lecocq S., Robin J-M. (2014) "Estimating almost ideal demand systems with endogeneous regressors", *The Stata Journal*, à paraître.

APPROCHE DE LA COMPETITIVITE DE LA FILIERE VIANDE BOVINE ALGERIENNE

SADOUD M. (1), CHEHAT F. (2), SADOUD H. (1)

(1) UNIVERSITE H.BENBOUALI DE CHLEF, FACULTE DES SCIENCES, CHLEF (02000), ALGERIE
(2) ENSA D'ALGER, DEPARTEMENT D'ECONOMIE RURALE, ALGER (16 000), ALGERIE

m_sadoud@yahoo.fr

Abstract: Approach to competitiveness of the beef industry in Algeria.
The Algerian beef industry actually faces the economic globalization challenge and the gradual opening of borders to different animal products and their derivatives coming from other top performing countries. However, the country has to face the challenge of restructuring, competitiveness and control of the beef industry regulation. Hence, the scheme of Porter was used to measure the competitiveness of the beef meat sector.

Introduction
La filière viande bovine algérienne est confrontée au problème de la mondialisation de l'économie et à l'ouverture progressive des frontières aux produits d'origine animale et leurs dérivés venant d'autres pays plus performants où les évolutions techniques et organisationnelles ont permis depuis de longues années la mise à niveau de leur filière viande et l'amélioration de la qualité des produits. Il s'agit de la transition vers une économie concurrentielle et du désengagement de l'Etat, ce dernier étant conduit à concevoir et à mettre en œuvre des réformes dans un contexte marqué par l'accord conclu avec l'Union Européenne, et de négociations pour l'adhésion à l'OMC. L'objectif de ce travail est de montrer les acquis et les menaces qui pèsent sur la filière viande bovine algérienne.

Matériel et méthodes
Pour analyser la concurrence, nous nous référons au schéma de Porter (M. Porter, 1986). Celui-ci définit 5 grands champs de forces qui modèlent la concurrence et déterminent son intensité : la structure du secteur (ici le secteur de l'abattage), les nouveaux entrants, la concurrence par les nouveaux produits ou les nouvelles technologies, les relations avec les fournisseurs, les relations avec les clients. Dans la strcuture de la filière, il existe une forte influence sur la concurrence et la rentabilité des agents le long de la filière. En effet, la filière viande bovine ne confère aucun atout et avantage important puisque tous les agents fonctionnent sans coordination les uns avec les autres et dépendent de plus en plus du marché international.

Résultats et discussion
1/ L'intensité de la rivalité entre les concurrents existants
Concernant le maillon de la transformation, la situation qui régnait à l'époque du monopole du groupe étatique [les Offices régionaux des viandes qui existaient et les grandes surfaces (Souk El fellah et Galeries algériennes)], avait limité ou empêché la concurrence entre les acteurs, en raison de la division du travail mise en place au sein du groupe. Actuellement, la situation est totalement renversée avec la dissolution de ce groupe et la place qu'occupe la boucherie traditionnelle dans les circuits de commercialisation des viandes rouges. Le contournement du contrôle sanitaire par les bouchers permet aux différents abatteurs de comprimer les coûts de production et de conserver leur marge de commercialisation (Sadoud, 2009), ce qui témoigne de la part importante du marché détenu par ces acteurs. Ce secteur privé est soutenu en partie en matière d'investissement et de fiscalité, et peut agir librement pour maximiser son profit en ciblant en particulier les portions de viandes à forte valeur ajoutée.

2/ Les nouveaux entrants
Vu l'absence d'une filière industrielle et de la possibilité de pénétration des capitaux étrangers, le secteur privé doit résoudre plusieurs difficultés de nature technico-économique tel que le calcul d'un tonnage minimum (seuil de rentabilité) pour un marché potentiel (celui des abattoirs). Ainsi, l'innovation organisationnelle concerne une gestion plus efficiente aux différents stades de la transformation (de l'approvisionnement au produit fini), afin d'obtenir une plus grande rentabilité des équipements, des personnels, des matières et des consommables (Soufflet, 1990).
Le marché de la viande bovine ne connaît pas encore l'entrée d'investissements étrangers dissuadés par l'instabilité de l'économie algérienne. En effet, c'est l'aval de la filière (distributeurs, consommateurs) qui bénéficie économiquement des progrès issus de l'innovation. L'absence de politique de marque forte, un engagement insuffisant dans les dépenses publicitaires, un pouvoir de négociation faible à l'égard des clients sont autant de points faibles qui ne permettent pas de dégager des marges tout au long de la filière. A défaut d'obtenir une réelle plus-value issue du marché, les efforts s'orientent vers la réduction des coûts de production et la maîtrise des procédés.

3/ Le pouvoir de négociation des fournisseurs et des clients
Avec l'entrée de l'Algérie dans la zone de libre échange euro-méditerranéenne et son adhésion éventuelle à l'OMC, les agents de la filière viande bovine en Algérie (producteurs et transformateurs) auront du mal à s'adapter à ces changements tels que les mouvements du marché international en termes de variations des prix. En effet, la dispersion

des producteurs et leur désorganisation, l'insuffisance de l'offre sont autant de facteurs qui témoignent de la position faible de ces agents en termes de rapport de force face à leurs clients. De ce fait, l'occupation du marché national est ouverte sans limite aux nouveaux entrants (fournisseurs d'équipements ou de consommables), qui pourraient accaparer une bonne part du marché. En effet, durant longtemps, le mode de régulation public des filières agroalimentaires a fortement marqué le comportement des différents acteurs de la filière viande bovine. La dispersion de l'offre en animaux conduisait à la segmentation des marchés. La régularité des transactions et la pérennité des flux s'appuyaient sur des réseaux d'échanges assis sur une connaissance mutuelle des acteurs participant aux échanges et sur des conventions tacites (Benfrid, 1998). Ces réseaux conféraient à la filière une complémentarité permettant l'ajustement des flux sur les différents marchés. Ce mode de fonctionnement permettait aux agents une certaine adaptation en fonction de leur capacité propre. Il induisait des comportements spéculatifs fortement déterminés par les seuls signaux du marché. Les choix opérés se faisaient sur un horizon de temps limité préjudiciable à tout investissement à long terme susceptible de participer à la transformation de l'organisation structurelle de l'offre.

Avec une plus grande ouverture de la filière viande bovine, il s'imposerait de recourir à de nouvelles formes de coordination. Tout les agents impliqués dans la filière, tel que les producteurs, les maquignons, les chevillards et les bouchers doivent être conscients des enjeux futurs et doivent s'adapter au nouveau contexte national et international. La compétitivité de l'ensemble de la filière est influencée par la politique commerciale. Le marché algérien n'absorbe qu'une faible part des échanges mondiaux pour satisfaire environ 15% de la demande de la population Depuis 1990, le quota d'importation est soumis à concurrence et ouvert aux importateurs privés sur la base d'un cahier des charges. En effet, les taux de change officiels du dinar et des devises permettraient d'obtenir des écarts de prix élevés entre les prix de production intérieurs et les prix CAF (Coût assurance fret). Ces importateurs avaient des prérogatives en matière de choix des fournisseurs sur des critères rationnels (prix, qualité).

4/ Les produits de substitution

Parmi les substituts à la viande bovine fraîche, figure la viande bovine congelée importée offerte sur le marché national et dont la qualité et le prix sont plus faibles. En effet, les importations de viande ont connu un développement rapide en passant de 15 000 tonnes en 2002 à 40 000 tonnes en 2012 (CNIS, 2012), en raison de leur faible prix de vente. De ce fait, à cause de l'augmentation des prix locaux, l'importation nationale en viandes bovines est devenue un impératif pour réguler le marché national où la flambée des prix devient plus fréquente, notamment à l'approche du Ramadan et des fêtes. Cette menace est d'autant plus forte que le rapport qualité/ prix de ce produit est discutable et que celui-ci provient de filières des grands pays exportateurs de viande bovine à rentabilité élevée et à avantages comparatifs certains. En effet, ces menaces se mesurent par l'industrialisation de la filière viande bovine qui comprend les phases d'abattage de l'animal et sa fente en demi carcasses, une phase intermédiaire de désossage avec la séparation des muscles et os et l'étape où s'effectuent le tranchage et le conditionnement. Cette avance au niveau de l'innovation et de la technologie grâce à l'implantation des firmes multinationales constitue ainsi l'un des vecteurs de l'expansion des échanges mondiaux des produits des viandes. D'autres substituts locaux tels que les viandes ovine, caprine et avicole constituent aussi d'autres concurrents pour la viande bovine fraîche surtout pendant les périodes de fêtes religieuses.

5/ L'Etat

L'Etat à travers les différentes structures publiques est impliqué dans l'organisation, le soutien et la mise à niveau de l'ensemble des agents de la filière. Des mesures favorables sont attendues concernant la régulation du marché de la filière viande, avec un programme de renforcement des moyens de stockage sous froid destinés aux viandes rouges et la construction de complexes d'abattages avec des ateliers de transformation, et des tunnels de congélation. De ce fait, il serait nécessaire d'apporter un soutien technique et économique utile aux différents agents pour une éventuelle mise à niveau en conformité avec les engagements internationaux.

Conclusion

L'innovation sous toutes ses formes constitue un des moyens d'adaptation progressive de la filière aux changements apportés par l'environnement international en pleine évolution. Les innovations doivent être mises en œuvre jusqu'au stade de la commercialisation que ce soit sur le marché intérieur ou sur le marché extérieur. D'une façon générale, la filière viande bovine doit faire face à de nombreux problèmes qui défavorisent sa compétitivité et portent préjudice aux intérêts des producteurs comme des consommateurs.

Références bibliographiques

Benfrid M., 1998. La commercialisation du bétail et de la viande rouge en Algérie. CIHEAM, Options Méditerranéennes : série A. Séminaires Méditerranéens, n°35

CNIS (Centre national d'informatique et de statistiques). 2012.

Porter M. 1986. L'avantage concurrentiel. Economica.

Sadoud M. 2009. Rôle du maillon d'abattage dans les circuits de commercialisation des viandes rouges en Algérie, Congrès Recherches Ruminants, Paris, France

Sadoud M. 1998. Circuits de commercialisation des viandes rouges dans la région de Chlef (Algérie), Thèse de Magister, Institut National Agronomique, département d'Economie Rurale, Alger, Algérie.

COMPETITIVITE DE L'ABATTAGE-DECOUPE DE PORC
COMPARAISON ENTRE LA FRANCE ET LES PRINCIPAUX PRODUCTEURS DE L'UE

ROUSSILLON M.A. (1), DUFLOT B. (2)

(1) IFIP-INSTITUT DU PORC, 34 BOULEVARD DE LA GARE, 31500 TOULOUSE, FRANCE
(2) IFIP-INSTITUT DU PORC, LA MOTTE AU VICOMTE, BP 35104, 35651 LE RHEU

marie-alix.roussillon@ifip.asso.fr

Abstract: Pig slaughtering industry competitiveness: comparisons across France and EU main producers
Slaughtering industry competitiveness is a complex concept that depends on many factors. Danish sector is well managed by the leader Danish Crown which gets high value from exporting its products. Spanish production and exports keep on growing. Germany benefits from low wages in the meat industry and commercial and industrial efficiency. France suffers from a lack of competitiveness in the pork slaughtering industry.

Introduction

Notion multiple et multidimensionnelle, la compétitivité des filières porcines regroupe des aspects très variés (Roguet et al, 2011). Au stade de l'abattage-découpe, de nombreux déterminants de la compétitivité ont été identifiés pour dépasser l'approche à partir des seuls coûts, réductrice de la réalité économique et des interactions entre acteurs. Ces critères ont des dimensions hétérogènes. Afin d'obtenir une vision synthétique de la compétitivité, l'Ifip a élaboré une méthode pour résumer en un chiffre la compétitivité des maillons des filières porcines et notamment de l'abattage-découpe pour l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne, la France et les Pays-Bas. Les résultats sont ici présentés pour 2012.

Matériel et méthodes

Les écarts de compétitivité proviennent en partie des coûts : prix des facteurs de production, efficacité technologique, économies d'échelle, surcoûts des différences de réglementations. Des facteurs hors-coûts génèrent des écarts : organisation de la filière, efficacité des relations. La compétitivité détermine la capacité à conquérir des marchés, la situation de la balance commerciale et la possibilité de générer de la marge. Liée aux types de produits élaborés, la compétitivité hors prix évalue la capacité d'innovation et l'adaptation des produits à la demande. L'identification des déterminants des écarts de compétitivité de l'abattage-découpe de porc a constitué la première étape de ces travaux, à partir d'entretiens avec les opérateurs du secteur en France et en Europe et de visites de sites industriels (Roussillon et al 2013). Cela a permis de recueillir des données objectives pour les cinq pays de l'échantillon.
Pour le secteur de l'abattage-découpe, l'analyse a été répartie en différents thèmes : l'environnement macroéconomique, la structure des entreprises, les performances industrielles et économiques des entreprises, le commerce extérieur. La sélection des variables s'effectue selon leur impact sur la compétitivité, leur indépendance relative et la possibilité d'obtenir des données pour l'échantillon. Pour comparer les pays et calculer des évolutions au cours du temps, ces données hétérogènes sont « normalisées », en les projetant sur l'intervalle [0 ; 1]. On calcule pour chacun des thèmes un indicateur synthétique de compétitivité, moyenne non pondérée des indicateurs relatifs à chaque variable.

Résultats

Un environnement économique pénalisant pour la filière française

La France se situe dans un environnement macroéconomique moins dynamique et favorable que ses concurrents, mais s'appuie sur une filière organisée. La consommation de porc par habitant y est plus faible, du fait d'une diversité de viandes consommées. L'Allemagne et l'Espagne bénéficient d'une dynamique générale avec une production croissante sur la période d'analyse (2002-2012).

Indicateur d'environnement macroéconomique des filières porcines

2012	**unité**	**FR**	**DE**	**DK**	**NL**	**ES**
Evolution de la production 2012/2002	%	-5,4	+24,1	+2,4	+7,8	+15,4
Consommation de porc par habitant	kg/hab	31,7	52,7	52,2	39,3	52,2
Contraintes règlementaires et institutionnelles	(note OCDE)	1,39	1,27	0,99	0,90	0,96
Organisation filière (budget R&D professionnelle)	M€/porc	0,9	0	1,6	0,1	0
Lien industriel-distribution	(note /100)	20	80	50	50	40
Indicateur de synthèse macroéconomie	moyenne	**0,21**	**0,67**	**0,61**	**0,47**	**0,60**

Des structures de l'abattage-découpe plus petites en France et moins présentes à l'étranger

L'Espagne cumule les handicaps de structure pour l'abattage-découpe. Le premier abatteur français de porcs traite de faibles volumes par rapport à ses concurrents et n'est pas présent à l'étranger. Au contraire, le leader danois Danish-Crown concentre le secteur et profite des avantages des pays dans lesquels il est présent (main d'œuvre en Allemagne). Tönnies, leader allemand de l'industrie de la viande, a l'un des volumes d'activité les plus importants d'UE.

Indicateur de structure des outils d'abattage-découpe de porc

	unité	FR	DE	DK	NL	ES
Poids du leader (part des abattages nationaux)	%	20	28	80	49	8
Implantation à l'étranger	nb de pays	0	3	13	13	0
Force commerciale à l'étranger	nb de bureaux	5	32	27	23	0
Proximité bassin consommation de l'UE	distance centre UE km	993	292	774	399	1623
Indicateur de synthèse des structures d'abattage		**0,25**	**0,77**	**0,89**	**0,81**	**0**

Des performances industrielles de l'abattage-découpe français en retrait

La France est pénalisée par des outils de taille réduite mais l'automatisation se développe dans certains sites de découpe. Les faibles coûts de la main-d'œuvre espagnole compensent en partie la faible taille des outils, tandis que la croissance de la production porcine permet de mieux optimiser les outils d'abattage. Le Danemark compense des coûts de main d'œuvre élevés par une bonne organisation des outils (taille, investissements et automatisation). Les outils allemands sont de grande taille, pour les plus gros, avec des chaînes de découpe automatisées.

Indicateur de performances industrielles des outils d'abattage-découpe de porc

2012	unité	FR	DE	DK	NL	ES
Coût de la main d'œuvre	€/h	17	10	32	20	14
Standardisation de la découpe	note /100	30	80	80	70	65
Taille des sites d'abattage (activité hebdomadaire)	1000 porc/sem	38	100	75	47	63
Taux d'utilisation des abattoirs en volume	%	85	100	92	97	99
Indicateur de synthèse performances industrielles		**0,18**	**1**	**0,62**	**0,47**	**0,55**

Les résultats du commerce extérieur français : résultat des écarts de performances

L'avantage comparatif du Danemark est important dans le domaine du commerce extérieur, en raison d'une bonne valorisation, en Europe et vers les pays tiers, de tous les produits y compris les abats. La France affiche un score particulièrement bas par rapport à ses concurrents et un solde commercial négatif en valeur avec l'UE, du fait d'importations de pièces désossées, d'Espagne et d'Allemagne, et d'exportations de produits à faible valeur ajoutée.

Indicateur de performances commerciales des filières porcines

2012	unité	FR	DE	DK	NL	ES
Taux d'auto-approvisionnement	%	108	116	643	268	149
Solde en valeur avec l'UE	M€	-554	+1249	+2189	+1534	+2190
Solde en valeur avec les pays tiers	M€	+417	+1297	+1445	+388	+688
Part du désossé dans les exports de viande FRC	%	19	44	32	18	40
Exportation d'abats par rapport à la production	%	4	10	11	9	5
Indicateur de synthèse commerce		**0,08**	**0,60**	**0,93**	**0,29**	**0,43**

Discussion

La moindre concentration de l'industrie d'abattage-découpe et la taille plus réduite des sites industriels pénalisent la compétitivité de ce maillon en France. Comme les entreprises espagnoles, les groupes français ne sont pas présents hors du territoire national. Or l'implantation des entreprises à l'étranger via des filiales, comme Danish Crown ou Vion, permet de bénéficier d'avantages comparatifs, telle une main-d'œuvre moins chère, et de se rapprocher de bassin de consommation. Cette croissance externe doit être maîtrisée, Vion a en effet connu de graves difficultés qui l'ont contraint à céder ses activités au RU et à engager une restructuration en Allemagne. Fort d'un excédent conséquent et de compétences commerciales avérées, avec un souci d'adaptation de l'offre à la demande internationale, le Danemark est le plus performant à l'export. Comme aux Pays-Bas et en Allemagne, les outils automatisés et de grande taille permettent une offre standardisée, répondant à la demande internationale. Le faible coût de la main d'œuvre avantage l'Allemagne et l'Espagne, pour l'offre compétitive de pièces élaborées, exportées notamment en France pour répondre à la demande de certains transformateurs. Des investissements industriels importants ont été réalisés en Espagne pour s'adapter aux clients en termes économiques et qualitatifs. Enfin, les contraintes administratives et des relations difficiles entre les industriels de la viande et la grande distribution sont défavorables à l'amélioration de la compétitivité de l'abattage français de porc, malgré l'existence de lieux de concertation interprofessionnelle pour les acteurs.

Conclusions

L'évaluation des déterminants de la compétitivité de l'abattage-découpe de porc est complexe. Il met en évidence les difficultés de la France par rapport à ses concurrents européens. Les écarts entre les cinq pays établissent une hiérarchie dans la compétitivité de ce maillon. Cette analyse apporte des éléments explicatifs sur l'origine des écarts et permet aux acteurs de réfléchir aux leviers possibles d'amélioration de la compétitivité de l'abattage-découpe. Le calcul de l'indicateur pour les années à venir permettra d'identifier des tendances et ruptures dans les filières.

Références bibliographiques

Duflot B., Roussillon MA., 2014. Un indicateur de compétitivité des filières porcines européennes, Cahiers IFIP, 1(1),

Roguet C, Duflot B, Roussillon MA, Saffray J, Marouby H, van Ferneij JP, Rieu M, Compétitivité de la filière porcine française, Etat des lieux et construction d'un indicateur, 2011, Etude économique Ifip pour Inaporc,

Roussillon M.A., Duflot B. ; Degoulet G, 2013. Compétitivité des filières porcines européennes, Actualisation de l'indicateur pour l'année 2011. Collection « Etudes Economiques », IFIP Editions Paris.

PAC - BOVIN VIANDE : LA CONVERGENCE DES AIDES MET A MAL LES ELEVAGES LES PLUS INTENSIFS DE PLAINE

BUCZINSKI B., MADRANGE P., PINEAU C.

INSTITUT DE L'ELEVAGE, DEPARTEMENT ECONOMIE, SERVICE ECONOMIE DES EXPLOITATIONS D'ELEVAGE (S3E),
MNE, 149 RUE DE BERCY, 75595 PARIS CEDEX 12, FRANCE

christele.pineau@idele.fr

Abstract: The new CAP reform is a new deal for French beef producers, but incomes are still low.
The CAP « health check » had brought more subsidies to French beef producers but the real answer to the low income issue was the market: in 2011 and even more in 2012, French beef exports to third countries had given a breath of fresh air in terms of income. Now, with the new CAP reform, the French government has announced a new deal for French beef producers: convergence of decoupled subsidies and greening, a new suckler cow premium, redistributive payment, new less favored areas (LFA) payment… and more income.
The French Livestock Institute has created a simulation tool for this CAP reform. The results show that beef production in LFA will be consolidated. But the more intensive systems (especially specialized fatteners) will be impacted by the convergence process. This reform is not an answer to the structural issue of the income of French beef producers.

Introduction

La réforme de Luxembourg, adoptée en 2003, a constitué un véritable tournant dans l'histoire de la Politique Agricole Commune (PAC), en introduisant les principes de découplage (suppression du lien entre aide et production) et de subsidiarité (délégation d'une partie des décisions aux Etats membres). Depuis, les réformes successives n'ont fait que reprendre et amplifier ces principes. C'est dans ce cadre que les pouvoirs publics français ont affiché leur volonté d'améliorer le niveau de soutiens des exploitations d'élevages. Lors de la dernière réforme adoptée en 2008 (dite du « bilan de santé »), la politique de « rééquilibrage des aides » vers l'élevage herbivore mise en avant par les pouvoirs publics français avait bénéficié aux systèmes bovins viandes spécialisés mais de façon modérée : les exploitations spécialisées conservent des revenus structurellement faibles.
A la veille de l'application de la nouvelle réforme de la PAC, appelant à toujours autant de subsidiarité, les pouvoirs publics se sont notamment engagés à « soutenir l'élevage » et « accompagner les éleveurs dans les territoires fragiles ». L'Institut de l'élevage a évalué les impacts des décisions de cette réforme en termes de soutiens et son impact sur les revenus pour les éleveurs de ruminants. Ces simulations se basent sur les décisions prises lors des réunions du CSO agricole des 17 décembre 2013 et 27 mai 2014.

Matériel et méthodes

Sur la base des décisions prises par les pouvoirs publics français pour l'application de la nouvelle PAC (2015-2020), l'Institut de l'élevage a développé un simulateur d'impacts. Ce simulateur reprend les principales évolutions pour les élevages de ruminants :

- convergence des soutiens découplés (actuellement liés au niveau de soutien historique, c'est-à-dire fonction du passé de l'exploitation) et verdissement,
- mise en œuvre d'une surdotation des 52 premiers hectares de l'exploitation (paiement redistributif),
- application de nouveaux soutiens couplés à la production : prime vache allaitante, prime aux protéagineux,
- revalorisation des Indemnités Compensatoires de Handicaps Naturels (ICHN), disparition de la Prime Herbagère Agro-Environnementale (PHAE),
- Transparence pour les groupements agricoles d'exploitation en commun (GAEC), c'est-à-dire que chaque associé est considéré comme un exploitant individuel et bénéficie des mêmes attributions (multiplication des aides couplés, soutiens redistributifs et autres, par le nombre d'associés).

Les impacts de la réforme ont été simulés à partir de cas-types. Ces cas types sont des modèles de systèmes agricoles. Ils sont construits à partir de données issues de fermes réelles, suivies dans le cadre des Réseaux d'élevage. En tant que fermes fictives, ces cas-types sont des exemples de situations possibles ayant pour vocation de fournir une représentation de ce qui se fait dans la réalité. Bien qu'ils représentent des situations courantes, ils n'ont pas de valeur de représentativité statistique et d'exhaustivité, mais permettent d'appréhender, dans notre travail, les impacts de la réforme de la PAC.
A partir d'une année de référence (2013), les variations de soutiens PAC ont été simulées à deux échéances différentes : 2015 (première année d'application de la réforme) et 2019 (dernière année prévue, notamment pour la convergence).Ses simulations sont conduites à structures et productivités constantes (tous paramètres égaux par ailleurs).

Résultats

La réforme de la PAC impose l'abandon de la Prime au Maintien du Troupeau de Vaches Allaitantes (PMTVA) et ses droits historiques. Ainsi, une nouvelle mesure dédiée aux vaches allaitantes va être mise en œuvre à partir de 2015. Les

nouveaux plafonds d'animaux primables par exploitation, définis sur la base des animaux présents en 2013, excluront les génisses (sauf cas particulier des nouveaux producteurs). A titre d'exemple, le système naisseur polyculteur en Blonde d'Aquitaine qui, en 2013, primait 20% de génisses (12 génisses sur 59 droits) devrait voir son montant d'aides couplées à la vache allaitante sensiblement diminuer d'environ 1 000 € dès 2015 (soit 700 € / UMO).

Evolution des soutiens PAC pour quelques cas types bovins viande – horizon 2015 et 2019

La convergence (abandon progressif des références historiques des soutiens découplés) met à mal les élevages les plus intensifs de plaine. En 2019, les niveaux de pertes d'aides pour ces systèmes varient du simple au sextuple et jusqu'à 12 300 €/UMO pour le système polyculteur engraisseur de plaine, activant le plafonnement de pertes (limitée à 30%).
Pour les exploitations situées en zones défavorisées simples, la réforme sera moins impactante. En effet, la revalorisation de l'ICHN atténue, voire compense intégralement l'effet de la convergence pour les systèmes les plus intensifs en zones défavorisés simples, qui n'avaient pas contractualisés de PHAE. Néanmoins, les systèmes naisseurs spécialisés, en zone défavorisée simple comme en montagne, qui bénéficiaient de la PHAE sur plus de 75 ha verront, au final, leur niveau de soutien du 2nd pilier diminuer.

Discussion

Si la majeure partie des nouvelles règles sont connues, il reste encore des zones d'ombre concernant la mise en œuvre de la nouvelle aide couplée à la vache allaitante. L'exclusion des génisses de la référence attribuée à chaque élevage devrait impacter également les exploitations en vêlage d'automne (septembre, octobre), qui réforment avant l'été les vaches qui ont perdu leur veau, les vaches diagnostiquées vides avant la mise à l'herbe... Ces systèmes pourraient être tentés de resaisonnaliser leur production vers des vêlages de printemps. La mise en place de ces références individuelles d'une part et la dégressivité des montants bruts d'autre part (187€ pour les 50 premières vaches, 140€ de la 51ème à la 99ème vache et 75€ de la 100ème à la 139ème vache) pourraient limiter les agrandissements de troupeaux tout au long de la programmation de cette PAC et favoriser les troupeaux de taille moyenne. Ces règles pourraient donc avoir des impacts forts sur le marché à court et moyen termes (décapitalisation, rétention de vaches allaitantes pour répondre aux règles définies par le nouveau soutien…).
Cette réforme de la PAC ne constitue pas une solution en soi pour la pérennisation de l'élevage bovin viande. La recherche de meilleures marges pour les exploitations doit demeurer une priorité. A la fois par une meilleure valorisation des produits par le marché (relations filière, valorisation des débouchés « export »…), mais aussi en identifiant les pratiques économes pouvant se cumuler avec la productivité.

Conclusions

En 2015, les impacts de l'entrée en vigueur de la réforme seront globalement négatifs pour l'ensemble des exploitations bovin viande. En fin de programmation, les exploitations situées en zones défavorisées seront globalement consolidées. Finalement, pour une production aux revenus structurellement bas, cette réforme de la PAC apporte peu de solutions. Ces solutions devront être cherchées à l'extérieur (marché, disponibilité de la main d'œuvre…).

Références bibliographiques

Buczinski B. 2004. L'élevage des ruminants en Europe à la veille du découplage. Etat des lieux et perspectives, mémoire de stage - INA-PG - Institut de l'Elevage.
Dossier économie de l'élevage. 2009. Le « bilan de santé » de la PAC en France. Un rééquilibrage en faveur de l'élevage.
Dossier économie de l'élevage. 2014. Dossier Spécial PAC « une PAC complexe… et transitoire ».

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Session
« Viande et société »

LES CONTROVERSES SUR L'ELEVAGE EN FRANCE EN 2013, SIGNE D'UN DEBAT NECESSAIRE AVEC LA SOCIETE

ROGUET C. (1), DELANOUE E. (1)

(1) IFIP-INSTITUT DU PORC, LA MOTTE AU VICOMTE, 35651 LE RHEU

christine.roguet@ifip.asso.fr

Abstract

Controversies on livestock farms in France in 2013, sign of a vital debate with society

This article examines the social acceptability of livestock farms in France through the analysis of controversies. Controversies indeed attest different visions and expectations on livestock. Interviews were conducted with 31 participants from different social arenas (animal production professionals, employees of environmental or animal welfare NGO, journalists and retailers) to analyze topics of debate and arguments. The analysis leads to classify debates on livestock farms in France according to four major themes - environmental impact, animal welfare, sanitary safety, and functional and spatial organization of livestock - each of them with several items. They are not new, but their relative weight and the items change over time, due to the evolution of society and farming practices. This study shows a change in the nature of debates between protagonists, from conflict, in which the question was less to assert arguments than to impose opinions, to real controversies. We can see that what is challenging in these controversies and mobilizations, is the ability of a stakeholder to impose its rules, to assign meaning to a situation and to gain the confidence of his fellow citizens.

Introduction

L'élevage français a connu des évolutions structurelles et fonctionnelles importantes ces dernières années. Le cheptel s'est concentré dans des bassins de production, les élevages se sont agrandis et spécialisés, en même temps que disparaissaient de nombreuses petites structures, faute de rentabilité ou de candidats à la reprise (Rieu et Roguet, 2012). Les impacts sur l'environnement et la sensibilité croissante de la population aux conditions de vie des animaux ont conduit à une critique de plus en plus radicale des modes d'élevage, en particulier intensifs, de la part de différents acteurs. Dans ce contexte, l'enjeu est, pour les organismes de conseil aux acteurs des filières, d'évaluer avec objectivité les écarts entre les contraintes et souhaits des acteurs économiques et les attentes de la société dans toute sa complexité. Ces écarts peuvent être plus ou moins grands selon les filières et les sujets de controverses, et sont évolutifs.

A cette fin, le groupe de travail « Acceptabilité sociale des élevages en France » du GIS Elevages Demain s'est donné pour objectifs de (1) recenser et analyser les controverses actuelles sur l'élevage en France, toutes filières animales considérées, (2) évaluer à quel point ces controverses pénètrent la société française et, au delà, saisir la diversité et la robustesse des attentes de la société envers l'élevage pour en prévoir les contraintes, à moyen et long terme, sur le développement et les modalités des activités d'élevage, (3) identifier les mécanismes sociaux des controverses et mobilisations collectives pour aider les acteurs des filières à y prendre part activement en adaptant leur comportement et leur argumentation. Cet article présente le résultat de la première phase du travail, le recensement et l'analyse des controverses actuelles sur les élevages en France.

Matériel et méthodes

Si l'expression « acceptabilité sociale » est très employée dans le langage courant, elle est peu utilisée en sociologie en raison de son caractère normatif. L'acceptabilité sociale n'est en effet pas équivalente à la conformité à la loi, ni d'ailleurs synonyme d'opinion publique. Elle est « le résultat d'un processus durant lequel les parties concernées construisent ensemble les conditions minimales à mettre en place pour qu'un projet, programme ou politique s'intègre harmonieusement, et à un moment donné, dans son milieu naturel et humain » (Caron-Malenfant et Conraud, 2009).

Nous avons choisi, dans ce premier travail, d'étudier l'acceptabilité sociale de l'élevage au travers de l'analyse des controverses qui portent sur cette activité. Ces controverses témoignent de l'existence au sein de la société française de différentes façons de penser l'élevage (et, au-delà, de différentes visions du monde). Elles renseignent sur ce qui est acceptable ou pas pour les différents acteurs de la société. Nous avons rencontré 31 acteurs de différentes arènes sociales : 15 professionnels des filières d'élevage (salariés d'interprofessions, d'instituts techniques et de chambre d'agriculture et éleveurs, pour les productions de bovins laitiers et allaitants, porcs, volailles de chair et de ponte, caprins), 9 salariés d'associations (environnementales ou de protection animale), 2 journalistes (presse écrite et documentariste), 3 acteurs de la distribution, un philosophe et un agronome. Lors d'entretiens semi-directifs, individuels ou en groupes de deux ou trois, ils ont été invités à décrire les sujets qu'ils considèrent faire débat sur l'élevage en France et à exprimer leurs points de vue et arguments sur ces sujets. La représentativité statistique n'est pas recherchée. Cette approche qualitative permet de recueillir une diversité de points de vue et ainsi d'appréhender les différentes représentations des interlocuteurs sur un sujet donné. Les propos recueillis sont retranscrits et analysés.

Résultats

L'analyse des discours nous a conduit à classer les débats sur l'élevage en France en quatre grands thèmes - impact sur l'environnement, bien-être animal, santé animale et humaine, et organisation de l'élevage – comprenant chacun plusieurs sujets de controverse, ou plutôt de remise en cause lorsqu'il n'y a pas d'incertitude scientifique. Ces thèmes de débat ne sont pas nouveaux mais leur poids relatif et les points qui les constituent évoluent dans le temps, sous l'effet de l'évolution de la société et des pratiques d'élevage. Le débat sur la consommation de viande est généralement l'angle d'attaque pris par les médias pour parler de l'élevage ; il reprend des points de ces quatre grandes thématiques.

Les associations, de protection animale comme environnementales, s'opposent toutes à l'élevage intensif défini comme un mode de production qui vise à augmenter le rendement (notion de productivisme) par des densités animales élevées, qualifiées par certains de « concentrationnaires », de fortes consommations d'intrants et le confinement des animaux. Elles lui reprochent ses multiples effets négatifs sur l'environnement, le bien-être animal, la sécurité sanitaire, les conditions de travail des éleveurs et l'emploi.

La hiérarchie des controverses et remises en cause diffère entre filières :

• L'élevage bovin est principalement concerné par les débats sur ses émissions de GES. Ces questions se posent à une échelle globale, et l'élevage bovin français est pointé du doigt au même titre que celui d'autres pays ayant des systèmes de production très différents.

• L'élevage de porcs est d'abord critiqué pour ses nuisances (odeurs notamment) et son impact sur la qualité de l'eau (Delanoue et al, 2014). Les conflits sont alors très locaux et l'éleveur doit parfois y faire face seul. De plus, les élevages de porcs et de volailles, conduits en bâtiments fermés et détenant un grand nombre d'animaux, sont au cœur des débats sur le modèle d'élevage intensif et le bien-être animal.

Les controverses sont aussi plus ou moins vives selon les sujets. Certaines, comme la nécessité de réduire l'utilisation des antibiotiques en élevage, ne font plus l'objet de débats (au moins momentanément). Pour d'autres, comme l'impact environnemental de l'élevage ruminant ou la prise en charge de la douleur animale, les parties prenantes débattent et argumentent, permettant de progresser dans la recherche de solutions. Par contre, certaines controverses, comme les nuisances locales ou la concentration géographique des élevages en Bretagne, sont en situation de blocage : les conflits locaux sont vifs et l'obtention d'un compromis sur les évolutions nécessaires n'est pas envisagée à court terme.

Discussion

Les critiques adressées à l'élevage font partie d'une remise en cause plus globale de la société. De nombreux acteurs des associations souhaitent un changement radical des habitudes alimentaires et d'achats, avec une réduction de la consommation de viande, un essor des circuits courts et une qualité supérieure des produits. Au delà du rejet de l'élevage intensif, ils remettent en cause le productivisme et la mondialisation, rejoignant certains discours altermondialistes. Pour l'avenir, si tous les acteurs rencontrés insistent sur l'intérêt de la France à maintenir des filières d'élevage viables et de haute qualité, leur définition révèle des attentes différenciées. Le spectre s'étend de l'abolition de l'élevage intensif au profit de systèmes alternatifs, appelée de leurs vœux par certains salariés d'association et journalistes, à la poursuite de l'intensification des productions animales souhaitée par certains acteurs des filières pour répondre à une demande croissante et une concurrence internationale. La majorité des personnes interviewées propose une voie intermédiaire, avec une production standard qui réponde mieux aux demandes de la société.

D'après les acteurs rencontrés, professionnels comme associatifs, la majorité des citoyens connaît peu ou pas l'élevage, ne se préoccupe pas des modes de production et a un rapport « utilitaire » à l'élevage. On peut alors se demander ce qu'est réellement la « demande sociale » et comment elle s'exprime (par le marché, les sondages d'opinion, les médias, les revendications des associations). Mais, tous s'accordent sur un éveil, durable, de l'intérêt du grand public pour les modes d'élevage. L'existence des controverses est un bon signe car elles témoignent de la vivacité du débat démocratique (mais pas forcément de sa qualité), de la capacité des parties prenantes à « la sédation des passions pour permettre l'échange raisonné », d'une recherche des critères de vérité des opinions soutenues et de l'entrée dans « un espace consensuel au sein duquel l'adversaire n'est pas [plus] à éliminer, mais est admis comme devant contribuer à la formation d'une réponse commune à la question posée » (Schmoll 2008).

Conclusion

Les entretiens réalisés révèlent une évolution de la nature des débats entre protagonistes, de conflits dans lesquels il s'agissait moins de faire valoir des arguments que d'imposer des opinions, à de véritables controverses. Les arguments sont énoncés franchement, sans procédés manipulateurs tels la généralisation de cas particuliers ou l'inversion de la hiérarchie des valeurs. On perçoit bien que ce qui est en jeu (et l'enjeu) dans ces controverses et mobilisations, c'est la capacité d'un collectif à imposer ses règles, à affecter du sens à une situation et à attirer la confiance de ses concitoyens.

Références bibliographiques

Caron-Malenfant J., Conraud T., 2009. Guide pratique de l'acceptabilité sociale : pistes de réflexion et d'action. Ed. DPRM.

Delanoue E., Roguet C., Selmi A., 2014. Contestation sociale de l'élevage porcin : regards croisés de professionnels de la filière et d'associations. Journées Rech. Porcine, 46, 235-240.

Dupraz P., 2008. Déterminants et conséquences économiques de la localisation des productions animales. INRA UMR SMART, Projet SPADD (Systèmes de production animale et développement durable), financé par l'ANR, juin 2008.

Rieu M., Roguet C., 2012. Tendances de l'élevage porcin dans l'Union européenne : un modèle en pleine mutation. Journées Rech. Porcine, 44, 219-228.

Schmoll P., 2008. Matières à controverses. Néothèque, Paris, France, 272p

ATTITUDES DE CONSOMMATEURS DE VIANDE BOVINE VIS-A-VIS DU BIEN-ETRE ANIMAL : UNE COMPARAISON REGIONALE DANS LA ZONE PYRENEENNE

SANS P. (1), SANJUAN A.I. (2)

(1) ENV TOULOUSE ET INRA-UR1303 ALISS, 23 CHEMIN DES CAPELLES, 31076 TOULOUSE CEDEX 03
(2) CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGROALIMENTARIA DE ARAGÓN (CITA), AV MONTAÑANA, 930, 50059 ZARAGOZA, ESPAGNE

p.sans@envt.fr

Abstract

Beef meat consumer attitudes regarding animal welfare: A regional comparison across the Pyrenees.

Attitudes towards animal welfare (AW) were investigated in two Spanish and two French regions located on both sides of the Pyrenees (n=1213). Two scores were used: one measuring the importance of 11 good practices for AW and one evaluating the consumers´ trust in the action of the stakeholder. Items linked with animal life conditions received the highest importance scores. Trust scores were lower than importance scores. Significant differences were found across regions for trust in farmers' practices. Finally, socio-demographic characteristics and meat purchase and consumption habits explained part of the attitudinal differences observed among respondents.

Introduction

Depuis les années 1980, la sensibilité des consommateurs vis-à-vis des conditions d'élevage des animaux s'est accrue sous l'effet des campagnes de communication des associations de protection animale et de l'apparition de plus en plus fréquente de cette thématique dans les médias. Le niveau de confiance des consommateurs dans les produits qu'ils achètent tient à la perception de la fiabilité des informations qui leur sont transmises et des moyens mis en œuvre pour certifier le respect des engagements de la chaîne de production (Olynk & Ortega, 2013). Cette contribution étudie les attitudes des consommateurs de viande bovine de quatre régions pyrénéennes vis-à-vis du bien-être animal (BEA) en distinguant l'importance accordée à ce thème et la crédibilité des engagements pris.

Matériel et méthodes

Une enquête en face à face a été menée, de septembre 2010 à avril 2011, auprès d'un échantillon représentatif pour les critères classe d'âge et genre de quatre régions frontalières des Pyrénées : l'Aragon, la Catalogne, le Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées. Les répondants étaient conviés à se déplacer dans un lieu unique pour chaque ville. Après avoir été interrogés sur leurs habitudes d'achat et de consommation de viande bovine en général, ils se sont vus proposer onze pratiques favorisant le BEA. Pour chacune d'entre elles, ils devaient indiquer le degré d'importance (très important, peu important, pas du tout important) et la confiance qu'ils avaient dans le respect de cette pratique par l'acteur de la filière impliqué (très probable, moyennement probable, très peu probable). Suivant la proposition de Nocella et al (2010), nous avons calculé un indice de mesure des attitudes des consommateurs, A, vis-à-vis de chacun des p pratiques de BEA :

$$A = \sum_{i=1}^{p} I_i \cdot C_i$$

où Ii est la note d'importance (de 1 à 3) de la pratique i et Ci la note de confiance (de 1 à 3).
Cette approche prédit que l'attitude d'une personne vis-à-vis de l'attribut d'un produit dépend à la fois de l'importance accordée à ce dernier et de la probabilité subjective (croyance) que ce produit possèdera effectivement cet attribut. Deux sous-indices ont été construits selon le même principe (Importance * Confiance) : AF pour les 7 pratiques dépendant des éleveurs et AO pour les 4 pratiques dépendant des autres acteurs de la filière (transporteur, abatteur). Puis, afin de mieux distinguer l'influence des deux paramètres (importance et confiance), trois segments de consommateurs ont été construits : a) les « concernés par le BEA » (n=249), constitué par les consommateurs dont les scores I et C sont supérieurs à la médiane de leur région ; b) les « non concernés par le BEA » (n=397), constitué par les consommateurs dont les scores I et C sont inférieurs à la médiane de leur région ; c) les «intermédiaires» (n=567), constitué par les consommateurs restant.

Résultats

L'échantillon est composé de 1213 consommateurs (294 en Aragon, 298 en Languedoc-Roussillon, 317 en Midi-Pyrénées et 304 en Catalogne). Les répondants sont des consommateurs réguliers de viande bovine : 88,4% en consomment au moins une fois par semaine à domicile et 34,1% hors domicile (41-43% pour les deux régions françaises).
A l'exception de l'item "Interdire la castration" (CAST), une majorité des consommateurs considère les critères proposés comme très importants (Figure 1 - gauche). Le total des réponses "Important" ou "très important" varie de

77,1% à 98,4% selon les items. Les valeurs les plus élevées sont observées pour ceux directement en lien avec les conditions de vie des animaux (DIET, FREE, STRESS et TRAN). Les scores d'importance diffèrent significativement entre les régions pour certains attributs (FREE, INSP, MUT). Cependant, le score d'importance I (somme des notes d'importance pour les 11 pratiques) est élevé : la médiane se situe à 29 (pour une valeur maximale de 33).
La confiance dans le respect des garanties par les acteurs des filières est plus contrastée (Figure 1 – droite) : moins de 40% des répondants estiment qu'il est probable pour l'item évalué comme le plus important (DIET). Les pourcentages les plus faibles sont obtenus pour les pratiques TRAN, SLAU, STRESS et NATBETH. Aucune différence significative n'est observée entre les régions. L'analyse des indices AF et AO confirme cette tendance (Tableau 2) : les scores moyens sont supérieurs pour AF que pour AO. On observe des différences significatives selon les régions tant pour AF ($p<0.001$) que pour AO ($p<0.10$).
Sans surprise, le score de confiance C (somme des notes de confiance pour les 11 pratiques) est plus faible que le score I : la médiane de la population est de 21 (contre 29 pour I).
L'appartenance à un des segments construits selon les attitudes vis à vis du BEA animal est en partie liée à des variables sociodémographiques et des habitudes de consommation : ainsi, le segment des concernés se caractérise par une proportion significativement plus élevée (que les autres segments) de femmes ($p<0,001$) et de personnes vivant en Catalogne et Midi-Pyrénées. ($p<0$,01). Ils se considèrent comme des acheteurs de viande avertis, fréquentent moins (que ceux des autres segments) les supermarchés et hard discount ($p<0,1$) et achètent plus fréquemment des viandes sous signes officiels de qualité européens ($p<0,001$).

Figure 1 : Importance des 11 pratiques favorisant le bien-être animal et confiance des consommateurs (% répondants)

DIET : Fournir un régime alimentaire équilibré
STRESS : Eviter que l'animal ne ressente de la peur et du stress
INSP : Faire une inspection journalière de l'exploitation
PERS : Employer du personnel qualifié durant le transport à l'abattoir
MUTI : Interdire les mutilations (écorner par exemple)
CAST : Interdire la castration

FREE : Permettre la liberté de mouvement dans l'étable
TRAN : Fournir un espace suffisant pendant les phases de transport
VEIC : Utiliser un moyen de transport ayant des caractéristiques techniques spécifiques
NATBEH : Permettre que l'animal puisse manifester son comportement naturel.
SLAU : Permettre le repos de l'animal entre le voyage et l'abattage.

Tableau 1. : Valeurs moyennes (et écart-type) des indices A_F et A_O par région.

	Aragon	Catalogne	Languedoc-Roussillon	Midi-Pyrénées	ANOVA one way		
	N=294	N=304	N=298	N=317	F	d.f.	*P* value
AF	30,89 (7,86)	32,26 (8,22)	29,84 (7,11)	30,83 (7,58)	6,32	3	0,0003
AO	24,13 (8,43)	24,48 (8,52)	22,76 (7,04)	24,57 (8,15)	2,21	3	0,0855

Sans surprise, le score de confiance C (somme des notes de confiance pour les 11 pratiques) est moins élevé que le

Discussion
L'étude montre une forte sensibilité des consommateurs pour la question du BEA des bovins et ce dans les quatre régions. Cependant, la confiance accordée aux acteurs de la filière est plus limitée et varie selon les opérateurs concernés.

Conclusion
Dans la perspective d'un éventuel étiquetage des viandes sur le niveau de BEA dan l'Union européenne, cette question de la crédibilité des informations véhiculées constitue un enjeu majeur.

Références bibliographiques
Nocella, G., Hubbard, L., & Scarpa, R. (2010). Farm Animal Welfare, Consumer Willingness to Pay, and Trust: Results of a Cross-National Survey. Applied Economic Perspectives and Policy, 32(2), 275-297.
Olynk, N. J., & Ortega, D. L. (2013). Consumer preferences for verified dairy cattle management practices in processed dairy products. Food Control, 30(1), 298-305.

LES SPECIFICITES TERRITORIALES : ATOUTS ET CONTRAINTES AU DÉVELOPPEMENT DES DÉMARCHES COLLECTIVES DE VALORISATION DE LA VIANDE BOVINE EN AUVERGNE

CHABRAT S. (1,2,3,4)

(1) IRSTEA, UMR 1273 METAFORT, F-63172 AUBIERE, FRANCE
(2) AGROPARISTECH, UMR 1273 METAFORT, F-63172 AUBIERE, FRANCE
(3) INRA, UMR 1273 METAFORT, F-63122 SAINT GENES CHAMPANELLE, FRANCE
(4) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR 1273 METAFORT, F-63370 LEMPDES, FRANCE

sabine.chabrat@irstea.fr

Abstract: Territorial conditions as the brake or driving force for the development of collective actions of beef promotion in Auvergne

In cattle farming regions, in the middle mountains areas, we noticed the emergence of collective actions for the commercialization and promotion of products. These are based on quality and origin differentiation strategies by strengthening the link to the territory. After an inventory of these collective actions for the bovine meat sector in Auvergne, we observed a heterogeneous geographical breakdown and diversity of types. This review raises questions about the conditions of the emergence and development of these collective actions. So, the interest of this article is to bring to light the elements of the territory that limit or on the contrary promote the development of collective actions. To answer this question, we compared two actions of specification, situated on Auvergne's territories: AOC Fin Gras du Mézenc and Acajou des Volcans. The results of this comparative analysis show the dominant role of the actors' networks and reveal the weight of traditions and know-how in relation to the product.

Introduction

Dans les régions agricoles de moyenne montagne française, où l'intensification de la production est limitée, des démarches collectives de valorisation des produits se développent. Elles s'appuient sur des stratégies de différenciation par la qualité et l'origine, en renforçant le lien entre produit et territoire dans sa dimension matérielle mais aussi sociale et culturelle (Rieutort, 2009). Après un inventaire de ces initiatives en Auvergne et plus particulièrement pour la filière bovine allaitante, nous avons pu observer leur forte hétérogénéité, en termes de nature, de processus d'évolution mais également de répartition géographique. Ce constat nous a alors questionné sur les conditions d'émergence et de développement de ces intitiatives ; à savoir quelles spécificités territoriales constituaient un atout ou un obstacle aux démarches collectives. Pour répondre à cette question, nous avons choisi de mener une étude comparative de deux démarches de qualification de la viande bovine. La première correspond à un modèle « AOP », caractérisé par des liens entre typicité du produit et territoire : l'AOP Fin Gras du Mézenc (viande issue de bœufs et génisses engraissés au foin le dernier hiver et commercialisés en boucherie - 77 éleveurs et 643 animaux). La seconde s'appuie quant à elle sur un modèle dit « panier de biens territorial », puisqu'il fait l'objet d'une marque Parc Naturel Régional associant un ensemble de produits dont l'« Acajou des Volcans » (viande Salers découpée et commercialisée en vente directe - 28 éleveurs et 250 animaux). Cet article met en lumière les éléments constitutifs du territoire qui limitent ou au contraire favorisent le développement des démarches de valorisation de la viande bovine, tels que les réseaux d'acteurs, les ressources naturelles ou encore les traditions et savoir-faire liés à la production.

Matériel et méthodes

Pour conduire notre étude, nous avons procédé en deux temps : un inventaire des démarches collectives de valorisation de la viande en Auvergne tout d'abord, puis l'analyse comparative de deux initiatives plus en détail. Pour la première étape dite de recensement, nous avons réalisé quinze entretiens semi-directifs auprès de neuf experts de l'élevage bovin allaitant et de six agents de collectivités territoriales, répartis sur les quatre départements que compte l'Auvergne. L'objectif était de recueillir des informations concernant la nature des démarches, leurs trajectoires de développement ainsi que leur territoire d'influence. Sur les 31 initiatives identifiées, deux ont fait l'objet, dans un second temps, d'une analyse plus approfondie basée sur une trentaine d'entretiens réalisés avec les acteurs partie prenante (producteurs, bouchers, abatteurs, élus, techniciens …). À partir des discours recueillis, nous avons reconstruit les trajectoires des démarches AOP Fin Gras du Mézenc et Acajou des Volcans, afin de mettre en évidence quelles spécificités territoriales constituaient un atout ou un obstacle au développement de chacune d'entre elles. Dans un troisième temps, nous avons entamé une analyse comparative de ces deux démarches afin d'identifier les conditions territoriales nécessaires pour un développement optimum des démarches collectives de valorisation de la viande bovine.

Résultats

Sur les 31 démarches collectives de commercialisation et valorisation de la viande bovine existantes en Auvergne, nous avons pu identifier quatre grands types de démarches selon la ou les stratégies mises en place. Elles correspondent pour

partie à la typologie proposée dans le projet COFAMI (Schermer et al, 2011) avec les démarches de qualité d'une part, des initiatives basées sur l'origine du produit, celles dites de proximité et enfin les démarches qui créent ou maintiennent des outils sur le territoire. En plus de cette diversité, les démarches collectives se caractérisent par une distribution très hétérogène sur le territoire auvergnat. Alors que le Puy-de-Dôme et le Cantal comptent respectivement 12 et 10 démarches, les deux autres départements sont loin derrière du fait d'une spécialisation vers l'élevage laitier en Haute-Loire et d'une structuration de la filière bovin viande autour des coopératives dans l'Allier, laissant peu de place axu initiatives locales.

L'analyse approfondie menée à l'échelle des deux démarches collectives a permis de mettre en évidence le rôle prépondérant des acteurs et des relations qu'ils entretiennent les uns avec les autres. Les acteurs transitionnels, qui sont extérieurs au territoire mais qui ont développé un sentiment d'appartenance envers celui-ci, sont apparus être des acteurs clé dans le cas du Fin Gras et de l'Acajou des Volcans. Evoluant en dehors du territoire, ceux-ci ont acquis un réseau et des compétences nouvelles en lien avec la filière, les politiques ainsi que les dispositifs de qualification des produits qui leur confèrent un regard différent et la capacité d'impulser des idées et dynamiques nouvelles. Celles-ci doivent être reprises par les acteurs de terrain, c'est-à-dire les producteurs ; mais aussi par des acteurs techniques et politiques qui permettent de légitimer scientifiquement et socialement le projet. Un second résultat de notre travail a été de voir que les traditions et les savoir-faire pouvaient constituer selon les cas une condition territoriale favorable ou limitante pour le développement de la démarche de valorisation de la viande. Dans le cas de l'Acajou des Volcans, les élevages Salers sont spécialisés dans les reproducteurs et la production d'animaux maigres ; les éleveurs n'ont aucune tradition d'engraissement et sont donc dubitatifs par rapport à leur propre filière comme le souligne l'un d'entre eux : "Pour un éleveur de Salers, engraisser les bêtes pour la mort c'est encore culturellement difficile". Pour l'AOP Fin Gras, c'est le contraire puisque l'engraissement est un savoir-faire qui s'est transmis entre générations au travers de la tradition du Boeuf de Pâques (animal engraissé au foin l'hiver) et des foires d'animaux gras. Ces pratiques, ancrées dans le territoire, participent à construire l'identité territoriale que revendiquent les membres du Mézenc et qu'ils véhiculent à travers leur produit. Pour ce qui est de l'Acajou des Volcans, tous ne partagent pas un même sentiment d'appartenance au territoire du Parc Naturel Régional ; celui-ci étant vaste et hétérogène (150 communes et 5 régions naturelles) et ne faisant pas l'objet d'une identité territoriale marquée.

Discussion

Les résultats présentés ici ne constituent qu'une partie des apports de cette analyse. Bien que l'on insiste fortement sur le rôle des réseaux d'acteurs et de l'identité territoriale, il faut également mettre en évidence l'importance des ressources matérielles et naturelles dans la mise en œuvre des démarches de valorisation de la viande. La ressource herbagère, constituée d'une flore de moyenne montagne variée, dont la cistre est l'emblême dans le cas de l'AOP Fin Gras, est le fondement des deux démarches puisque c'est elle qui confère à la viande toute sa qualité et sa typicité. La présence d'outils d'abattage et de découpe de la viande sur un territoire peut également être considéré comme un atout ; ces infrastructrures permettant de réaliser localement les étapes de transformation, à proximité de l'aire de production. Enfin, il faut souligner que le type de certification choisi joue également un rôle dans le développement de la démarche collective. L'exemple de l'AOP Fin Gras montre que tout le travail nécessaire à la démonstration de l'ancrage territorial du produit a permis de consolider et préciser la démarche au travers d'un cahier des charges mais aussi d'établir de nouvelles collaborations avec des acteurs extérieurs à l'initiative ayant des compétences scientifiques et techniques nouvelles et complémentaires. Ce travail de légitimation ayant été plus succint dans le cas de la marque Parc, celle-ci apparaît être moins structurée. Au-delà des éléments propres au territoire, il faut mettre en évidence le poids de certains ingrédients exogènes tels que les crises, qui remettent en cause la cohérence du modèle en place et suscitent une prise de conscience de la part des acteurs et dans certains cas, l'impulsion de nouvelles dynamiques. Ce fut le cas pour l'Acajou des Volcans qui est née à la suite de la crise de la vache folle pour tenter de contrer le modèle productiviste et sectoriel en place et retrouver la confiance des consommateurs. Ca n'a pas été le cas pour l'AOP Fin Gras du Mézenc, initiée avant la crise par une association de défense du patrimoine dans l'objectif de maintenir la population agricole sur le territoire.

Conclusion

L'intérêt de ce travail a été de montrer que le développement d'une démarche collective est dépendant du territoire dans lequel elle s'inscrit. Bien qu'il n'existe pas de territoire idéal, il semblerait que certaines conditions territoriales soient favorables au développement de ces initiatives telles que la présence d'un réseau d'acteurs associant des membres de la filière, des acteurs politiques et scientifiques ; la revendication d'une identité locale forte et enfin l'existence de ressources spécifiques telle qu'une race ou une flore riche et variée. Pour finir, il faut noter que la démarche et son territoire n'évoluent pas dans un système fermé mais qu'ils sont impactés par des éléments extérieurs.

Références bibliographiques

Mendez, A.,Bidart, C., et al. (Eds.). (2010). Processus. Concepts et méthode pour l'analyse temporelle en sciences sociales.

Peyrache-Gadeau, V., Janin, C., & Perron, L. (2008). Des produits aux ressources–différenciation et construction territoriale : le coffret de Chambaran. XLVI ème colloque international organisé par l'ASRDLF.

Rieutort, L. (2009). Dynamiques rurales françaises et re-territorialisation de l'agriculture. L'information géographique, 73, 30-48.

Schermer, M., Renting, H., & Oostindie, H. (2011). Collective Farmers' Marketing Initiatives in Europe: Diversity, Contextuality and Dynamics. International Journal of Sociology of Agriculture and Food, 18(1), 1-11

ATOUTS ET OBSTACLES A LA CONSOMMATION DE VIANDE PAR LES PERSONNES AGEES NOTAMMENT EN CONTEXTE D' « AIDE A LA PREPARATION DES REPAS »

VIGIER SOUVIGNET C. (1), ROSNER P-M. (2)

(1) ADIV, ZAC DES GRAVANCHES, 10 RUE JACQUELINE AURIOL, 63039 CLERMONT-FD CEDEX 2.
(2) CENTRE D'INFORMATION DES VIANDES. 207, RUE DE BERCY. 75012 PARIS, FRANCE.

claudine.vigier@adiv.fr

Abstract:
Advantages and obstacles of meat consumption by the elderly benefiting from "meal-making assistance"
The French elderly people usually live autonomously. As they become dependent, they may benefit from different assistance systems, in particular for meal making or consumption. This article reviews the "meal making assistance", focusing on the organizational aspects that contribute or oppose to meat consumption and, consequently, to sarcopenia prevention. It highlights a social organization that mobilizes several stakeholders with a variety of roles (orientation, decision making, payment, implementation…).

Introduction

Les personnes âgées occupent une place croissante au sein de la population française : de 17% en 2010, les plus de 65 ans passeront à 23,4% en 2030 (16 millions) et 26,7% en 2060 (20 millions) ; 88% vivront à domicile malgré des pertes partielles et inégales d'autonomie (INSEE). Ce vieillissement de la population est encore peu pris en compte dans l'appréciation de la qualité de l'offre alimentaire alors qu'il renvoie à des modalités d'alimentation qui, a priori, évoluent au cours de la vie du senior (avancée en âge, évolution de la dépendance et de sa gestion).
Dans ce cadre général, la consommation de viande constitue un cas particulier car sa baisse est associée au développement de la sarcopénie (perte de la masse et force musculaire, faiblesse masticatoire, perte d'appétit) et de la dénutrition (apports nutritionnels insuffisants), affections considérées par la Haute Autorité de Santé (HAS) comme une réelle problématique de santé publique des personnes âgées. En outre, les professionnels de gériatrie – gérontologie et du monde médico-social considèrent que le maintien d'une consommation de quelques dizaines de grammes de viande par jour constitue le meilleur instrument de toute stratégie de prévention et de lutte contre la dénutrition et la sarcopénie. Il paraissait dès lors intéressant de caractériser de façon exploratoire les différentes formes d'organisation socio-institutionnelle qui conditionnent l'alimentation/consommation de viandes des personnes âgées puis de préciser les atouts et obstacles correspondant à chacune de ces formes.

Matériel et méthodes

L'étude a été conduite de septembre 2013 à février 2014, sous l'égide d'un comité de pilotage réunissant des professionnels de la viande, de la restauration hors domicile, du secteur de l'assurance, et de la recherche. L'interrogation en amont d'une dizaine d'interlocuteurs clés du secteur médicosocial a permis de pré-identifier différentes formes d'organisation socio-institutionnelle (critères, acteurs, circuits…) pour définir le protocole d'étude ultérieur. Ce dernier repose sur une analyse bibliographique (50 sources) et une série de 24 entretiens (semi-directifs, approfondis) auprès d'acteurs opérationnels des différentes formes pré-identifiées et progressivement redéfinies : médecins généralistes à clientèle âgée, gériatres, diététiciens en établissement et en libéral, bouchers en circuit traditionnel et GMS, structures d'aides à domicile, aides à domicile, sociétés de portage des repas, direction d'EHPAD, médecins coordonnateur, cadres de santé… Des parties prenantes institutionnelles impliquées autour de la thématique (Conseils généraux, caisses de retraite, mutuelles…) ont également été interviewées. Par ailleurs, 20 questionnaires ont été remplis par des aides à domiciles.

Résultats

Cinq critères de segmentation des formes d'organisation socio-institutionnelle de l'alimentation ont été identifiés.

- L'âge de 65 ans / cessation d'activité professionnelle constitue un repère dans l'évolution des achats et comportements alimentaires qui a plus de sens que les 50 ans parfois mentionnés comme seuil de la phase *senior*.
- La notion de dépendance est plus liée à l'état psychique et physique qu'à l'âge proprement dit. Ce sont donc ces conditions de dépendance qui doivent être retenues comme critère de segmentation de la population, et non l'âge.
- Le lieu de vie des personnes (à domicile, hors domicile) constitue un critère déterminant de segmentation de l'accès aux aliments et à l'alimentation (choix des produits, menus, recettes…).
- À domicile, les inégalités d'autonomie des personnes âgées sont gérées dans le cadre de deux dispositifs principaux : l'aide (aux achats et/ou) à la préparation des repas ou bien la livraison à domicile de repas préparés.
- Hors domicile (en EHPAD), l'offre alimentaire dépend du mode de gestion de la restauration : cuisine interne ou sous-traitance à un prestataire de restauration collective.

Sur la base de ces critères, 5 formes d'organisation socio-institutionnelle de l'alimentation ont été identifiées, avec 3 voies principales dont 2 chacune subdivisée en 2 sous cas:

- La voie 1, des seniors de plus de 65 ans, en totale autonomie d'achat, préparation et consommation alimentaire.
- La voie 2, des seniors en pré-dépendance et dépendance, bénéficiant de dispositifs médico-sociaux de maintien à domicile avec un impact direct sur l'offre et la consommation alimentaire. (2 sous cas : aide à la préparation des repas (2-A) ; service de portage des repas à domicile (2-B))
- La voie 3, des seniors en grande dépendance et incapacité totale de vie à domicile, accueillis en établissements spécialisés de type EHPAD. (2 sous cas : gestion internalisée de la restauration (3-A) ; gestion déléguée à un prestataire externe de restauration collective spécialisé (3-B)).

Chacune de ces 5 formes d'organisation a fait l'objet d'une analyse spécifique pour préciser de quelle façon l'alimentation en viande était conditionnée et quels étaient les atouts ou obstacles à cette consommation. On se limitera ici à présenter les résultats de la voie 2-A (seniors maintenus à domicile avec aide à la préparation des repas), les autres résultats étant disponibles auprès des auteurs.

Au-delà du senior lui-même, le jeu d'acteurs influant sur l'accès à l'alimentation carnée est structuré en 5 niveaux : influence sur le comportement alimentaire (médecins, aide à domicile, famille) ; offre (bouchers, GMS) ; dispositifs opérationnels d'appui (CLIC gérontologique, CCAS, UTAS, structures d'aide à domicile…) ; financeurs des dispositifs d'aide (caisses de retraite, conseil généraux…) ; institutions d'orientation pour la santé (INPES, CNSA). Au total, près de 7 000 établissements publics, privés et associatifs (235 000 salariés) contribuent opérationnellement au maintien à domicile d'une population dont les caractéristiques sont les suivantes : statistiquement l'âge moyen d'entrée en dépendance est de 83 ans pour les femmes et 78 ans pour les hommes. Près de 90% des plus de 80 ans en France vivent à domicile, le maintien à domicile est donc un mode de prise en charge en plein développement. Ainsi, en 2011, 60% des bénéficiaires de l'APA (allocation personnalisée d'autonomie versée aux personnes dépendantes) vivaient à domicile. Enfin, d'après les études d'experts gériatriques, plus de 10% des personnes de plus de 80 ans vivant à domicile souffrent d'apports alimentaires insuffisants notamment en quantité. Concernant la viande, les difficultés de mastication et la tendreté constituent les principales préoccupations. Les achats sont souvent groupés (lieu unique pour tous produits, une fois /semaine) avec intervention d'agents externes (famille, aide à domicile, livraison).
Cette forme d'organisation de l'alimentation a pour atout de préserver les circuits d'approvisionnement individuels ainsi que les habitudes alimentaires personnelles. Elle se heurte cependant à la perte progressive d'autonomie dans les achats et surtout au manque d'adéquation entre le référentiel alimentaire des seniors et les compétences culinaires des aides, ainsi qu'à la forte polyvalence qui est demandée à ces aides (problèmes de recettes et temps disponibles).
Au niveau des personnes, on constate une réorientation progressive de la consommation vers les viandes blanches. La préparation à domicile offre en outre une grande flexibilité pour l'élaboration de plats mixés (viande-légumes) dès qu'apparaissent des difficultés de mastication. La perte d'autonomie induit par contre une perte d'appétit et une augmentation des besoins nutritionnels (liée à une dégradation du métabolisme) que ni le maintien à domicile ni l'aide à la préparation des repas ne semblent permettre de vraiment traiter.

Discussion

Les résultats présentés ici sont partiels. Ils prennent plus de relief lorsqu'on compare entre elles les différentes formes d'organisation de l'alimentation des personnes âgées. Par ailleurs, les résultats de la voie 2-A montrent que la contribution de la viande à la prévention de la sarcopénie constitue un élément peu pris en compte dans la gestion par les acteurs concernés, des structures sociales d'accès à l'alimentation, même si – en termes déclaratifs – nombre d'entre eux (médecins, diététiciens, personnels soignants…) témoignent de son rôle potentiel. Il a donc fallu que l'étude creuse volontairement ces aspects pour faire émerger les pratiques liées à la consommation de viande et à son rôle préventif.

Conclusions

L'étude montre que le « mangeur n'est pas le seul consommateur ». La consommation est déterminée par un ensemble d'acteurs ayant des rôles variés (orientation, décision, paiement, subvention, mise en œuvre, préparation…). La présente cartographie ne spécifie pas pour l'instant la totalité de ces rôles. Dans la mesure où l'enjeu était d'identifier les différents acteurs potentiellement impliqués dans la prévention de la sarcopénie, ce repérage paraît suffisant. Il serait par contre insatisfaisant pour envisager des actions opérationnelles autres que d'information. Ce serait en définitive aux acteurs identifiés de se mobiliser pour agir en ce sens. Ils pourraient être sensibilisés à cet effet en 2014-2015.

Références bibliographiques

Blanpain N., et al., 2010. Projections de population à l'horizon 2060 : un tiers de la population âgé de plus de 60 ans. INSEE.
Mallochet G., 2013. Le vieillissement démographique: quelles promesses économiques ? Gérontologie et société. **145**: 119-127.
Programme MOBIQUAL, 2014. Malette « Nutrition, Dénutrition : alimentation de la personne âgée en EHPAD et établissements de santé ». Société Française de Gériatrie et Gérontologie – Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie.
Ferry M., et al., 2012. Nutrition de la personne âgée : aspects fondamentaux, cliniques et psycho-sociaux. Elsevier Masson.
Escalon H., et al., 2010. Perceptions, connaissances et comportements en matière d'alimentation : les spécificités des seniors. Gérontologie et société. **134**: 13-29.

LA VIANDE ROUGE DANS LA WILAYA DE BATNA: PRODUCTION ET CONSOMMATION

HAFID N. (1), MEZIANE T. (1)

(1) LABORATOIRE ENVIRONNEMENT, SANTE ET PRODUCTIONS ANIMALES (E.S.P.A). INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES ET AGRONOMIQUES. UNIVERSITÉ DE BATNA. ALGÉRIE

nadvet@yahoo.fr

Abstract

Red meat in batna: production and consumption

The aim of this study was the evaluation of red meat production and consumption in Batna. The investigations show that red meat is composed of ovine (lambs and sheep), bovine (veal, beef and culled cattle) and goat meat. Sheep meat is more consumed and appreciated than bovine meat. Goat meat is especially consumed by the indigenous population located in the mountain and steppe area.

Key word: Red meat, production, consumption, Batna.

Introduction

La wilaya de Batna est une région située au nord-est de l'Algérie, dans la région des Aurès. Elle occupe une superficie de 1 203 876 km^2, et possède une population de 1 149 623 habitants au total, soit une densité de 95 habitants par km² (ANDI, 2013). C'est une région semi-aride, avec une superficie agricole de 165 810 ha (soit 38,08 % de la SAU totale de la wilaya). Elle est caractérisée par la présence de trois reliefs (hautes plaines telliennes, les reliefs montagneux et les hautes plaines steppiques), et par une pluviométrie annuelle moyenne de 210 mm. De plus, cette région a une vocation agro-sylvo-pastorale avec une prédominance de la céréaliculture.

En 2012, les ressources animales, étaient constituées d'ovins (738 859 têtes dont 354 226 brebis), de bovins (54 007 têtes dont 27 437 vaches laitières), de caprins (273 103 têtes dont 148 163 chèvres), et de volailles. L'aviculture représente en effet une des plus importantes activités de l'agriculture dans cette wilaya (20 % de l'industrie avicole de l'Algérie) (DDA-Batna, 2013).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la production et la consommation de la viande rouge dans la région de Batna.

Matériel et méthodes

Cette analyse a été conduite à partir des statistiques agricoles établies par le ministère de l'Agriculture pour l'ensemble de l'Algérie, des données des services agricoles et des services vétérinaires de la région de Batna (DDA-Batna, 2013), ainsi que des travaux de recherches menés sur les viandes rouges en Algérie.

Résultats et discussion

Origine de la viande rouge

Les viandes rouges proviennent essentiellement des élevages extensifs ovins, bovins et caprins et, pour une petite partie seulement d'élevages de camélidés et équidés.

La viande ovine est traditionnellement obtenue à partir d'animaux adultes : les agneaux sevrés tardivement (après plus de trois mois d'allaitement) sont finis dans des ateliers d'engraissement et abattus généralement à un poids compris entre 35 et 40 kg (Zouyed, 2005).

Concernant la viande bovine, d'après Bouzebda-Afri, (2007), elle provient de :

- vaches de réforme de races laitières ou allaitantes (rustiques ou à viande) ;
- bœufs, les taurillons et les taureaux, conduits de manière intensive, et conduisant à des carcasses de 250 à 400kg selon les races ;
- génisses d'âge et de race différents qui présentent une plus grande précocité de dépôt adipeux et donnent des carcasses beaucoup plus légères que les taureaux et les bœufs ;
- veaux de différentes catégories.

La viande caprine, quant à elle, provient essentiellement de la viande des jeunes chevreaux (8-12 semaines), des adultes (2-6 ans) et des âges (+ de 6ans) (Devendra, 1988), les adultes constituent la catégorie la plus importante de tonnage. Les carcasses pèsent entre 11 et 12kg en moyenne.

Production

Le tableau 1 montre que la production de la viande rouge dans la wilaya de Batna a connu une chute remarquable passant de 56 950 tonnes en (2005) à 40 330 tonnes en (2008). Cette régression (qui concerne sur tout les viandes ovine et bovine) est probablement liée aux aléas climatiques (réduisant la disponibilité des fourrages) et à la faiblesse de la productivité de ces élevages (Hirondel, 2012). De plus, cette baisse significative de la production pourrait être expliquée, au moins pour partie par des artéfacts des recensements agricoles en raison de la mauvaise organisation des circuits de commercialisation des viandes.

Depuis 2009, on enregistre une progression importante de la production en lien avec une augmentation des effectifs (l'importation spécifique des bovins), une meilleur productivité (augmentation du poids moyen des carcasses) et l'encouragement d'investissement afin de développer la production locale et de sécuriser le producteur.

Tableau n°1 : Evolution de la production des viandes rouges dans la wilaya de Batna (en tonnes)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Viandes rouges	54200	56950	**45440**	**43567**	**40330**	87010	114708	121735	169664
Viande ovine	32500	33300	**21000**	**22517**	**23112**	43914	70172	80457	94480
Viande bovine	16000	17300	**16340**	**12561**	**8204**	32115	32472	25266	54147
Viande caprine	5700	6350	8100	8489	9014	10981	12064	16012	21037

(DDA-Batna, 2013).

Dans la wilaya de Batna, les viandes rouges provenant des abattages non contrôlés demeurent très fréquentes : 70 % des abattages sont réalisés dans le secteur informel et échappent aux services vétérinaires (Figure 1). Ces abattages clandestins sont souvent le fait de bouchers occasionnels qui offrent à la consommation des viandes non inspectées à des prix moins élevés.

Figure n°1 : Les abattages contrôlés et non contrôlés dans la wilaya de Batna entre 2004 et 2012 (DDA-Batna, 2013).

Consommation

La determination du niveau reel de consommation par habitant est difficile à établir en raison de l'intervention de plusieurs facteurs, par exemple :

- les abattage non contrôlés (60% pour les abattages des bovins, 76% pour les ovins et 80% pour les caprins);
- les échanges intra et extrarégionaux des animaux abattus;
- le caractère sociodémographique et les conditions économiques des consommateurs.

De plus, cette analyse montre que la viande ovine est la plus prisée sur l'ensemble du territoire de la wilaya spécifiquement durant les évenements sociaux (Eid El-kbir, Ramadan, cérémonies,…), alors que la viande bovine vient en deuxième position et constitue la source principale d'approvisionnement des sociétés et des cantines scolaires et restaurants universitaires (Oulad Belkhir et al, 2013). Pour la viande caprine, la consommation reste marginale dans les zones urbaines (commune de Batna,…). Par contre, elle est forte et en progression significative dans les zones montagneuses et les hautes plaines (Communes d'Arris, Menaa, Barika,…).

La place des viandes rouges dans la consommation quotidienne de la population batnienne est en progression, mais demeure toujours insuffisante pour combler le déficit en protéines animales. Cet déficit proteique est compensée probablement par le report vers la consommation des viandes rouges importées (congelées) dont les prix sont plus abordables par rapport aux prix des viandes fraiches, et sur la consommation des viandes blanches issues de poulets et de dindes, dont la production est en amélioration et augmentation progressive.

Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que la production de la viande rouge dans cette région est de plus en plus diversifiée. Pour améliorer la production et favoriser la consommation de la viande rouge produite localement, il faudra agir de façon concertée sur plusieurs axes :

- Moderniser les conduites d'élevages et diffuser ces connaissances (hygiène, rationnement, soins, …)
- Construire des nouveaux abattoirs publics et privés pour contrôler les flux des animaux abattus d'une part, et pour assurer la sécurité sanitaire des produits destinés à la consommation humaine.
- Contrôler strictement les circuits de commercialisation des viandes rouges, pour augmenter la fiabilité des bilans de production en rapport avec le niveau de consommation.

Références bibliographiques

ANDI (2013). Batna. www.andi.dz/PDF/monographies/Batna.pdf

Bouzebda-Afri F. (2007). Performances zootechniques et structure d'élevage dans la population bovine de type local (Est algérien). Thèse de doctorat d'Etat en sciences vétérinaires.

Devendra, C. (1988). Goat meat production in Asia. The nutritional value of goat meat. Proceeding of a workshop, Pakistan, march 13-18, pp : 76-86.

Direction Départementale d'Agricole (DDA): Compagne agricole de la wilaya de Batna entre 2004 et 2012. (Consulté en 2013).

Hirondel, J-C. (2012). Veille n°2 viande bovine et bovins vivants en Algérie, GEF, UBIFRANCE.

Oulad Belkhir et al., (2013). La filière viande cameline dans le Sahara septentrional algérien. Revue des bio-ressources, 26-34, vol 3 n° 2.

Zouyed I. (2005). Engraissement des ovins Caractéristiques des carcasses et modèle de classification. Thèse de magister en médecine vétérinaire.

PRODUCTION, COMMERCIALISATION ET CONSOMMATION DU LAPIN DE CHAIR EN ALGERIE : QUELLE PLACE PARMI LES AUTRES FILIERES VIANDE ?

MEZALI L. (1), SAIDJ D. (1), MEBKHOUT F. (2)

(1) ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE VÉTÉRINAIRE (ENSV), BP 161, EL-HARRACH, ALGER, ALGÉRIE ; (2) INSTITUT TECHNIQUE DES ÉLEVAGES (ITELV), BABA ALI, ALGER, ALGÉRIE

lmezali@hotmail.fr

Abstract

Production, marketing and consumption of rabbit meat in Algeria. How is it situated as compared to other meats? In Algeria, the cunicole sector, which produces rabbit meat in a traditional way, has no prosperity unlike other meat networks. This preliminary work was aimed at evaluating the marketing and consumption of rabbit meat. The main objective was to promote the production of such a kind of meat by making the consumer aware of its high organoleptic and nutritional qualities while being low in cost. Another ultimate aim was to incite the multiple Algerian shareholders to be more professionalized, better organized through restructured cunicole activities. Our study was divided into two sections. The first section was dedicated to the description of the current situation of rabbit meat production and its evolution on a national scale. It also concerned the description of the various components of this sector. The more detailed second section was based on a sociocultural and economic investigation conducted with sellers and consumers of rabbit meat in the region of Algiers. This investigation highlighted the complexity and the bad organization of the cunicole network in Algeria. The results revealed a weak marketing and consumption of rabbit meat owed particularly to its production status remaining mainly traditional which makes the product not available at the retail level. The rationalization of the production respecting local specificities seems to be necessary to meet the increasing consumer needs.

Introduction

Le bond démographique dans les pays en voie de développement n'a pas pour autant été suivi de l'autosuffisance et de la sécurité alimentaire souhaitées. Afin de répondre aux besoins nutritifs croissants des populations, notamment en protéines animales, des programmes de développement agricole ont été initiés en fonction des spécificités de chaque nation (Lebas et *al*., 1996). C'est dans cette perspective que l'élevage rationnel et intensif des espèces à cycle biologique court, celui du lapin plus précisément, avait été encouragé dès les années 1980. En Algérie, pays traditionnellement producteur de lapins, la filière cunicole n'a pas eu la prospérité économique attendue à la différence d'autres filières viande (bovine, ovine et avicole). Pourtant, deux actions visant à l'amélioration génétique des populations de lapins ont été menées : en 1987, des reproducteurs hybrides ont été importés (Berchiche et *al*., 2013) ; puis, entre 2003 et 2006, des femelles locales ont été inséminées avec de la semence de mâles de souche INRA France 2666 pour aboutir à la création de la souche croisée ITELV 2006 (Gacem et Bolet, 2005), Parallèlement, des programmes multidisciplinaires ont promu l'exploitation exclusive du lapin autochtone. Ces actions ont fait suite à une multitude de travaux universitaires publiés, réalisés en Algérie dès 1990, qui exposent et comparent les résultats des performances de reproduction et de croissance des trois populations de lapins existantes.

Cette étude préliminaire a pour objectif de contribuer à mieux décrire la filière cunicole algérienne qui est mal connue et peu organisée. Elle a pour principal objectif la promotion de la production et de la consommation de la viande de lapin peu onéreuse en sensibilisant notamment le consommateur urbain sur ses hautes qualités organoleptiques et nutritionnelles. Parallèlement, les acteurs de la filière cunicole algérienne ont été incités à s'organiser et à se structurer.

Matériel et méthodes

Notre travail est scindé en deux parties. La première partie est consacrée à la présentation succinte de la situation actuelle de la production et de son évolution à l'échelle nationale ainsi qu'à la description des différentes composantes de la filière cunicole. La seconde partie présente les résultats d'une enquête socio-culturelle et économique réalisée auprès de deux types d'acteurs situés en aval de cette filière dans la région d'Alger : les vendeurs et les consommateurs.. Les réponses proposées dans chaque questionnaire sont à choix multiples. Les informations recueillies auprès des vendeurs concernent la provenance de la viande, son prix d'achat, la fréquence et l'importance des approvisionnements, la clientèle et les particularités de vente (périodicité, mode et prix). Par ailleurs, le portrait socio-économique de 180 consommateurs algérois rencontrés sur les sites de commercialisation a été établi sur la base d'une série de questions relatives notamment à leurs habitudes culinaires, à la disponibilité et à la fréquence de consommation de la viande de lapin ainsi qu'à la place qu'ils donnent à cette viande dans leurs achats totaux de viandes.

Résultats

La cuniculture algérienne est surtout orientée vers la production de lapin de chair (15.000 tonnes/an) d'après les dernières données officielles (Colin et Lebas, 1994). Les autres productions (fourrures et peaux) sont négligées. Les différentes composantes d'une filière viande existent mais fonctionnent sans coordination et en dehors de tout cadre règlementaire. On trouve en amont les fournisseurs d'aliments (ONAB et importateurs de granulés) et les éleveurs, producteurs indépendants pour la plupart. L'élevage est de type fermier traditionnel dominé par le mode extensif, le

débouché pouvant être mixte (autoconsommation et commerce) ou familiale uniquement (autoconsommation). Les spécificités de la cuniculture fermière dans quelques régions rurales du nord de l'Algérie a fait l'objet d'une étude préliminaire antérieure (Saidj et *al*., 2013). Quand la production n'est pas destinée à l'autoconsommation, les maillons de la filière comprennent des circuits de distribution composés d'établissements d'abattage et de points de vente de détail aux consommateurs. A l'issue de notre enquête dans la région d'Alger, il a été observé que la commercialisation de viande de lapin s'opère dans des boucheries bien spécifiques situées dans 7 principaux marchés communaux et 2 grandes surfaces. L'approvisionnent se fait 2 à 4 fois par mois directement auprès de producteurs de petits effectifs situés à la périphérie de la capitale (à raison de 2 à 5 carcasses achetées et vendues en fonction de la disponibilité du produit, de la demande et de la période). Le lapin se vend exclusivement à la pièce ; son prix est aux alentours de 750 DA/kg pour un prix d'achat variant entre 400 et 500 DA/kg. La clientèle (90% de ménages) peu variable mais issue de milieux sociaux différents achète occasionnellement et parfois sur commande, un à deux lapins selon l'offre. La viande de lapin occupant le 3ème rang après la viande de volaille et la viande bovine, les personnes interviewées (65% (n=117) étant des femmes) consommeraient davantage de viande de lapin si elle était régulièrement disponible tout au long de l'année et ne subissait pas une hausse des prix à l'approche des périodes de fêtes.

Discussion

L'Algérie fait partie des 34 pays qui assurent près du quart de la production mondiale de viande de lapin bien que les statistiques officielles ne prennent en considération que la cuniculture commerciale ou semi-commerciale (Colin et Lebas, 1994). L'absence d'importations implique que l'ensemble de la marchandise commercialisée et consommée est exclusivement issue de la production locale. Toutefois, nous ne disposons pas de données actualisées sur l'évolution quantitative de cette production. Même si la filière cunicole manque de structuration contrairement aux autres filières viande, elle demeure un maillon important de l'économie nationale. L'unique tentative de l'Etat de réorganiser ce secteur par la mise en place de structures (chambres d'agriculture) et d'un dispositif juridique (DE n°10-214 du 16 septembre 2010) n'a pas été suffisante pour inciter les éleveurs traditionnels à s'orienter vers une production rationnelle. Celle-ci exige un investissement dans l'amélioration des conditions d'élevage notamment en valorisant les protéines végétales inutilisées par l'homme, en tirant partie de la forte prolificité de l'espèce (une lapine peut produire de 60 à 65 kg de viande/an) et des qualités nutritionnelle et organoleptique de la chair de lapin.

Dans la zone d'étude, l'approvisionnement des boucheries en viande de lapin est étroitement lié à la demande. Néanmoins, pendant les fêtes, l'offre ne répond pas toujours à cette demande et le distributeur rencontre de réels difficultés à satisfaire tous ses clients. Cette disponibilité irrégulière s'expliquerait par le fait que la cuniculture algérienne est aussi caractérisée par une orientation principalement vivrière ; l'autoconsommation est estimée à 66% de la production selon Ait Tahar et Fettal (1990). Par conséquent, la consommation, comprise entre 300 g et 1kg/habitant/an (Colin et Lebas, 1994), n'intéresse manifestement que les producteurs et leurs familles qui vivent *a priori* dans les régions rurales. Le reste de la population, en quête parfois de nouvelles saveurs, n'en profiterait qu'une fois cette autoconsommation satisfaite. Notre enquête a révélé une consommation non négligeable de viande de lapin bien que faible et variable en raison de la non disponibilité. Les algérois connaissent les propriétés nutritionnelles de cette viande peu onéreuse et non prohibée par un quelconque tabou socio-culturel ou interdit religieux. Ils seraient prêts à modifier leurs habitudes alimentaires et à en consommer davantage même en dehors des périodes de fêtes.

Conclusion

Ce travail a mis en évidence la complexité et la mauvaise organisation de la filière cunicole en Algérie. Les résultats de l'enquête ont révélé une commercialisation et une consommation faibles de viande de lapin en dehors des producteurs et de leur entourage. Afin d'accroître et de généraliser sa consommation régulière aux zones urbaines, des actions doivent être entreprises en amont et en aval de la filière en encourageant les élevages rationnels (amélioration génétique, maîtrise de la reproduction et de l'alimentation), la production organisée en groupements professionnels et la restructuration des circuits de distribution. Par ailleurs, alors que les autres secteurs viande se développent, la filière cunicole en Algérie ne peut prospérer avec la seule commercialisation de la carcasse traditionnelle. Les produits de découpe et de transformation devraient revaloriser la production et offrir un plus large éventail de choix au consommateur. Un réel travail de fond sur la qualité et la classification des carcasses serait ensuite à réaliser.

Références

Ait Tahar N., Fettal M., 1990. Témoignage sur la production et l'élevage du lapin en Algérie. 2ème conférence sur la production et la génétique du lapin dans la région méditerranéenne, Zagazig, Egypte, 3-7 septembre 1990. CD Rom.

Berchiche M., Cherfaoui D., Lounaouci G., Kadi S.A., 2012. Utilisation de lapins de population locale en élevage rationnel : Aperçu des performances de reproduction et de croissance en Algérie. 3ème Congrès Franco-Maghrébin de Zoologie et d'Ichtyologie, 6-10 novembre 2012 Marrakech-Maroc.

Colin M., Lebas F., 1994. Production et consommation de viande de lapin dans le monde, une tentative de synthèse. VIèmes journées de la recherche cunicole. La Rochelle, 6 & 7 décembre 1994, Vol 2 : 449-458.

Gacem M., Bolet G., 2005. Création d'une lignée issue du croisement entre une population locale et une souche européenne pour améliorer la production cunicole en Algérie. 11èmes Journées de la Recherche Cunicole, 29 & 30 novembre 2005, Paris. p15-18.

Lebas F., Coudert P., De Rochambeau H., Thébaut R.G., 1996. Le lapin : élevage et pathologies. Collection FAO : Production et santé animale. Rome. http://www.fao.org/docrep/014/t1690f/t1690f00.pdf

Saidj D., Aliouat S., Arabi F., Kirouani S., Merzem K., Merzoud S., Merzoud I. Ain Baziz H., 2013. La cuniculture fermière en Algérie : une source de viande non négligeable pour les familles rurales. Livestock Research for Rural Development 25 (8).

FAISABILITE D'UTILISER UN SYSTEME POUR EVALUER EN TEMPS REEL LA PERTE DE CONSCIENCE DES BOVINS ET DES OVINS EN ABATTOIR

VIALTER S. (1)

(1) ASSOCIATION POUR LE DEVELOPPEMENT DE L'INSTITUT DE LA VIANDE (ADIV), ZAC DES GRAVANCHES, 10 RUE JACQUELINE AURIOL, 63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX 2, FRANCE

sebastien.vialter@adiv.fr

Abstract:
Feasibility of using a system to study in real-time the loss of consciousness in cattle and sheep at slaughter.
Measuring the effectiveness of stunning and killing practices is an important aspect of the new approach of animal welfare. Currently, the evaluation of stunning and killing practices is based on the analysis of behavioral signs. These signs are subject to discussion among experts in different research areas. Because of people's different sensitivity, observation and interpretation of these signs allow a certain degree of subjectivity. With the evolution of EEG analysis technology, it would be of interest to perform EEG measurements at slaughter. The aim of this study was to develop and evaluate the feasibility of an onboard sensor that can analyze EEG waves of animals during the slaughtering process. The purpose of this study was to obtain better knowledge of behavioral indicators routinely used by operators to evaluate the effectiveness of their stunning and killing practices during the slaughtering process.

Introduction

A l'abattage, la mesure de l'efficacité des pratiques d'étourdissement et de mise à mort est un des points fondamentaux de la nouvelle manière d'aborder les questions relatives au bien-être des animaux (Règlement (CE) N°1099/2009). Aujourd'hui, l'évaluation des méthodes d'abattage repose sur l'analyse de signes comportementaux qui font plus ou moins l'objet d'un consensus entre les experts dans différents travaux de recherche (Grandin et et al., 2005). Fortement liées à la sensibilité des personnes, l'observation et l'interprétation des signes sur l'animal laissent place à une part non négligeable de subjectivité. L'évolution de la technologie dans le domaine des analyses électroencéphalographiques (EEG) fait qu'il est désormais possible de réaliser ce type de mesure en conditions de terrain difficiles (Lowe et al., 2007). L'objectif de cette étude est de développer et d'évaluer la faisabilité d'un capteur embarqué qui permet d'analyser les ondes EEG des animaux lors de leur étourdissement, en vue d'étudier la pertinence des indicateurs comportementaux destinés à être utilisés en routine par les opérateurs pour évaluer l'efficacité de leur pratique.

Matériel et méthodes

Mise au point du capteur :

Le capteur repose sur l'assemblage de deux cartes électroniques spécifiques et préfabriquées (Olimex®). Le dispositif électronique a été positionné à l'intérieur d'une boîte rigide pour le protéger contre l'humidité et les chocs éventuels qui pourraient survenir au cours de la mise à mort des animaux.

Acquisition et analyse des données :

La capture des signaux EEG par le capteur n'est possible qu'après implantation de sondes à proximité du cerveau de l'animal. Une sonde de référence et deux sondes d'acquisition sous forme d'aiguilles très fines ont été implantées en sous cutanée sur la tête de l'animal en des points précis dont la localisation a été définie selon deux lignes imaginaires : ligne longitudinale et ligne transversale (Figure 1) (Gregory et al., 1985). Une application informatique spécifiquement développée pour l'analyse en temps réel des données EEG a été utilisée (logiciel BrainBay®).

Mise en œuvre du système en condition d'abattage :

Après avoir placé le capteur à proximité de l'animal, les sondes ont rapidement été positionnées sur la tête de l'animal aux endroits définis ci-dessus. Le capteur étant connecté à l'interface informatique à l'aide d'un port série, le logiciel est ensuite activé afin de visualiser en temps réel le tracé EEG. Une webcam permet de filmer en permanence l'animal pendant qu'une deuxième caméra enregistre l'écran de l'ordinateur. Ce dispositif permet de visualiser sur une même séquence vidéo les modifications comportementales de l'animal et les modifications du tracé EEG (Figure 2).

Définition des stimuli :

Il s'agit de tests sensoriels, pratiqués sur l'animal. Trois stimuli ont été retenus en raison de leur efficacité en matière de réactions comportementales : réaction au bruit par claquement des mains à proximité de l'animal, toucher de la cornée de l'œil, pincement des naseaux

Résultats

Pour chaque espèce animale (bovins et ovins), les trois types de stimulus ont été testés et, 3 séquences vidéos cumulant analyses comportementales et suivis du tracé des ondes EEG, ont été produites. Excepté le stimulus « Réaction au bruit » chez les ovins, tous les enregistrements ont montré clairement une modification du tracé électroencéphalographique après application d'un stimulus, quelque soit le stimulus et l'espèce.

Faisabilité liée à l'utilisation du système dans le cadre d'un abattage de bovins :
Le dispositif d'étourdissement mécanique à tige perforante est très largement utilisé pour l'étourdissement des bovins. Les premiers tests effectués en abattoir ont montré que la fixation et le maintien des sondes sur la tête de l'animal doivent être parfaitement maîtrisés. En effet, l'onde de choc généré par la tige perforante, la chute de l'animal et les réactions motrices post étourdissement provoquent régulièrement le déplacement voire l'enlèvement d'une ou plusieurs sondes, empêchant ainsi toute analyse des modifications du tracé EEG entre un animal conscient et inconscient.
Faisabilité liée à l'utilisation du système dans le cadre d'un abattage d'ovins :
Les ondes EEG sont déclenchées par l'application d'un courant de quelques microvolts à quelques millivolts. Telle qu'elle est pratiquée, l'électronarcose consiste à appliquer un courant électrique d'environ 250-300V à travers le cerveau de l'animal. Ce courant devient un risque majeur pour les cartes électroniques du capteur. Une prise a donc été placée entre les sondes et la partie capteur. Par simple action sur la prise, ce dispositif permet de pratiquer l'électronarcose sans risque de destruction du capteur et sans avoir à intervenir sur les sondes disposées sur la tête de l'animal.

Figure 1 : position des électrodes chez les bovins et ovins

Figure 2 : exemple de tracé EEG

Discussion
Basé sur la méthode des potentiels évoqués, ce système permet d'évaluer, à partir de l'analyse des modifications du tracé électroencéphalographique, si le cerveau de l'animal perçoit ou non des stimuli de l'environnement après étourdissement. Après étourdissement de l'animal, lorsque le tracé EEG est modifié suite à l'application d'un stimulus, cela signifie que le cerveau de l'animal est en mesure d'intégrer un signal extérieur de l'environnement. Les liens avec l'état de conscience de l'animal restent toutefois encore à élucider. En revanche, si le tracé EEG n'est pas modifié après application d'un stimulus suite à l'étourdissement, le cerveau de l'animal n'est pas en mesure d'intégrer les messages extérieurs de l'environnement et on sait que l'animal est inconscient. Les différents essais conduits ont permis d'aboutir au développement d'un système de mesure utilisable sur les bovins et les ovins, quelque soit la méthode d'abattage (conventionnel ou sans étourdissement préalable) et quelque soit le dispositif employé lors d'un abattage conventionnel (mécanique ou électrique). Cependant, l'utilisation d'un tel système en l'état ne peut être envisagée en routine par les opérateurs. En effet, la mise en place du dispositif de mesure sur l'animal ainsi que le paramétrage de l'interface informatique utilisée repose sur une expertise acquise au fil du développement par des ingénieurs ainsi formés.

Conclusion
Même si des ajustements restent à effectuer en matière de miniaturisation et de vitesse de transmission des signaux, le capteur permet de suivre, en condition d'abattage, les ondes EEG des animaux. Ainsi, il est tout à fait envisageable dans une étape ultérieure d'évaluer la pertinence des indicateurs comportementaux définis dans les guides de bonnes pratiques et utilisés par les opérateurs pour qualifier l'état d'inconscience de l'animal. Par ailleurs, ce même capteur pourra être utilisé pour apprécier la présence d'un état d'inconscience lors d'un abattage sans étourdissement préalable. Des essais sont actuellement en cours.

Références bibliographiques
[01] Lowe JC et al. (2007). A novel telemetric logging system for recording physiological signals in unrestrained animals. Computers and electronics in agriculture 57:74-79.
[02] Grandin T. (2005). Recommanded animal handling guidelines and audit guide for cattle,pigs and sheep. AMI Foundation Dept. of animal science – Colorado state university.
[03] Gregory et al. (1985). Sheep slaughtering procedures IV. Responsiveness of the brain following electrical stunning. British veterinary journal, 141 :74-81.
[04] Règlement (CE) N°1099/2009 du Conseil du 24/09/2009 sur la protection des animaux au moment de leur mise à mort.

CARACTERISTIQUES DE L'ACTIVITE BOUCHERE DANS LA REGION CHLEF EN ALGERIE

SADOUD M. (1), CHEHAT F. (2), SADOUD H. (1)

(1) UNIVERSITE HASSIBA BENBOUALI DE CHLEF, FACULTE DES SCIENCES, CHLEF (02000), ALGERIE
(2) ENSA D'ALGER, DEPARTEMENT D'ECONOMIE RURALE, ALGER(16000), ALGERIE

m.sadoud@univ-chlef.dz

Abstract
Business characteristics of butcheries in the Chlef region of Algeria

In Algeria, butchers are present in most parts of the country and the butcher network is well developed. This study was aimed at investigating the butcher business and its logic in the Chlef region of Algeria. There is in fact a multitude of butcher types. They market the retail meat and control most of the circuit of meat. These are craft units, holding to a form of specialization appropriate to the local market. They are also recognized by their suppliers; they meet the needs of a variety of customers and are resistant to fluctuations in supply and prices. They adopt an adjustment between beef and lamb, according to the quantities purchased and frequency of purchases of their customers.

Introduction

En Algérie, la vente de la viande en détail est une activité spécialisée réservée aux bouchers qui constituent le maillon le plus important du circuit de distribution de la viande (Sadoud, 2010). Les bouchers représentent le dernier stade avant la consommation. Nous avons cherché à comprendre à travers nos enquêtes comment les bouchers sont organisés dans la région de Chlef en Algérie et comment se déroule leur activité. Nous nous sommes posés plusieurs questions : Comment les bouchers s'approvisionnent-ils en viande et quels sont leurs critères de choix ? Quelles sont les attentes de leurs clients et comment ils y répondent ? Quelles relations entretiennent-ils avec les acteurs ?

Matériel et méthodes

La méthodologie mise en œuvre a été basée sur des enquêtes durant deux ans auprès de 36 boucheries sur les 80 que compte la région de Chlef. Ces enquêtes ont permis de préciser la source d'approvisionnement des boucheries, la fréquence de leurs achats, leur capacité en froid, leur activité d'abattage par semaine, la qualité recherchée, les caractéristiques de leur clientèle, leur pratique de la découpe, la valorisation du 5ème quartier, leurs moyens de stockage, les ventes quotidiennes de viandes, et les contraintes d'approvisionnement. Les données collectées ont fait l'objet d'analyses statistiques simples réalisées sous Excel afin de caractériser l'activité bouchère au niveau de la région.

Résultats

La majorité des bouchers s'approvisionne régulièrement auprès des maquignons selon la demande de leur clientèle. Ils commercialisent la viande au détail et contrôlent la presque totalité du circuit de la viande. Le boucher joue donc en même temps le rôle de chevillard et de boucher : il achète l'animal sur pied auprès des maquignons, abat, découpe et commercialise sa viande (Sadoud, 1998).
Les bouchers sont en majorité propriétaires de leur magasin. L'ancienneté moyenne de ces bouchers varie entre 6 à 45 ans opérant dans tous les agglomérations urbaines de la région en famille (pères, frères, fils). Ils ont commencé à apprendre le métier, dès leur enfance, au contact de leurs parents. Dans toutes les boucheries, il y a un présentoir, des carcasses surtout d'agneaux, des quartiers et des pièces de viande (épaules, gigots) qui sont suspendues à des crochets métalliques à l'extérieur de la boutique ou au dessus de l'étal. Les carcasses sont découpées à la demande sur de grands billots de bois. Quant à l'engraissement, 14% des bouchers de notre échantillon possèdent un atelier d'engraissement où ils élèvent des animaux vivant pendant une certaine période avant l'abattage en prévision des périodes de forte demande de viande (Ramadhan et l'Aid El-Adha).
Les principaux clients des boucheries demeurent les ménages. Néanmoins, certaines d'entre elles, en plus des ménages, assurent l'approvisionnement de quelques cantines et restaurants d'entreprises, qui constituent pour eux un débouché important et qui sont en pratique assez traditionalistes dans leurs achats et préfèrent l'achat de la viande de boucherie traditionnelle.
La structure des volumes d'ovins achetés par boucher dépend de l'intensité d'abattage (donc des effectifs abattus) de chaque boucherie, de la demande de la clientèle ainsi que de sa capacité de stockage en froid. En effet, l'effectif moyen annuel réalisé par boucher est de l'ordre de 120 têtes ovines. Cependant, la médiane et la moyenne sont proches, ce qui

est confirmé par la valeur de l'écart type qui est de l'ordre de 118 (Tableau 1). Ainsi, le coefficient de variation est de l'ordre de 0.96 pour l'espèce ovine, ce qui confirme l'hétérogénité de l'échantillon. De plus, on constate d'après la Figure 1 l'existence de valeurs extrêmes : un minimum de 24 têtes et un maximum de 679 têtes.
Pour ce qui est des volumes de bovins abattus annuellement par les bouchers de la région, ils dépendent de l'ajustement opéré par chaque boucherie avec l'espèce ovine et de la demande de la clientèle. En effet, le débit moyen annuel réalisé par les bouchers est de 36 têtes. La Figure 2 nous montre que la dispersion est moins importante, variant entre 1 tête et 102 têtes. Le coefficient de variation est de l'ordre de 0.66, ce qui confirme la plus grande homogénéité de l'échantillon.
Par ailleurs, il existe une concurrence entre les boucheries selon la qualité et la présentation des pièces de viande. En effet, pour reconnaître la qualité d'une viande sur pied, lors de l'achat en vif, les bouchers ont leurs repères. Tous les bouchers déclarent qu'ils préfèrent les carcasses aux profils convexes, aux épaules et gigots rebondis, avec une bonne couverture musculaire des côtes et de l'épine dorsale.

Tableau 1 : Les activités bovine et ovine des bouchers (en nombre de têtes)

Statistique	Activité ovine	Activité bovine
Nb. d'observations	36	36
Médiane	93	35
Somme	4365	1307
Moyenne	121,3	36,3
Ecart-type	118,45	24,41
Coefficient de variation	0,96	0,66

Figure 1 : Activité ovine des bouchers (nombre de têtes)

Figure 2 : Activité bovine (nombre de têtes)

Discussion et conclusion

On peut dire qu'il existe en Algérie un secteur artisanal, constitué d'entreprises personnelles et familiales. Il s'agit d'une logique de producteurs indépendants visant à valoriser individuellement un savoir-faire (Coquart et Soufflet, 1989). Il s'agit aussi d'unités artisanales, tendant chacune à une forme de spécialisation adaptée au marché local, reconnue par ses fournisseurs ; ces unités artisanales répondent aux besoins d'une clientèle variée et résistent aux fluctuations de l'offre et des prix. Elles demeurent efficaces, favorisées par la simplicité des techniques de production et l'absence de contrôle de qualité. C'est en raison de ces faiblesses techniques et économiques que ces unités représentent un secteur qui occupe une place importante dans le circuit de distribution. Sa stratégie consiste à mener à bien une rotation quotidienne rapide des stocks et d'élargir ses ventes. Ces unités artisanales réalisent en permanence un ajustement entre viande bovine et viande ovine en fonction des quantités achetées et des fréquences d'achats de sa clientèle, qui préfère s'adresser à cette boucherie particulière où elle est mieux servie selon la disponibilité des viandes.
Ce sont probablement le modèle de consommation et les habitudes alimentaires algériennes qui entrainent l'existence de ce secteur artisanal de boucherie traditionnelle. Il est considéré comme étant le circuit le plus développé qui couvre la plus grande part du pays.

Références bibliographiques

Coquart D., Soufflet J. 1989. Dynamique de la concurrence et évolution de la filière viande bovine. Revue Economie Rurale, 194, 15-22.
Sadoud M. 2010. Marchés, filières, opérateurs : échanges de bétail et de viande rouge dans la région semi-aride algérienne. Revue des régions arides de Tunis. Numéro spécial.
Sadoud M. 1998. Circuits de distribution des viandes rouges dans la région de Chlef. Thèse de Magister, Institut National Agronomique d'Alger, Département d'Economie Rurale. 102 P

DEMARCHE DE CONCERTATION ENTRE L'INTERPROFESSION BETAIL ET VIANDE (INTERBEV) ET DES ASSOCIATIONS DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT : UN EXEMPLE DE DIALOGUE SOCIETAL.

GUINOT C., DAUL D., DUFAYET B. (1)

(1) INTERBEV (INTERPROFESSION BETAIL ET VIANDE), TOUR MATTEI 207, RUE DE BERCY - 75587 PARIS CEDEX 12

c.guinot@interbev.asso.fr

Multi-stakeholder initiative between the French Livestock and Meat Association (INTERBEV) and environmental NGO: an example of constructive dialogue
The relationships between agriculture stakeholders and environmental NGO have been historically difficult and tense, based on mutual attacks and criticisms in the media. The French Livestock and Meat Association has wished since 2012 to initiate a real and constructive dialogue between these different stakeholders and share with them a mutual vision of the French bovine industry including agreement and disagreement points. Six NGO participated in these first rounds of concertation: Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières, Green Cross, Orée, France Nature Environnement, Fondation Nicolas Hulot and WWF France. Once the points of interest had been identified by individual interviews, a first meeting took place in Paris with the aim of sharing the rules of the concertation and a basis of technical, social and economic information about the bovine industry. Then, a concertation took place in Auvergne on a grassland based farm on the different livestock systems in France and livestock feeding. The third meeting was in Alsace on a small "feedlot" farm (600 heads) about the environmental evaluation of livestock and sustainability indicators. To end the cycle, the last concertation was about the place of meat in nutrition. A list of agreement points and debating points was made and subjects were identified for further work. This dialogue initiative was presented to the Agriculture and Ecology Ministry.

Introduction

En 2013, l'Interprofession Bétail et Viande (Interbev) a invité des associations de protection de l'environnement à participer à un cycle de concertations sur l'élevage bovin allaitant et ses impacts sur l'environnement. Six associations ont répondu à l'invitation : Agronomes et Vétérinaires Sans Frontières, Green Cross, Orée, France Nature Environnement, Fondation Nicolas Hulot et WWF France. L'objectif était de dépasser les controverses médiatiques et de faire un état des lieux partagé des points d'accords et de désaccords des différentes parties prenantes. Les échanges ont mis en évidence une convergence de vue sur les services écosystémiques liés à l'herbe et ceux liés aux complémentarités entre élevages et cultures (bouclage des cycles de l'azote et du carbone entre systèmes d'élevage et grandes cultures à l'échelle des exploitations et des territoires). Une inquiétude commune a été soulevée : celle de la menace de disparition de l'élevage herbivore sur de nombreux territoires avec toutes les conséquences écologiques, économiques et sociales que cela pourrait entraîner. Ont également été relevés les points de débat et d'amélioration qui restent à approfondir et qui pourront donner lieu à des groupes de travail spécifiques. Après un rappel des éléments de contexte des filières, ce texte présente le dispositif de concertation et ses premiers résultats.

Matériel et méthodes

Les relations entre le monde agricole et les ONGs de protection de l'environnement et de solidarité internationale ont historiquement été complexes, le dialogue entre ces deux groupes s'effectuant majoritairement par médias interposés sur des points essentiellement critiques. (Delanoue et al, 2014, Dockes et al, 2013). Pour Caron-Malenfant, Conraud, (2009), l'acceptabilité d'une activité est « le résultat d'un processus durant lequel les parties prenantes construisent ensemble les conditions minimales à respecter pour qu'un projet s'intègre, à un moment donné, dans son milieu naturel et humain ». Dans un contexte de fortes critiques des médias et de l'opinion publique sur l'élevage et la viande bovine, il a semblé important pour les professionnels de la filière de créer au sein d'Interbev un premier espace de dialogue avec les associations identifiées comme ayant compétence sur l'agriculture et l'environnement et prenant la parole sur l'élevage et la viande. Courant 2013, a été lancé un cycle de concertation impliquant 6 ONGs de protection de l'environnement et de solidarité internationale, des administratifs, des experts et des représentants professionnels de la filière pour un débat ouvert et constructif sur l'élevage bovin français et la production de viande bovine. Cette démarche a été l'aboutissement d'un travail, mené entre 2009 et 2012, de prise de contact et d'échanges avec les différentes parties prenantes avec l'aide d'un cabinet spécialisé en médiation environnementale, « Transitions ». En 2012, Interbev et Transition ont alors consulté ces différentes ONGs, une par une, afin de recenser précisément leurs visions respectives de l'élevage bovin en France, ses atouts et faiblesses et également leurs points d'intérêt relatifs à leurs campagnes et missions. Puis, sur la base des résultats de cet audit, quatre réunions de concertation ont été organisées en 2013. La première, à Paris, a eu pour but de partager un état des lieux des enjeux économiques, sociaux et techniques auxquels est aujourd'hui confrontée la production de viande bovine française et de définir les règles communes du dialogue. La seconde, dans un élevage herbager en Auvergne, a porté sur les systèmes d'élevage et l'alimentation du troupeau. La discussion s'est appuyée sur l'intervention de Jean Devun, spécialiste des systèmes fourragers à l'Institut

de l'Elevage. La troisième réunion a eu lieu dans un élevage engraisseur spécialisé de plaine, en Alsace, sur l'évaluation environnementale et les indicateurs de durabilité de la filière bovine, avec l'appui d'Armelle Gac de l'Institut de l'Elevage, experte en Analyse de Cycle de Vie et méthodes d'évaluation. Enfin, la dernière concertation du cycle, à Paris, a porté sur la place de la viande bovine dans l'alimentation avec une intervention de Christelle Duchêne, nutritionniste au CIV (Centre d'Information des Viandes). Au cours de ces échanges et sur chaque thématique, ont été identifiés les points d'accords entre les parties prenantes et ceux faisant débat et à approfondir.

Résultats

Ces échanges ont eu pour premier bénéfice de créer un groupe d'échange convivial et respectueux des visions propres à chaque partie prenante ainsi qu'une base de connaissance et un vocabulaire communs. Sur les trois sujets travaillés, de nombreux points d'accords ont été identifiés, notamment : la forte autonomie des élevages de bovins en France (90% de l'alimentation des troupeaux autoproduite sur la ferme) et le maintien du lien au sol qui y est associé (utilisation des déjections comme engrais organique sur l'exploitation) ; la place encore importante de l'herbe dans les rations (80 % pour les seuls bovins allaitant), l'intérêt de l'utilisation des coproduits des industries agroalimentaires (drêches, pulpes, écarts de tri …) dans l'alimentation des ruminants ; les services environnementaux liés à l'herbe, au maintien des haies, aux apports des déjections et aux rotations diversifiées présentes dans les élevages d'herbivores (maintien de la matière organique des sols, stockage de carbone, préservation de la qualité de l'eau, prévention de l'érosion, biodiversité, paysage) ; et enfin, les nombreux atouts en matière d'aménagement du territoire, de vitalité économique et sociale des territoires ruraux. Les valeurs nutritionnelles de la viande rouge ont aussi été partagées (protéines de qualité contenant l'ensemble des acides aminés indispensables, fer héminique, B12, sélénium…). Si les ONGs reconnaissent une baisse des niveaux de consommation de la viande rouge en France (-20% en 20 ans), certaines maintiennent qu'il serait nécessaire de réduire globalement les quantités consommées dans les pays développés pour que l'élevage mondial puisse répondre de manière soutenable à la demande croissante dans les pays en développement. Parmi les points à approfondir : la part des fourrages cultivés (maïs, luzerne, herbe cultivée..) par rapport à l'herbe des prairies permanentes dans les rations pour sécuriser l'autonomie de l'exploitation face aux aléas climatiques et à la volatilité des matières premières utilisées pour l'alimentation animale, et notamment le rôle de ces fourrages dans les exploitations à forte contrainte herbagère, l'enjeu de l'autonomie protéique de la France et les différents leviers à activer (techniques, scientifiques, politiques), les limites des méthodes en Analyse de Cycle de Vie (ACV) et la nécessité d'évaluer l'élevage dans une vision beaucoup plus systémique, intégrant des indicateurs sur les trois piliers de la durabilité, économique, environnementale et sociale. Plus généralement, la question de l'autonomie et de la robustesse des systèmes a été abordée ainsi que leur dépendance aux achats extérieurs. De façon générale, les discussions de ce groupe rejoignent celles de travaux récents sur la durabilité de l'élevage bovin et les services rendus (Peyraud et al, 2013 ; Ryshawy et al, 2014). Cette démarche a été présentée aux Ministres de l'Ecologie et de l'Agriculture ainsi qu'à de nombreux parlementaires qui ont accueilli l'initiative très positivement et en ont salué le caractère innovant.

Discussion

De cette première expérience, ressort l'intérêt de dialoguer sur des éléments techniques et scientifiques les plus concrets possible et donc dans un périmètre bien défini. C'est pourquoi il a été choisi de circonscrire les premières concertations à l'élevage bovin et plus particulièrement allaitant. Le déroulement des réunions sur le terrain a permis d'ancrer les réflexions dans la réalité et de garder les échanges « sur le plancher des vaches ». Les éventuelles méfiances initiales se sont vite estompées. Les différentes parties prenantes ont découvert au cours des discussions de nombreux points de convergence dans leur action respective mais ont aussi acté la nécessité de poursuivre le travail sur les aspects techniques et sur des cas concrets pour mettre ces points d'accords à l'épreuve du terrain.

Conclusions

Avec cette démarche, le dialogue entre les différentes parties prenantes de la filière viande bovine française est tout juste engagé. Il est nécessaire de poursuivre les échanges techniques et institutionnels pour une meilleure compréhension des enjeux respectifs et pour pouvoir engager une collaboration durable. Trois axes de travail prioritaires ont été identifiés pour la suite : autonomie protéique, indicateurs de durabilité et changement climatique. Le collectif ainsi formé travaille à faire reconnaître cette démarche par les deux ministères concernés (Agriculture et Environnement) comme un véritable dialogue préparatoire à la prise de décision politique. Pour la filière viande, cette plateforme d'échange doit permettre à terme d'anticiper les crises de confiance.

Références bibliographiques

Caron-Malenfant J., Conraud T., 2009. Guide pratique de l'acceptabilité sociale : pistes de réflexion et d'action. Ed. DPRM.

Delanoue E., Roguet C., 2014. Recensement et analyse des controverses sur l'élevage en France : Regards croisés de différents acteurs de la société. 8 pages pour le séminaire annuel du GIS Elevages Demain, Paris, 11 juin 2014.

Dockes et al., 2012. Etudier les controverses : approche méthodologique et application à la question de la consommation de viande rouge et des gaz à effet de serre. Renc. Rech. Rum. 19: 17-20.

Peyraud et al., 2013. Vers des systèmes d'élevage de ruminants à hautes performances. Renc. Rech. Rum. 20: 21-30.

Ryschawy J, Disenhaus C, Bertrand S et Tichit M. 2014. Services rendus par l'élevage. 8 pages pour le séminaire annuel du GIS Elevages Demain, Paris, 11 juin 2014.

JSMTV

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Session
« La place de la viande dans la nutrition humaine »

PREDICTION DE LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES CARCASSES BOVINES PAR SPECTROCOPIE PROCHE INFRAROUGE : CHOIX DU SITE DE MESURE

NORMAND J. (1), CARTES A. (1,2), FERRAND M. (3), MANCEAU D. (4), MAIRESSE G. (5), THOMAS A. (6,2), MOUROT B.P. (6,5) GUILLON C. (4), DURAND D. (6,2), GRUFFAT D. (6,2), LE PAGE R. (7), GOUJON J.M. (7), KERHOAS N. (8), CHESNEAU G. (5)

(1) INSTITUT DE L'ELEVAGE, SERVICE QUALITE DES VIANDES, 23 RUE JEAN BALDASSINI, 69364 LYON CEDEX 07
(2) VETAGRO-SUP, 89 AVENUE DE L'EUROPE, 63370 LEMPDES
(3) INSTITUT DE L'ELEVAGE, SERVICE BIOMETRIE, 149 RUE DE BERCY, 75595 PARIS CEDEX 12
(4) TERRENA, LA NOËLLE, BP 20199, 44150 ANCENIS
(5) VALOREX, LA MESSAYAIS, 35210 COMBOURTILLE
(6) INRA-UMRH, THEIX, 63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE
(7) FOTON-ENSSAT, 6 RUE DE KERAMPONT, 22300 LANION
(8) BLEU-BLANC-CŒUR, LA MESSAYAIS, 35210 COMBOURTILLE

jerome.normand@idele.fr

Abstract
Prediction of fatty acid composition of bovine carcasses using Near Infrared Spectroscopy: measurement site selection

The aim of the study was to determine the best site of bovine carcass for predicting fatty acid (FA) composition using a NIRS (near infrared spectroscopy) portable equipment. Seven tissues (*Longissimus thoracis*, *Infraspinatus*, *Diaphragma*, *Rectus abdominis*, shoulder subcutaneous adipose tissue (SAT), intercostal SAT and intermuscular fat at the 5th rib) were measured intact on carcasses and after sampling and grinding in liquid nitrogen. In order to have a representative database of French meat FA composition, 78 animals were sampled from different types and rearing systems. FA composition was assessed using gas chromatograph and the spectra were measured at wavelengths between 350 and 2500 nm. For adipose tissue, FA were not correctly predicted from NIRS. However, predictions were more satisfactory for the major FA (C16:0, C18:0, C18:1d9c), total saturated FA and total monounsaturated FA of muscles. They were even higher for ground than intact muscles. The *Diaphragma*, the fattest muscle (10.2 vs. 5.9% lipids) presented the lowest FA prediction of the four muscles. The three others were very close.

Introduction

Le projet SpecMeat regroupant des industriels (Valorex et Terrena), des laboratoires de recherche (INRA-UMRH, FOTON-ENSSAT), la filière Bleu-Blanc-Cœur et l'Institut de l'Elevage vise notamment à mettre au point un outil analytique utilisable en abattoir, basé sur la spectroscopie proche infrarouge (SPIR), pour apprécier la composition en acides gras (AG) de la viande bovine. Au final, cet outil devrait permettre aux industriels de la filière d'orienter précocement les carcasses vers les circuits commerciaux les plus adaptés (filière Bleu-Blanc Cœur, par exemple) sur la base de leur composition en AG. La méthode de référence pour la mesure de la composition en AG, la chromatographie en phase gazeuse (CPG), est destructrice, particulièrement longue et coûteuse. Des travaux précurseurs ont montré que la SPIR est une méthode de mesure alternative, aussi bien chez le porc (Mairesse *et al.*, 2012), le poulet (Riovanto *et al.*, 2012) l'agneau (Guy *et al.*, 2011) et même chez le gros bovin (Prieto *et al.*, 2012). La spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) est une méthode basée sur l'absorption de la lumière par les composés organiques. Le niveau d'absorption dépend de la nature et de la quantité des liaisons chimiques et par conséquent de la composition chimique du produit. Après une calibration spécifique de chaque paramètre à mesurer, l'utilisation de l'appareil est facile, rapide, non destructive, peu coûteuse et souvent utilisable en ligne. L'étude rapportée ici a pour objectif de déterminer le tissu de la carcasse d'un gros bovin à mesurer pour une calibration optimale de la SPIR sur la composition en AG.

Matériels et méthodes

Un échantillon de 78 carcasses de gros bovins de types génétiques différents (lait ou viande), de catégories différentes (jeunes bovins, vaches ou bœufs) et alimentés avec des rations à base d'herbe ou d'ensilage de maïs avec ou sans supplémentation à base de graines de lin extrudées a été constitué afin de couvrir une large gamme de teneur en lipides et composition en acides gras. 7 tissus ont été identifiés pour développer des calibrations : 4 muscles i) *Longissimus thoracis* (LT), ii) *Infraspinatus* (In), iii) *Diaphragma* (Di), iv) *Rectus abdominis* (RA), et 3 tissus adipeux : i) le gras d'épaule (GEp), ii) le gras sous-cutané intercostal au niveau des dernières côtes (GCo), iii) le gras intermusculaire au niveau de la 5ème côte (GIn). 2 jours après abattage, des mesures spectrales (C_0) ont été réalisées sur la carcasse au stade de la coupe avant-arrière, sur chacun des tissus. Ceux-ci ont ensuite été prélevés et congelés sous vide à -80°C, dans l'attente des analyses. De nouvelles mesures spectrales (B_3) ont été réalisées après décongélation sur les échantillons broyés finement dans l'azote liquide. Les spectres ont été acquis à l'aide d'un spectromètre portable ASD LabSpec 4 (gamme de longueurs d'ondes : 350-2500 nm). Les profils en acides gras (g/100 g de viande) ont été déterminés par

Chromatographie en Phase Gazeuse, sur les échantillons broyés dans l'azote liquide, après extraction des lipides totaux et transméthylation (Guy *et al.*, 2011).
Les spectres ont été transformés mathématiquement avec différents traitements (correction de dispersion et prétraitement des spectres : lissage, dérivés premières et secondes). Les modèles ont été développés par PLS et validés par validation croisée, sur le logiciel R pour l'ensemble du spectre. Les performances du modèle de prédictions pour les différents acides gras sont évaluées sur la base des critères suivants : erreur de validation croisée (SE_{CV}) et coefficient de détermination en validation croisée (R^2_{CV}).

Résultats
Pour les tissus adipeux, quels que soient les acides gras considérés, ils ne sont pas correctement prédits à partir des mesures SPIR C_0 ($R^2_{CV} < 0,43$ – Tableau 1) ou B_3 ($R^2_{CV} < 0,55$ – Tableau 2). En revanche, les prédictions sont plutôt satisfaisantes pour les acides gras majeurs (C16:0, C18:0, C18:1d9c), les acides gras saturés totaux (AGS) et monoinsaturés totaux (AGMI) des muscles. Elles sont d'autant plus élevées lorsqu'ils sont présentés sous une forme très homogène (B_3 : $R^2_{CV} > 0,78$) par rapport aux muscles bruts présents sur la carcasse (C_0 : $0,66 > R^2_{CV} > 0,29$). Les AG polyinsaturés (AGPI) semblent mal prédits par la SPIR portable. Le *Diaphragma*, muscle plus gras que les 3 autres (10,2 % de lipides *vs.* 5,9 % en moyenne pour les autres), enregistre les performances de calibration les plus faibles des muscles, celles des 3 autres muscles étant très proches.

Tableau 1. Qualité des modèles de prédiction des AG (g/100 g de tissu) pour les tissus mesurés sur la carcasse (C_0)

	Di		LT		RA		In		GEp		GCo		GIn	
	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}
C16:0	0,66	0,41	0,54	0,63	0,58	0,53	0,55	0,60	4,45	0,09	3,29	0,12	3,79	0,04
C18:0	0,58	0,29	0,31	0,62	0,26	0,60	0,30	0,55	2,91	0,14	2,02	0,43	4,07	0,00
C18:1d9c	0,95	0,34	0,83	0,56	0,72	0,60	0,89	0,54	6,20	0,00	4,48	0,07	6,70	0,00
AGS	1,26	0,45	0,92	0,63	0,87	0,59	0,88	0,65	8,43	0,00	5,44	0,12	6,45	0,06
AGMI	1,08	0,39	0,90	0,64	0,84	0,64	1,01	0,61	7,99	0,00	5,82	0,06	5,89	0,12
AGPI *n*-6	0,08	0,00	0,06	0,04	0,05	0,45	0,06	0,05	0,43	0,05	0,38	0,31	0,43	0,05
AGPI *n*-3	0,07	0,10	0,04	0,00	0,04	0,22	0,05	0,13	0,15	0,00	0,13	0,21	0,16	0,01
AGPI	0,12	0,03	0,09	0,00	0,08	0,38	0,08	0,16	0,82	0,00	0,55	0,24	0,60	0,07

Tableau 2. Qualité des modèles de prédiction des AG (g/100 g de tissu) pour les tissus broyés dans l'azote liquide (B_3)

	Di		LT		RA		In		GEp		GCo		GIn	
	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}	SE_{CV}	R^2_{CV}
C16:0	0,41	0,78	0,40	0,80	0,26	0,90	0,27	0,91	3,25	0,51	3,29	0,13	5,15	0,00
C18:0	0,32	0,79	0,25	0,76	0,16	0,84	0,18	0,85	2,24	0,49	2,07	0,36	2,43	0,23
C18:1d9c	0,54	0,79	0,55	0,81	0,41	0,87	0,33	0,94	4,65	0,41	4,26	0,20	3,96	0,12
AGS	0,76	0,80	0,68	0,80	0,44	0,89	0,48	0,90	5,29	0,55	5,06	0,19	5,70	0,12
AGMI	0,61	0,80	0,64	0,82	0,46	0,89	0,44	0,93	5,45	0,48	5,25	0,27	4,70	0,14
AGPI n-6	0,09	0,00	0,05	0,28	0,05	0,43	0,06	0,25	0,38	0,26	0,40	0,22	0,39	0,01
AGPI n-3	0,07	0,09	0,04	0,02	0,03	0,32	0,04	0,19	0,11	0,31	0,18	0,00	0,15	0,07
AGPI	0,12	0,03	0,08	0,26	0,07	0,53	0,08	0,21	0,53	0,32	0,61	0,09	0,55	0,05

Discussion
Conformément à la bibliographie, seuls les acides gras majeurs peuvent être prédits par SPIR (Guy *et al.*, 2011 ; Rivanto *et al.*, 2012). En revanche, contrairement à ce que Mairesse *et al.* (2012) ont observé sur le porc, les prédictions semblent meilleures pour les tissus les plus maigres : RA, LT et In. Par ailleurs, comme les travaux de Guy et al. (2011) et Mairesse *et al.* (JSMTV 2014) l'ont montré, lorsque les muscles sont sous une forme très homogène (broyat), la prédiction de la composition en acides gras semble plus performante que pour un muscle intact.

Conclusions
Compte tenu des effectifs sur lesquels reposent ces premières calibrations, la SPIR portable semble présenter un potentiel intéressant pour une utilisation sur le terrain en vue de classer et orienter les carcasses sur la base de leur composition en AG. De façon à optimiser la prédiction de la composition en AG, il semble préférable de réaliser les mesures sur des muscles maigres, présentés sous forme très homogènes.

Remerciements : Cette étude a été réalisée avec le soutien financier du 14ème FUI, des régions Bretagne et Pays de la Loire, du Conseil Général des Côtes-d'Armor, de Lannion-Trégor-Communauté et du FEDER (Projet SpecMeat).

Mairesse G., Douzenel P., Mourot J., Vautier A., Le Page R., Goujon J.M., Poffo L., Sire O., Chesneau G., 2012. Journées Recherche Porcine, 44, 211-212.
Guy F., Prache S., Thomas A., Bauchart D., Andueza D., 2011. Food Chemistry, 127, 1280-1286.
Riovanto R., De Marchi M., Cassandro M., Penasa M., 2012. Food Chemistry, 134, 2459-2464.
Prieto N., Dugan M.E.R., López-Campos O., McAllister T.A., Aalhus J.L., Uttaro B., 2012. Meat Science, 90, 43-51.

LES TRAITEMENTS CULINAIRES : INCIDENCES SUR LA QUALITE NUTRITIONNELLE DES VIANDES DE BOUCHERIE

GANDEMER G. (1), DUCHENE C. (2), KONDJOYAN A. (3)

(1) INRA, CENTRE NORD-PICARDIE-CHAMPAGNE, ESTREES-MONS, 80203 PERONNE CEDEX,
(2) C.I.V., TOUR MATTEI, 207 RUE DE BERCY, 75587 PARIS CEDEX 12, FRANCE
(3) INRA, UR 370, QUAPA, 63122 ST GENES-CHAMPANELLE, FRANCE

gilles.gandemer@mons.inra.fr

Abstract: Home cooking practices: Consequences on the nutritional value of red meats.
Cooking largely changes muscle composition. So, it is of interest to evaluate the consequences of cooking practices on the nutritional value of red meats. After modelling cooking losses of juice, B3 and B6 and heme iron during cooking, we estimated retention rates of these components for the main cooking practices used by French consumers. From these data, we calculated the composition of cooked meat from data previously obtained on raw meats. The results lead to classifying the nutrients into 3 groups. The first one includes nutrients that undergo no significant loss: intramuscular lipids, proteins, zinc, selenium and B12. The second one includes soluble and thermo-resistant nutrients (B3) that are expulsed from meat in the same proportion as juice. The third one includes nutrients both soluble and sensitive to heat (B6 and heme iron) which cumulate losses through juice expulsion and heat degradation. The highest losses were observed in braised and boiled meats: from 35 to 50% for B3, from 50 to75% for B6 and heme iron. These losses must be taken into account to deliver appropriate nutritional advice.

Introduction

La viande est majoritairement consommée cuite. Les consommateurs mettent en œuvre des pratiques culinaires très diversifiées en fonction de leurs habitudes alimentaires, du type de viande ou du matériel utilisé. Lors de la cuisson, un ensemble de réactions physiques et chimiques déterminent les qualités nutritionnelles des viandes cuites. En effet, pendant la cuisson, la viande expulse du jus composé essentiellement d'eau et de faibles quantités des nutriments solubles. D'autres nutriments sont partiellement altérés par la chaleur. Il est donc essentiel de bien connaître la nature et l'ampleur des pertes nutritionnelles occasionnées par la cuisson pour être en mesure de fournir des informations fiables au consommateur. C'est pourquoi, l'Inra, l'ADIV et le CIV ont uni leurs efforts pour apporter une réponse à cette question. La très grande diversité des pratiques culinaires rend impossible l'exhaustivité et la représentativité des analyses de compositions des viandes cuites. La stratégie générale de l'étude s'est déclinée en trois étapes (i) la modélisation des pertes en eau et en nutriments des viandes dans une large gamme de couples temps x température, (ii) la déclinaison des modèles en abaques donnant les pertes en jus et en nutriments pour les principaux modes et degrés de cuisson mis en œuvre par les consommateurs français pour les viandes de boucherie (iii) le calcul de la composition des viandes cuites issues de ces modes de cuisson à partir de données de composition des viandes crues acquises antérieurement. Le présent article porte sur l'analyse des conséquences de la cuisson sur les valeurs nutritionnelles des viandes.

Matériel et méthodes

Ce travail a mobilisé les travaux de Kondjoyan et son équipe (Ollic et al., 2011; Gandemer et al., 2011, Kondjoyan et al., 2012) qui ont permis de modéliser les pertes en jus de la viande de bœuf et de valider le modèle pour les viandes de veau, d'agneau et chevaline. Une étude préliminaire de chauffage de viande bœuf dans des conditions sévères a permis de sélectionner les nutriments (B3 et B6 et fer héminique) qui subissaient des pertes significatives pour modéliser leurs pertes à la cuisson. A partir de ces modèles, nous avons établi des abaques de pertes à la cuisson pour le jus et ces 3 nutriments pour les principaux modes de cuisson (grillé, poêle, rôti, braisé, bouilli) et pour différents degrés de cuisson (bleu, saignant et à point) pour les 4 viandes de boucherie (bœuf, veau, agneau et cheval). Ces abaques donnent une fourchette de pertes prenant en compte la diversité des muscles et de la taille des morceaux. La fourchette intègre la variabilité due à des paramètres impossibles à contrôler au niveau du consommateur (teneur en eau et température initiales de la viande crue, appareil de cuisson…). A l'aide de ces abaques, nous avons calculé la composition des viandes cuites pour un grand nombre de cuisson à partir des données que nous avions acquises antérieurement sur les viandes crues de ces 4 espèces (Bauchard et al., 2008).

Résultats

Nos travaux ont permis de définir trois groupes de nutriments en fonction de leur comportement au cours de la cuisson : ceux pour lesquels aucune perte significative n'a été observée, ceux qui sont expulsés dans des proportions équivalentes à celles du jus et enfin ceux qui affichent des pertes plus importantes du fait de la conjonction de leur expulsion dans le jus et de leur dégradation thermique partielle.

1- Le 1er groupe de nutriments sont ceux qui ne sont ni expulsés dans le jus, ni dégradés quel que soit le mode de cuisson. Ce sont les protéines, les lipides intramusculaires, certains minéraux comme le zinc et le sélénium et la B12. Ces nutriments sont soit des macromolécules peu solubles dans l'eau ou des atomes ou petites molécules immobilisés

dans des structures complexes (Ex: site actif d'enzymes pour le zinc et le sélénium). Ces nutriments se retrouvent en concentrations plus élevées dans 100 g de viande cuite que dans 100g de viande crue. Cet effet de concentration est particulièrement marqué pour les viandes bouillies ou braisées qui peuvent perdre près de 50% de leur poids lors de la cuisson sous forme de jus.
2- Le 2éme groupe rassemble les nutriments solubles dans l'eau de la cellule musculaire qui sont perdus par expulsion dans le jus. Les quantités perdues sont proportionnelles à la quantité de jus expulsé. La vitamine B3 est le représentant de ce groupe. Les pertes sont d'autant plus importantes que le traitement thermique conduit à des températures à cœur des viandes élevées et que les temps de cuisson sont longs. Elles peuvent atteindre 50% pour les viandes bouillies et braisées mais restent plus limitées pour les cuissons grillées et rôties (5 à 30%). Les viandes cuites présentent des concentrations en ces nutriments équivalentes à celles des viandes crues.
3- Le 3éme groupe est composé des nutriments qui sont à la fois solubles et sensibles à la température. Ces nutriments, expulsés dans le jus subissent également une dégradation thermique dès lors que la température au cœur de la viande dépasse 75°C. Ces pertes par dégradation thermique concernent le fer himnique (FeHe) et la B6. Elles ne sont significatives que pour les cuissons bouillies et braisées mais restent limitées à 10 à 25% de la quantité du nutriment dans la viande crue. Elles viennent s'additionner à la perte par expulsion dans le jus qui est relativement élevée pour ces modes de cuisson (35 à 50%). La concentration de ces nutriments est donc plus faible dans 100 g de viande cuite que dans 100g de viande crue.

Tableau 1 : Pertes en jus, vitamines B3 et B6 et fer héminique de la viande de bœuf en fonction des modes de cuisson ménagers (% de la teneur initiale dans la viande crue)

Mode de cuisson	Degré de cuisson	Pertes			
		Jus	Vit. B3	Vit. B6	Fer héminique
Grillé/poêlé	Bleu	5-10%	5-10%	5-10%	5-10%
	Saignant	15-20%	15-20%	15-20%	15-20%
	A point	20-25%	20-25%	20-25%	20-25%
Rôti	Saignant à à point	20-30%	20-30%	15-25%	20-40%
Braisé	Bien cuit	30-45%	30-45%	45-70%	45-70%
Bouilli	Bien cuit	35-50%	35-50%	50-75%	50-75%

Discussion
La perte en jus est le moteur essentiel des pertes en nutriments lors de la cuisson. L'expulsion du jus est la conséquence de la conjonction de deux phénomènes. Le premier est la dénaturation des protéines musculaires qui réduit le pouvoir de rétention d'eau de la viande, essentiellement du fait de la dénaturation précoce des protéines sarcoplasmiques et de la myoglobine (dès 50°C). Cette déliaison de l'eau combinée à la rétractation du collagène est la cause de l'expulsion du jus. La température atteint au cœur de la viande est donc un facteur déterminant la quantité de jus et de nutriments perdus lors de la cuisson. Ceci explique pourquoi les pertes à la cuisson restent modérées pour les cuissons rapides (grillé, poêlé) où la température à cœur ne dépasse que rarement 55°C Par contre, les pertes sont beaucoup plus importantes pour les cuissons longues parce les températures à cœur dépassent 75°C.
La dégradation thermique du FeHe a été bien étudiée. Le chauffage dans un tube à essai de jus extrait de viande par pression à froid a permis de montrer une conversion du FeHe en fer non héminique dans des proportions qui s'accroissent avec la température et le temps de chauffage (Gandemer et al, 2011). Après dénaturation de la globine, l'élévation de la température provoque la séparation du fer de l'hème. Ce phénomène a une implication nutritionnelle. En effet, la viande est une source de fer de notre alimentation qui tire son avantage du fort coefficient d'absorption du FeHe, comparativement au fer non héminique (20 à 30% versus 4-5%). Les viandes rouges restent une des meilleures sources de fer de notre alimentation. Le devenir de la B6 reste largement méconnu.

Conclusions
La cuisson modifie les caractéristiques nutritionnelles des viandes. Les cuissons courtes (grillée ou poêlée) génèrent des modifications limitées (5 à 30%) qui s'accroissent avec le degré de cuisson (bleu, saignant à point). L'ampleur de ces pertes ou gains de nutriments à la cuisson est inférieure à la variabilité observée dans les viandes crues (50%). Par contre, les cuissons longues génèrent une élévation de 30 à 50% des teneurs en lipides et protéines, zinc, sélénium et vitamine B12 et des pertes de 30 à 50% en vitamine B3 pouvant atteindre près de 75% pour le fer héminique et la B6. Il est impératif de tenir compte de ces modifications de la composition des viandes braisées et bouillies pour formuler des recommandations nutritionnelles précises.

Références bibliographiques
Ollic S., Lemoine E., Gros J.B., Kondjoyan A., 2011. Meat Sci., 88, 338-346 ;
Gandemer G., Duchène C., Kondjoyan A., 2011. 57th ICOMST, Ghent, Belgium- 7-12th August 2011
Kondjoyan A., Scislowski V., Portanguen S., Duchène C., Gandemer G. 2012. JSMTV.
Bauchard D., Chantelot F., Gandemer G. (2008). Cah. Nutr. Diét., 43, 1S29-39.

COMMENT MESURER LES ALDEHYDES IMPLIQUES DANS LA PROMOTION DU CANCER COLORECTAL PAR LES VIANDES ROUGES ?

CHANTELAUZE C.(1), GOBERT M.(2), MARTIN O. (3,4), JOLY C.(5), PUJOS E.(5), PIERRE F.(3) DURAND D.(1)

(1) UMR HERBIVORES , INRA, F-63122 ST-GENES-CHAMPANELLE,
(2), UR QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, INRA, F-63122 ST-GENES-CHAMPANELLE,
(3) UMR TOXALIM, INRA, F-31027 TOULOUSE,
(4) ADIV ASSOCIATION, F-63000 CLERMONT-FERRAND,
(5) UNITE DE NUTRITION HUMAINE, INRA, F-63122 ST-GENES-CHAMPANELLE

celine.chantelauze@clermont.inra.fr

Abstract

How to detect aldehydes involved in the promotion of colorectal cancer by red meat?

Recent epidemiological studies show that red meat and processed meat are, in the context of a large consumption, a risk factor for colorectal cancer. Current research is aimed at proposing preventive strategies limiting this risk. Hydroxyalkenals, as lipid peroxidation products, may participate in this promotion through their cytotoxic and genotoxic activities. A method for determination of these compounds was developed and used to evaluate the intensity of lipid peroxidation processes arising in the intestine in rats fed different meat diets (Sécuri-Viande, ANR-10-ALIA-014). Our results show that our method is appropriate for hydroxyalkenal determination (free and protein-bound forms), these levels depending on the content of meat in the diet.

Introduction

Le cancer colorectal est la première cause de mort par cancer chez les non-fumeurs. La consommation importante de viandes rouges, charcuteries et autres produits carnés, est un facteur de risque de ce cancer. Le projet Sécuri-Viande teste différentes stratégies préventives pour diminuer l'incidence de ce cancer sans bannir la consommation de viande. Il émet comme hypothèse majeure que le fer héminique des viandes augmente la lipoperoxydation, la nitrosylation, et la cytotoxicité du contenu fécal, les aldéhydes et les composés N-nitrosés produits étant à l'origine de la promotion tumorale. Parmi les aldéhydes, les hydroxyalkénals tels que le 4-hydroxy-2-nonénal (HNE) et le 4-hydroxy-2-hexenal (HHE) sont issus de la peroxydation des acides gras polyinsaturés (AGPI) de type n-6 et n-3 respectivement (Lesgards 2009). Ces aldéhydes existent sous forme libre ou peuvent s'adduire aux protéines (Esterbauer 1991).

L'objectif de notre étude était 1) de développer une méthode de mesure des aldéhydes dans des fèces à partir de méthodes développées sur matrice viande, 2) d'appliquer cette méthode chez des rats recevant des régimes alimentaires avec ou sans viande.

Matériel et méthodes

Schéma expérimental : 42 rats ont reçu pendant 14 jours soit un régime sans viande (lot Témoin), soit à base de viande crue de porc, soit à base de viande crue de bœuf. Les fèces ont été collectées pendant 5 jours en fin de période expérimentale. Les composés de lipoperoxydation ont été recherchés dans 3 matrices différentes : fèces fraîches, eaux fécales et culots de broyage obtenus après broyage des fèces dans de l'eau. La fraction eaux fécales, qui correspond à la fraction active des fèces sur l'épithélium colique, est le support habituel de toutes les mesures pratiquées dans ce type d'expérimentation.

Préparation des échantillons : une même quantité de fèces recueillie pour chaque animal est broyée dans de l'eau (dilution à 40%) additionnée de BHT (2%) pour limiter l'oxydation. Le mélange est agité 3 fois 30 secondes au Fast-Prep et centrifugé 20 min à 5500g à 4°C. Le surnageant (eau fécale) et le culot sont conservés à -80°C ainsi que des fèces fraîches brutes après broyage dans l'azote liquide.

Extraction et purification des HHE et HNE liés aux protéines et libres (selon une méthode adaptée de Lesgards et al. (2009)) : elle se décompose en quatre étapes 1) réduction en alcools primaires, respectivement le dihydroxyhexane (DHH) et le dihydroxynonane (DHN), 2) clivage de la liaison protéique (pour les formes liées aux protéines) ou de la double liaison carbone-carbone (pour les formes libres), 3) extraction et concentration à l'acétate d'éthyle, 4) dérivation par sylilation.

Détection et quantification (selon une méthode adaptée par Gobert et al. (2010)) : la GC-MS/MS est utilisée avec une séparation sur colonne capillaire HP-5MS (débit d'hélium à 0,7mL/min), puis une détection par spectromètre de masse triple quadripôle équipé d'une source d'ionisation chimique (gaz utilisé : isobutane). L'acquisition est réalisée en mode MRM en présence de [2H11]DHN comme standard interne.

Résultats- Discussion

1-Effet "matrice"

A partir des fèces fraîches de rats et après optimisation des méthodes d'extraction et de dosage, nous avons détecté plusieurs pics correspondants aux transitions des ions 400->268 pour le [2H11]DHN, 390->258 pour le [2H1]DHN

(provenant du HNE), 348->216 pour le [2H1]DHH (provenant du HHE), ces 3 pics correspondent bien à nos composés d'intérêt liés aux protéines (figure 1 chromatographe a). A partir d'une gamme étalon, nous avons pu déterminer les concentrations de ces composés. Cependant, cette matrice n'est disponible qu'en quantité très faible (car utilisée pour l'obtention des eaux fécales) et n'est pas habituellement utilisée pour mesurer les autres paramètres de cancérologie.
A partir de la matrice eau fécale, nous n'avons pas pu mettre en évidence nos composés d'intérêt sous leur forme liée aux protéines (figure 1 chromatographe b) vraisemblablement due à la précipitation des protéines dans le culot. Finalement, dans la matrice culots de fèces, habituellement non utilisée et éliminée, nous avons pu observer et mesurer les composés HNE-P, HHE-P et [2H11]DHN (figure 1 chromatographe c) ce qui confirme l'hypothèse précédente.
Nous avons suivi la même démarche en ce qui concerne la mesure des hydroxyalkénals sous forme libre. Contrairement à la forme liée, les formes libres sont présentes dans la matrice eaux fécales (figure 1 chromatographe d) leur solubilité leur permettant d'être dissoutes dans le surnageant lors de l'étape de centrifugation.
En conclusion, le choix de la matrice est essentiel, les mesures des hydroxyalkénals liés aux protéines doivent être réalisées dans le culot alors que les formes libres doivent être recherchées dans les eaux fécales.

Figure 1 : chromatographes GC-MS/MS des composés HNE et HHE liés ou libres dans les différentes matrices.

2 - Effet "régime"
Nos premiers résultats montrent que les concentrations en HNE-P mesurées dans les culots des fèces de rats ayant reçu un régime témoin (sans viande) sont 1.5 à 2 fois moins élevées que dans les fèces de rats ayant été nourris avec des régimes contenant du porc cru ($P<0.0001$) ou du bœuf cru ($P<0.01$) (figure 2). Chez les rats, en comparaison à un régime témoin, l'ingestion des régimes à base de viande rouge augmente significativement la concentration en HNE-P excrétés. Les concentrations en HHE-P (produit d'oxydation des AGPI n-3) ne présentent pas de différence significative entre les régimes, ceci pouvant résulter de leur présence en quantités très inférieures aux HNE-P (4 à 10 fois moins), certainement en relation avec les proportions entre leurs précurseurs (AGPI n-6 vs n-3).
Les dosages des composés sous leur forme libre sont encore en cours actuellement.

Figure 2 : Concentrations en HNE-P et HHE-P mesurées dans les culots de fèces de rats recevant un régime sans viande (TEM), ou contenant du porc cru ou du boeuf cru.

Conclusion
Les recherches développées pour le projet Sécuri-Viande nous ont permis de démontrer que des composés terminaux provenant de la peroxydation des AGPI de type n-6 et n-3 sont bien présents en fin de tractus digestif, et que ces composés sont mesurables, par notre approche, directement dans les fèces des animaux. De plus, il apparait une augmentation de la peroxydation des AGPI n-6 au niveau intestinal suite à l'ingestion de viandes rouges, qu'elles soient d'origine porcine ou bovine. Ces composés potentiellement actifs seront à mettre en relation avec les autres paramètres de carcinogénèse mesurés dans ce projet (lésions pré-tumorales et activités cytotoxique et génotoxique).

Références bibliographiques
Lesgards J-F., Robillard Frayne I., Comte B., Busseuil D., Rhéaume E., Tardif J-C., Des Rosiers C. 2009. Free Radic. 47, 1375-1385.
Esterbauer H., Schaur R. J. and Zollner H. 1991. Free Radic. Biol. Med. 11, 81-128.
Gobert M., Cossoul C., Comte B., Pujos-Guillot E., Gladine C., Joly C., Bauchart D., Durand D. 2010. JSMTV. 67-68

UNE TENEUR EN GRAISSE ELEVEE DANS UN PRODUIT CARNE BOVIN TRANSFORME L'ACIDE ASCORBIQUE D'UN ANTIOXIDANT EN UN PRO-OXIDANT PENDANT DE LA DIGESTION *IN VITRO*

VAN HECKE T., VOSSEN E., CLAEYS E., DE SMET S.

LABORATORY FOR ANIMAL NUTRITION AND ANIMAL PRODUCT QUALITY (LANUPRO), DEPARTMENT OF ANIMAL PRODUCTION, GHENT UNIVERSITY, 9090 MELLE, BELGIUM

stefaan.desmet@ugent.be

Abstract

A high fat content in a beef product alters the behaviour of ascorbic acid from antioxidative to pro-oxidative during in vitro digestion

The formation of malondialdehyde (MDA) and 4-hydroxy-nonenal (4-HNE) has been suggested to contribute to the association of processed meat consumption and colorectal cancer risk. During digestion, fat oxidation occurs, and it is known that oxidation processes depend on the physiochemical properties of the matrix. We hypothesized that the behavior of antioxidants during digestion might depend on the fat content of meat. We wanted to elucidate whether ascorbic acid (AA) could alleviate oxidative reactions throughout *in vitro* digestion of a processed lean and fat beef product. The digestion of the fat product compared to the lean product resulted in a 3- and 14-fold higher formation of MDA and 4-HNE respectively. During the digestion of the lean product, AA demonstrated an anti-oxidative effect by decreasing the concentration of MDA and hexanal up to 35% compared to a control without AA. In contrast, the addition of AA during the digestion of fat beef revealed a clear pro-oxidative effect even at the lowest dose by increasing the concentration of MDA, 4-HNE and hexanal up to 75%. Hence, a high fat content of beef may alter the antioxidant capacity of AA.

Introduction

Plusieurs méta-analyses montrent qu'une consommation régulière de produits de charcuterie est associée de façon significative à une augmentation du risque de cancer colorectal (Larsson et al., 2006; Chan et al., 2011). La formation de produits d'oxydation comme le malondialdéhyde (MDA), 4-hydroxy-2-nonénal (4-HNE) et hexanal (HEX), est une des hypothèses qui pourrait expliquer le lien entre la consommation élevée des charcuteries et le cancer colorectal (Corpet, 2011). Dans un modèle de simulation de digestion *in vitro*, nous avons démontré que la concentration des produits cytotoxiques et génotoxiques formés à cause de l'oxydation augmentait quand la viande avait un contenu élevé de fer heminique (Van Hecke et al., 2014a), ou de graisse (Van Hecke et al., 2014b). L'objectif de cette étude était d'élucider si l'acide ascorbique peut modifier les réactions oxydatives pendant la digestion d'un produit carné de bœuf gras ou maigre en utilisant un protocole de digestion *in vitro*.

Matériel et méthodes

Préparation des échantillons de viande. Du bœuf maigre (M. *Pectoralis profundus*) a été acheté dans un abattoir local. La viande a été coupée manuellement en cubes d'environ 1-2 cm^3. Le produit carné de bœuf gras (15% de graisse) a été fait en ajoutant de la graisse sous- cutanée de porc, alors que pour le produit de bœuf maigre rien n'a été ajouté. Les échantillons ont d'abord été hachés dans un moulin équipé avec une grille ayant des trous de 10 mm de diamètre et puis à travers une grille de 3,5 mm. Les viandes ont été bouillies au bain marie jusqu'à une température interne de 65°C. Ensuite, les échantillons ont été homogénéisés, emballés sous vide et conservés au congélateur (-20°C) jusqu'aux incubations.

Incubations. Une simulation de la digestion de viande avec des antioxydants a été réalisée selon le protocol de Van Hecke et al. (2014). Brièvement, 4,5 g de viande avec 0 ; 2,5 ; 5 ; 10 ou 20 mg d'acide ascorbique sont incubés cinq minutes avec 6 ml de salive, deux heures avec 12 ml de suc gastrique et 2 heures avec 2 ml de tampon bicarbonate (1 M, pH 8.0), 12 ml de suc duodénal et 6 ml de bile (en double exemplaire). A la fin, les digestas sont homogénéisés en utilisant un ultraturrax (9500 rpm) et conservés à -80°C jusqu'aux analyses.

Analyse des produits d'oxydation. La concentration du MDA dans les digestas (nmol/ml digest) a été déterminée selon Grotto et al. (2007) et est basée sur la formation de TBARS. La concentration de 4-HNE et hexanal (nmol/ml digest) a été déterminée par HPLC, après la formation des dérivés fluorométriques par réaction avec 1,3-cyclohexanedione, comme décrit précédemment (Van Hecke et al., 2014a).

Analyse statistique. Des modèles lineaires ont été utilisés pour analyser les effets du produit carné et de l'acide ascorbique. La comparaison des moyennes a été effectuée avec le Tukey's Post hoc test ($P<0.05$).

Résultats

Dans les échantillons sans acide ascorbique ajouté, et après digestion, la concentration des produits d'oxydation était plus élevée dans le produit de bœuf gras que dans le produit de bœuf maigre (3, 8 et 14 fois plus élevée pour le MDA, hexanal et 4-HNE respectivement).

L'acide ascorbique montrait un effet anti- ou pro-oxydant, dépendant à la fois de la concentration de l'acide ascorbique appliqué et de la teneur en graisse du produit carné (Figure 1). L'effet de l'acide ascorbique sur 4-HNE dans les échantillons sur base de bœuf maigre n'est pas analysé, car ces résultats étaient proches de la limite de détection. Pendant la digestion du boeuf maigre, un effet anti-oxydant de l'acide ascorbique a été observé, car une réduction de la concentration en MDA ($p<0,001$) et hexanal ($p<0,001$) jusqu'à 35% comparée au témoin sans acide ascorbique a été observée. L'addition de 10 ou 20 mg d'acide ascorbique par incubation montre aussi un effet anti-oxydant, mais les concentrations de MDA (pour 10 mg/incubation) et hexanal (pour 20 mg/incubation) étaient plus élevées par rapport à l'addition de 2,5 et 5 mg acide ascorbique/incubation. Au contraire, l'addition d'acide ascorbique pendant la digestion de bœuf gras montrait, même à la dose la plus basse, un effet pro-oxydant car les concentrations de MDA ($p<0,001$), 4-HNE ($p=0,006$) et hexanal ($p=0,009$) augmentaient jusqu'à 75% par rapport au témoin sans acide ascorbique ajouté.

Figure 1. Effet de l'acide ascorbique (0 ; 2,5 ; 5 ; 10 et 20 mg/incubation) sur la formation de malondialdéhyde (◆), 4-hydroxy-nonénal (■) et hexanal (▲) dans les digestas, exprimée relativement au témoin (0 mg acide ascorbique/incubation). Des lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes ($p<0,05$).

Discussion

Les mécanismes d'oxydation sont considérablement différents dans des solutions aqueuses, des graisses ou des émulsions (McClements et Decker, 2000). La charcuterie contient des quantités variables de graisse, qui sont pour la majorité émulsifiées dans l'intestin grêle par des lipases et des sels biliaires (McClements et Li, 2010). Pendant la digestion du bœuf maigre, l'acide ascorbique montrait un effet anti-oxydant, probablement par enlever les espèces réactives de l'oxygène qui sont formées, par exemple, pendant la réaction de Fenton. Par contre, la digestion du bœuf gras avec une teneur en graisse de 15% résultait dans une augmentation des produits cytotoxiques et génotoxiques, MDA et 4-HNE. L'acide ascorbique, qui est très hydrophile, démontre donc une activité pro-oxydante pendant la digestion d'un produit carné sur base de bœuf gras, résultant dans une augmentation de 75% de la formation de produits de la peroxydation des lipides. L'acide ascorbique est capable de réduire Fe^{3+} à Fe^{2+} par lequel il maintient la réaction en chaîne et la production des espèces réactives de l'oxygène. Pendant la digestion du bœuf maigre, les espèces réactives de l'oxygène peuvent être captées par l'acide ascorbique ajouté. Au contraire, quand il y a une grande teneur en graisse, on peut émettre l'hypothèse que les espèces réactives de l'oxygène peuvent échapper dans la fraction lipidique, tandis que l'acide ascorbique (comme composant hydrophile) n'a pas accès à cette fraction. En plus, ces espèces réactives, comme $HO^{\cdot}$ et $HOO^{\cdot}$, peuvent stimuler l'oxydation des acides gras poly-insaturés dans cette fraction lipidique.

Conclusion

Cette étude montre qu'une grande teneur en graisse dans un produit de viande bovine peut changer le caractère anti-oxydant de l'acide ascorbique en pro-oxydant pendant la digestion, avec une formation de produits de peroxydation des lipides plus élevée. Comme la charcuterie et d'autres produits carnés contiennent souvent une grande quantité de graisse, des études futures sur l'activité d'un antioxydant dans des conditions de digestion simulées devraient prendre en compte la teneur en graisse.

Références bibliographiques

Chan, D. S., Lau, R., Aune, D., Vieira, R., Greenwood, D. C., Kampman, E., Norat, T. (2011). PLOS ONE, 6 : e20456.
Corpet, D. E. (2011). Meat Sci., 89 : 310-316.
Grotto, D., Santa Maria, L. D., Boeira, S., Valentini, J., Charão, M. F., Moro, A. M., Nascimento, P. C., Pomblum, V. J., Garcia, S. C. (2007). J. Pharm. Biomed. Anal., 43 : 619-624.
McClements, D. J., Decker, E. A. (2000). J Food Sci, 65 : 1270-1282.
McClements, D. J., Li, Y. (2010). Food & function, 1 : 32-59.
Larsson, S. C., Wolk, A. (2006). Int J Cancer, 119 : 2657-2664.
Van Hecke, T., Vanden Bussche, J., Vanhaecke, L., Vossen, E., Van Camp, J., De Smet, S. (2014a). J Agr Food Chem, 62 : 1980-1988.
Van Hecke, T., Vossen, E., Vanden Bussche, J., Raes, K., Vanhaecke, L., De Smet, S. (2014b). PLOS ONE, 9 : e101122.

LES 3 POINTS FORTS DES PROTEINES DE LA VIANDE : COMPOSITION EN ACIDES AMINES, DIGESTIBILITE ET VITESSE DE DIGESTION

RÉMOND D. (1,2), DUCHÈNE C. (3), BAX M.L. (1,2), HAFNAOUI N. (1,2), OBERLI M. (4,5), SANTE-LHOUTELLIER V. (6), GAUDICHON C. (4,5)

(1) INRA, UMR1019 UNH, CRNH AUVERGNE, ST-GENES-CHAMPANELLE
(2) CLERMONT UNIVERSITE, UDA, UNITE DE NUTRITION HUMAINE, BP 10448, CLERMONT-FD
(3) CENTRE D'INFORMATION DES VIANDES, PARIS
(4) INRA, UMR914 PNCA, CRNH IDF, PARIS
(5) AGROPARISTECH, PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION ET DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE, PARIS
(6) INRA, UR370 QUAPA, ST GENES-CHAMPANELLE.

didier.remond@clermont.inra.fr

Abstract

The strengths of meat protein: amino acid composition, digestibility and digestion rate

In order to improve our knowledge of the nutritional quality of meat protein, a research program (ANR-PRONUTRIAL), involving both animal and human studies, was developed. Particular attention was given to meat protein digestibility in the small intestine (DIr), and to digestion rate, according to cooking parameters. It was shown that meat protein DIr is high (on average 95% in minipigs, and 92% in healthy humans), and little affected by cooking. Combined with its well-balanced composition in indispensable amino acids, this high digestibility gives meat protein a very high nutritive value. Furthermore it was shown that cooking temperature can be used to modulate the meat protein digestion rate, without affecting the DIr. This parameter is of interest in elderly nutrition, since fast proteins are more efficient than slow proteins at improving postprandial protein anabolism, and therefore in fighting sarcopenia.

Introduction

Les protéines jouent des rôles fondamentaux pour notre organisme : enzymes, hormones, récepteurs, protéines de structure, etc. Pour remplir leurs fonctions, elles doivent être renouvelées en permanence, ce qui requiert la présence simultanée de tous les acides aminés qui les composent. Si certains peuvent être synthétisés par l'organisme, neuf d'entre eux, appelés acides aminés indispensables (AAI), doivent être apportés par l'alimentation. La qualité d'une source alimentaire de protéines va donc être évaluée en premier lieu selon sa capacité à satisfaire quantitativement et qualitativement ces besoins, ce qui dépend de sa composition en AAI et de sa digestibilité dans l'intestin grêle, le site d'absorption des acides aminés. D'autres critères peuvent compléter cette notion de qualité, c'est notamment le cas de la vitesse de digestion qui conditionne l'efficacité d'utilisation des acides aminés alimentaires par l'organisme.

Quel que soit son origine et le morceau considéré, la viande a une composition en AAI relativement constante, équilibrée par rapport aux besoins de l'Homme. La digestibilité des protéines de la viande dans l'intestin grêle n'avait jamais été mesurée chez l'homme sain. Dans le cadre du programme ANR PRONUTRIAL, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à l'influence des conditions de cuisson de la viande sur la digestion de ses protéines.

Matériel et méthodes

Les résultats présentés regroupent des études expérimentales *in vivo*, chez l'animal et chez l'homme. Une génisse, dont les protéines musculaires ont été marquées avec un isotope de l'azote (15N), a été produite pour pouvoir mesurer la digestibilité iléale réelle (DIr = quantité digérée dans l'intestin grêle par rapport à l'ingéré) de la viande. Chez le mini porc, les mesures de DIr ont été réalisées sur des animaux équipés d'une canule à la fin de l'intestin grêle (iléon), avec une collecte totale des effluents digestifs. Les couples temps-températures de cuisson à cœur étaient : 30 min at 60, 75 ou 95°C. Chez l'homme (jeunes adultes) la DIr a été mesurée à l'aide d'une sonde naso-intestinale dont l'extrémité était localisée dans l'iléon. Les couples temps-températures de cuisson à cœur étaient : 5 min à 55°C, et 30 min à 90°C. Chez l'homme et le mini porc la vitesse de digestion a été évaluée par la cinétique d'apparition des AAI dans le compartiment sanguin. L'évolution de ces concentrations pendant les 2 premières heures suivant l'ingestion du repas reflète en effet principalement la libération des acides aminés alimentaires dans le compartiment sanguin

Résultats

La DIr des protéines mesurée chez le miniporc (95%) n'a pas été affectée par les conditions de cuisson de la viande. Au cours de cette étude nous avons de plus vérifié que la quantité de protéines digérées dans l'intestin grêle est bien proportionnelle à la quantité ingérée (avec une ingestion de 65 à 135 g de viande, pour des animaux de 20-25 kg). L'effet de la température de cuisson sur la cinétique postprandiale de la concentration plasmatique en AAI est représenté sur la Figure 1. L'augmentation de la température de cuisson de 60°C à 75°C permet d'augmenter la vitesse de digestion, cette vitesse diminue ensuite très fortement pour une température de cuisson de 95°C.

Figure 1 . Effet de la température de cuisson à coeur sur la vitesse d'apparition des acides aminés dans le sang

La DIr des protéines mesurée chez l'homme, 94±1% pour la cuisson courte à basse température, tend à diminuer (P = 0.067) pour une cuisson longue à haute température, avec une valeur de 90±2%. Pour les cuissons étudiées, la cinétique d'apparition des acides aminés dans le plasma ne s'est pas révélée différente.

Discussion

Les études chez le miniporc et chez l'homme ont montré que la DIr de la viande est élevée, et assez peu affectée par les conditions de cuisson. La quasi-totalité des acides aminés apportés par la viande est donc absorbée. La DIr obtenue permet de calculer le DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score), indice proposé par la FAO (2013) pour classer les protéines en fonction de leur qualité nutritionnelle (Tab 1). Le DIAAS de la viande est supérieure à celui des protéines végétales et équivalent à celles du lait.

Tableau 1. Indice DIAAS (Digestible Indispensable Amino Acid Score) de différentes sources de protéines alimentaires.

	Bœuf	Lait	Blé	Pois	Soja
Digestibilité iléale réelle, %	92[a]	95[b]	90[c]	89[d]	92[e]
	Acide aminé digestible par rapport à la protéine de référence[f]				
Histidine	1.98	1.52	1.27	1.31	1.18
Isoleucine	1.50	2.26	1.54	1.49	1.60
Leucine	1.31	1.72	1.20	1.27	1.16
Lysine	1.87	1.68	0.65	1.43	1.02
Méthionine (+ cystéine)	2.31	1.39	1.71	0.82	1.23
Phénylalanine (+ tyrosine)	1.73	2.41	1.98	1.98	1.90
Thréonine	1.93	1.74	1.33	1.39	1.44
Tryptophane	2.04	2.23	1.93	1.49	1.82
Valine	1.58	2.48	1.77	1.66	1.58
DIAAS, %	**131 (Leu)**	**139 (AAS)**	**65 (Lys)**	**82 (AAS)**	**102 (Lys)**

[a] Oberli et al., (2013) ; [b] Gaudichon et al., 2000 ; [c] Boss et al., 2005 ; [d] Gausserès et al., 1997 ; [e] Mariotti et al., 1999 ; [f] protéine de référence proposée par l'Afssa (2007).

La cinétique de digestion des protéines alimentaires conditionne l'efficacité de leur assimilation. La cinétique optimale n'est pas nécessairement la même pour tous les sujets. Chez les personnes âgées, il est préférable de consommer des protéines rapidement digérées pour accélérer l'augmentation de la concentration en acides aminés dans le sang après la prise alimentaire et relancer ainsi la synthèse des protéines corporelles. Chez les jeunes adultes, en revanche, la vitesse de digestion a peu d'impact sur le métabolisme protéique (Dangin et al, 2003). Nos travaux montrent que la vitesse de digestion peut être modulée par la température de cuisson à cœur. Cette relation n'est toutefois pas linéaire : dans l'étude chez le mini porc, la vitesse d'apparition des acides aminés dans le sang suite à l'ingestion de viande est supérieure pour une température de cuisson à cœur de 75°C par rapport à des cuissons à 60° C ou à 95°C. Ce qui explique l'absence d'effet observé chez l'homme avec des températures de 55 et 90°C. Ceci peut s'expliquer par la combinaison, selon la température à cœur, de deux processus aux effets antagonistes : la dénaturation des protéines qui, jusqu'à des températures de 75°C, augmente le nombre de sites de coupure accessibles aux enzymes, ce qui accélère la digestion, puis l'agrégation de ces protéines qui, pour des températures supérieures à 95°C, limite l'accessibilité aux sites de coupure et ralentit la digestion (Bax et al., 2002).

Conclusion

Composition en acides aminés indispensables équilibrée, et forte digestibilité, confèrent à la viande une qualité nutritionnelle très élevée. En raison de sa vitesse de digestion élevée, elle constitue une source de protéine intéressante pour relancer l'anabolisme postprandial chez les personnes âgées, et limiter la fonte musculaire. Nos travaux montrent également que la cuisson peut constituer un levier intéressant pour moduler cette vitesse de digestion, sans pénaliser significativement la digestibilité dans l'intestin grêle, qui dans tous les cas reste élevée.

Les auteurs remercient l'ANR PRONUTRIAL (ANR-09-alia-008-01), le Feder, et les Régions Auvergne et Île-de-France pour leur soutien financier.

Références bibliographiques

Bax ML., et al. 2012. J Agric Food Chem 60: 2569-76.
Dangin M., et al. 2003. J Physiol 549: 635-44.
Gaudichon C., et al. 2002. Gastroenterology 123(1):50-9.
Bos C., et al. 2005. Am J Clin Nutr 81(1):87-94.
Gausserès N., et al. 1997. J Nutr 127:1160-65.
Mariotti F., et al. 1999. J Nutr 129(11):1992-7

INLUENCE DU SEXE ET DE LA RACE SUR LES LIPIDES DE VIANDE DE DROMADAIRE EN ALGERIE

SAHRAOUI N. (1), DOTREPPE O. (2), BRAHIM ERRAHMANI M. (1), BAAISSA B. (3), BOUDJENAH S. (3),GUETARNI D. (1), HORNICK J.-L. (2)

(1) SAÂD DAHLAB UNIVERSITY OF BLIDA, ALGERIA
(2) DEPARTMENT OF NUTRITION, UNIVERSITY OF LIÈGE, BELGIUM
(3) UNIVERSITE DE OUARGLA

nasahraoui@gmail.com

Abstract
Influence of gender and breed on lipids of camel meat in Algeria
The fatty acids of camel meat were characterized by 54.6% of saturated fatty acids (SFA), 35.0% of monounsaturated fatty acids (MFA) and 10.4% of polyunsaturated fatty acids (PUFA). The polyunsaturated/saturated (P/S) ratio was found equal to 0.25, that of ω6/ω3 equal to 4.1(Sahraoui et al., 2014). The comparison by age showed no significant effect on the contents of fatty acids (FA), SFA, MFA, PUFA, ω6 and ω3 ($p>0.05$). The comparison by gender and race revealed highly significant effects almost on all studied parameters. Thus, the contents of the FA, SFA, MFA , PUFA, ω6 and ω3 were found significantly higher in the Sahrawi males ($p<0.05$). The females, Sahrawi as well as Tergui, exhibited PUFA/SFA and ω6/ω3 ratios significantly higher than those of males ($p<0.05$), but also relatively low levels of lipids and ω6/ω3 ratios deemed favorable. These results suggest good overall nutritional characteristics, essentially in females, and the importance of promoting this meat for products of particular nutritional characteristics.

Introduction

La viande cameline constitue l'une des principales ressources alimentaires pour les familles au sud de l'Algérie. La consommation de cette viande est privilégiée pour ses vertus et sa saveur vu la qualité de l'herbe broutée par le dromadaire. L'une des particularités de la viande du dromadaire est liée au mode d'élevage. Il est rare que les dromadaires soient nourris avec des concentrés. C'est pourquoi, d'aucuns la considèrent comme une viande bio. (Laabid, 2011). Cette viande est également appréciée pour ses qualités gustatives et il n'existe pas de différence sensible en ce qui concerne l'aspect extérieur par rapport aux autres viandes d'autres espèces. Pour le dromadaire, la richesse des herbes broutées se répercute sur la qualité de sa viande.

Matériel et méthodes

Les dromadaires utilisés pour cette étude (41 mâles et 20 femelles à l'abattoir de Ouargla, Algérie) provenaient des pâturages arides naturels de la région sud-est de l'Algérie, dont la végétation est composée d'herbes sauvages, telles que *Atriplex species halimus*, *Astragalus sp* et *Artemisia vulgaris*. Ces animaux sont issus de l'élevage extensif de trois races différentes (24 terguis, 34 sahraouis et 3 nailis) parmi lesquels 25 étaient âgés de moins de 4 ans, 13 entre 4 et 8 ans, et 23 avaient plus de 8 ans. Ces animaux ont été reconnus sains par le contrôle vétérinaire.
Une collecte hebdomadaire d'échantillons de viande a été opérée d'octobre à décembre 2011. Deux à 3 tranches du muscle *Longissimus dorsi* sont choisies au centre du morceau pour assurer une bonne représentativité de l'échantillon. Le prélèvement effectué de 100 g était obtenu immédiatement après abattage de l'animal et placé dans un récipient stérile fermé et étiqueté. Les prélèvements étaient maintenus à -4 °C pendant leur transport jusqu'au laboratoire où ils étaient broyés à l'aide d'un robot Ronic (SRF 200 Bourgogne, France). Les prélèvements étaient ensuite congelés à -20 °C. Une partie a servi à la détermination de la matière sèche, l'autre partie a été lyophilisée jusqu'à la réalisation des analyses du profil des acides gras au Laboratoire du Service de Nutrition de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège (Belgique).

Analyse physicochimique **:** La matière sèche a été déterminée après passage à l'étuve d'une masse pesée de viande hachée à 103 °C pendant une nuit (NF V 04-401). La teneur en lipides totaux a été déterminée par extraction Soxhlet à l'aide d'éther de pétrole pendant 8 heures comme reporté au Journal Officiel des Communautés Européennes N° L.279/17. La composition en acides gras de la fraction grasse des viandes a été analysée par chromatographie en phase gazeuse (normes ISO 5509 & NF EN ISO 5508).

Analyse statistique **:** Les proportions (%) des divers types d'acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés ont été étudiées en fonction du sexe et de la race en utilisant d'abord une analyse de covariance puis par des tests de Student ou des tests ANOVA. Ces analyses ont été établies sur Statistica 10.0 de Statsoft et IBM SPSS 20.

Résultats

Les acides gras saturés (AGS) ont représenté un peu plus de la moitié des AG (54,6%) avec une teneur moyenne de 3,0±0,4 g pour 100 g de tissu frais ; les AGmonoinsturés (AGMI) ont compté pour plus du tiers des AG (35,0%) avec 1,7±0,2 g pour 100 g ; les AG polyinsaturés (AGPI) représentaient 10,4% des AG et 0,22±0,01 g pour 100 g . Parmi les 10,4% d'AGPI, les ω6 étaient prépondérants avec 8,0% des AG puis les ω3 avec 1,9% par rapport aux acides gras polyinsaturés (Sahraoui et al., 2014).
Une comparaison par ANOVA des teneurs des divers acides gras dans 100 g de matière fraîche en fonction de l'âge n'a pu mettre en évidence aucun effet significatif ($p>0.05$).
Une recherche de l'effet combiné de la race et du sexe sur les teneurs des divers acides gras a mis en évidence des différences très significatives .
Les mâles sahraouis ont des teneurs en AGT, AGS, AGMI AGPI, ω6 et ω3 toutes significativement plus élevées que les femelles ($p<0.05$). A contrario, les rapports AGPI/AGS et ω6/ω3 sont significativement plus bas chez les mâles ($p<0.05$). Ce résultat qui semble paradoxal est dû au fait que les mâles, malgré des quantités plus élevées en AGPI et ω6 que les femelles, exhibent des quantités encore plus élevées en AGS (10,46±1,01vs 8,31±2,41g/100g) et ω3 (197,5±11,5vs 108,3±14,5mg/100g), d'où l'inversion des rapports AGPI/AGS et ω6/ω3 en faveur des femelles.

Discussion

Le rapport AGPI/AGS a été trouvé égal à 0,25 (Sahraoui et al., 2014) relativement faible par rapport aux recommandations actuelles qui sont en faveur d'un rapport se rapprochant de 1. Les résultats ont donné un rapport ω6/ω3 égal à 4,1. Actuellement, il est préconisé un rapport ≤5, plus conforme aux recommandations nutritionnelles. L'AFSSA, quant à elle, recommande un rapport de 5.
Un apport accru d'AGPI de la famille ω3 par les produits animaux, associé à un rapport ω6/ω3, serait bénéfique à la santé humaine (ANC, 2001). Les ω3 connus pour leur rôle hypocholostérolémiant sont en proportion non négligeable dans la viande de dromadaire . La viande de dromadaire semble être donc globalement une viande favorable à la santé humaine.
La variabilité liée à l'âge n'a montré aucun effet significatif pour les divers types d'acides gras. Le même constat a été fait par Kamoun (1995) qui indique que pour le muscle LD, la composition chimique n'évolue pas avec l'âge. Cependant, Kadim et al. (2006) ont rapporté que le pourcentage de graisse augmente quand l'animal vieillit.
Nasr et al.(1965) ont étudié l'évolution de la composition de la viande de dromadaire avec l'âge et le sexe. Ils ont constaté un accroissement semblable de la teneur en lipides qui passait de 0,92% à 1,01% du poids de la carcasse.

Conclusion

L'élevage de l'espèce cameline en Algérie demeure essentiellement extensif, caractérisé par une productivité relativement faible. D'un point de vue nutritionnel, la viande de dromadaire contient une teneur assez faible en lipides, avec des rapports AGPI/AGS et ω6/ω3 jugés favorables chez les femelles. Cette viande possède des atouts nutritionnels pour satisfaire les attentes en matière de santé humaine.

Références bibliographiques

ANC, 2001. In A. Martin (Ed.), (650p, Tec & Doc ed.). Paris.
Kadim IT, Mahgoub O, Al-Marzooqi W, Al-Zadgali S, Annamali K, Mansour MH. Meat Science 2006;3:619–625.
Kamoun M. Options Méditerranéennes 1995 ; 13 :105-130.
Laabid M. www.aujourdhui.ma/.../la-viande-cameline-entre-traditions-et-science-92
Nasr S, ElBahay G, Moursy AM. Studies on camel meat. I. J; Arab Vet.Med ASS1 1965; 25, 4: 253-258.
Sahraoui N., Dotreppe O., Brahim Errahmani M., Boudjenah S., Baaissa B., Guetarni D., Hornick JL. Cahiers de nutrition et diététique. 2014. Doi : 10.1016/j.cnd.2014.03.007.

FORMULATION ET FABRICATION D'UNE CONSERVE CARNEE AU LYCOPENE DE TOMATE

AMALOU D. et LOUCIF S.

UNIVERSITE DE BLIDA ALGERIE

amaloudjamel@yahoo.fr

Abstract: Formulation and manufacturing of canned meat in tomato Lycopene

Our study focused on the substitution of nitrite salts (very commonly used by the meat industry and known to be carcinogens) by tomato powder known for its nutritional benefits. The results of this study showed that canned meat in tomato Lycopene conserved all organoleptic, physical, chemical properties and its hygienic stability was not affected. The majority of the panelists who participated in the sensory analysis were satisfied with the food and commercial quality of this canned meat; they even appreciated the freshness and flavor characteristics provided by the added tomato powder.

Introduction

La viande constitue pour l'homme une nourriture noble par sa richesse en éléments utiles et bénéfiques pour la santé humaine. Cependant, cette vertu nutritionnelle favorise souvent les multiples phénomènes d'altérations d'où la nécessité de son conditionnement et /ou de sa transformation en conserves carnées. En général, la fabrication de conserve de viande exige pour la préservation de la coloration rose caractéristique l'ajout de sels nitrités constitués d'un mélange de chlorure de sodium et de nitrite de sodium. Ces derniers sont néfastes pour l'organisme humain car ils sont capables de réagir avec les amines des protéines à la fois au niveau de l'aliment lui-même, et au niveau de l'estomac pour former des nitrosamines à fort pouvoir cancérigène. Notre présente étude s'inscrit dans ce contexte. Elle consiste à procéder à la substitution des sels nitrités par de la poudre de tomate à forte teneur en lycopène dont les effets sur la réduction des risques à contracter des pathologies dégénératives sont actuellement avérées (AGARWAL et RAO, 2000).

Matériels et méthodes

La matière première utilisée dans la fabrication de la conserve carnée à la tomate était représentée par de la viande bovine Brésilienne congelée, désossée et conditionnée en morceaux de 5 Kg dans des caisses en carton sous double film en polyéthylène, découpée en morceaux de 0,5 à 1 Kg puis hachée en particules de 8 mm^2, et par de la poudre de tomate conditionnée dans des sachets métalloplastiques de 10g de fabrication espagnole. A ces deux ingrédients s'ajoutent l'eau, les carraghénanes, les polyphosphates, les sels nitrités et le chlorure de sodium. Ces différents constituants sont mélanges dans un cutter aux doses retenues par l'expérimentation en substituant à chaque fois les sels nitrités par de la poudre de tomates aux taux de 25, 50, 75 et 100 % en obtenant 5 formulations. Ensuite nous avons procédé à la fabrication de la conserve carnée à la tomate en adoptant le procédé technologique pratiqué par la conserverie. Ce procédé consiste à soumettre la farce obtenue au conditionnement dans des boites métalliques de 200g ; après sertissage les boites de conserves sont pasteurisées à la température de 120°C pendant 1heure 45 minutes suivie d'un refroidissement rapide à l'eau pour ramener la température des boites à 30 – 50°C. Enfin des analyses physico chimiques, microbiologiques et sensorielles ont été effectuées pour apprécier la qualité organoleptique et hygiénique de notre préparation conformément aux normes Algérienne de contrôle de la qualité des conserves à base de viande publiées dans le journal officielle (1998). Le dosage du lycopène et du bêta carotène a été réalisé par la méthode spectro-photométrique pratiquée par l'INRA Avignon selon le protocol décrit par Adsule et Amba (1979) et par Sadler et al (1990). L'indice de peroxide a été mesuré par la méthode de référence ISO 3960 (2007). Enfin l'analyse sensorielle a été réalisée en engageant un panel de 9 experts anonymes pour apprécier les caractéristiques organolèptiques des 5 formulations proposées. Il s'agit de l'épreuve de rotation SCORINO où chaque sujet doit attribuer une note selon l'echelle hédonique à 9 points (Sauvageot, 1982). La fiabilité de nos résultats d'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel d'analyse statistique STATISTICA.

Résultats et discussion

Le tableau suivant donne un récapitulatif des résultats des analyses physico chimiques pratiquées sur les différents échantillons des cinq formulations considérées. L'ensemble de ces constantes est exprimé en % à l'exception de la teneur en lycopène et en β.carotène exprimée en mg/100g de matière sèche, et de l'indice de peroxyde exprimé en µ/g de matière grasse. Tout d'abord les résultats de l'analyse ont révélé une différence très hautement significative entre les échantillons des différentes formulations pour l'ensemble des constantes physico chimique mesurées. Le test de

Newman a confirmé cette différence par l'existence de 3 à 5 groupes homogènes selon le paramètre mesuré et considéré.

Tableau 1 : Résultats des analyses physico-chimiques.

Analyse	F1	F2	F3	F4	F5	ETR	% C.V
Humidité	73,45±0,36	73,65±0,29	74,33±0,50	74,82±0,14	73,79±O,02	0,02	0,3
Cendre	2,01±0,01	1,51±0,01	1,50±0,00	1,51±0,00	1,52±0,00	0,01	0,5
Ph	6,22±0,03	6,18±0,02	6,02±0,02	5,95±0,01	5,70±0,02	0,02	0,3
Chlorure	1,44±0,03	1,23±0,10	1,06±0,03	0,95±0,01	0,53±0,06	0,05	5,2
Nitrites	5,00±0,08	3,96±0,47	2,71±0,15	1,69±0,07	0,28±0,10	0,23	8,4
Protéines	21,03±0,34	20,15±0,68	21,70±1,01	21,01±0,57	21,78±1,05	0,78	3,7
Lipides	3,81±0,33	4,68±0,28	4,08±0,09	4,32±0,24	5,19±0,24	0,25	5,7
Lycopène	0,08±0,01	0,21±0,02	0,39±0,01	0,55±0,01	1,15±0,13	0,06	12,60
β.Carotène	0,00±0,00	0,01±0,00	0,03±0,00	0,06±0,00	0,20±0,04	0,02	34
I.Peroxyde	24,08±0,91	15,36±0,46	10,80±0,75	10,32±0,72	9,76±0,61	0,70	5,0

Les résultats quantitatifs concernant les différentes analyses ont montré que la substitution des sels nitrités par de la poudre de tomate n'a pas provoqué de modifications notables dans les propriétés organoleptiques de la conserve. Elle a surtout favorisée sa stabilité hygiénique, cette stabilité est confirmée par la diminution de pH observée à chaque fois que la quantité de poudre de tomate ajouté est augmentée, dans ces condition la valeur du PH passe de 6,22 à 5,7. Ce résultat est proche de l'intervalle retenu par ETTER (2001) pour les conserves de viandes. En revanche la teneur en pigments caroténoïdes augmente, elle atteint pour le lycopène un maximum de 1,15 mg/100g ; Le lycopène est considéré comme l'un des antioxydants le plus efficace contre les radicaux libres, il permet de renforcer davantage la protection des lipoprotéines et les lipides des réactions de peroxydations (ROBERFROID, 2002). D'autre part la réduction de la quantité de sels nitrités constitués à plus de 99% par les chlorures a provoqué une forte diminution des nitrites et des chlorures pour atteindre respectivement 0.28% et 0.53%.En revanche la valeur nutritionnelle a été légèrement affectée. En effet, les teneurs de 21% pour les protéines et 5% pour les lipides sont nettement inférieures aux exigences commerciales rapportées par STARON (1997) exigeant au moins 25% et 12% respectivement. Enfin, l'analyse sensorielle a montré que la majorité des dégustateurs sollicités étaient relativement satisfaits de la qualité globale à la fois sur le plan organoleptique et physique de la conserve proposée. Ces dégustateurs ont trouvé que cette conserve apporte une nouvelle saveur caractéristique des tomates très appréciée par les consommateurs. Cependant, il faut éviter la substitution totale, car la saveur devient fade et sa coloration brune.

Conclusion

Cette étude a permis de démontrer que la substitution partielle des sels nitrités par de la tomate en poudre est recommandée. Elle permet de réduire la teneur en nitrites et en chlorures à fort pouvoir cancérigène, et d'apporter une quantité appréciable de caroténoïdes dont les bienfaits sur la santé semblent de plus en plus confirmés. Cette étude doit être poursuivie en engageant de nouvelles recherches sur son aptitude au stockage dans les zones au climat très sévère. Une enquête portant sur le comportement des consommateurs vis-à-vis de cette nouvelle formulation doit être programmée.

Références bibliographiques

Adsule P.G et Amba D., 1979. Simplified extraction procedure in the rapid spectrophotometric method for lycopene estimation in tomato. Journal of food sciences and technology, 16, sept – oct, 216.

Sadler R.G., Davis J and Dezman D., 1990. Rapid extraction of lycopene and beta carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenate. Journal of food sciences, 55, 5, 1460 – 1461.

Agarwal et Rao., Le lycopène de la tomate, ses avantages pour la santé et son rôle dans les maladies chroniques, tomato News, décembre 2000,17-23.

Etter R.,1999. Manuel suisse des méthodes d'analyse. Genève, 56p.

Multon JL.,1992. Additifs et auxiliaires de fabricationdans les IAA, ed tec et doc, Paris, 788p.

Roberfroid M.B., 2002. Aliments fonctionnels, tec et doc, Paris, 284p

Sauvageot F., 1982. Evaluation sensorielle des denrées alimentaires. Aspect méthodologiques. Ed. Tec et Doc, Paris, 216P.

Staron T., 1997. L'alimentation humaine, ed APRIA, Paris, 163p.

COMPOSITION NUTRITIONNELLE DES ACIDES GRAS DE LA VIANDE DE BOVINS DE RACES LOCALE ET IMPORTEE ELEVES SUR DU PATURAGE HERBEUX

BOUDEROUA K. (1), ELAFFIFI M. (1), PERRIER C. (2), ROBIN G. (2), MOUROT J. (2)

(1) LABORATOIRE DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE ET DE NUTRITION, UNIVERSITE DE MOSTAGANEM BP 300 MOSTAGANEM-ALGERIE
(2) INRA, UMR 1348 PEGASE 35590 SAINT-GILLES, FRANCE

bouderoua.kad@voila.fr

Abstract

Meat fatty acid composition of beef cattle of local and imported breeds grazing on pasture

Diet and animal breed are factors affecting the levels of meat fatty acids. The aim of this work was to compare the fatty acid composition of meat between local " brune de l'Atlas" and European "Française frisone pie noire" breeds. Two groups of five local cattle per group were submitted to a grassy pasture for four months. The fatty acid (FA) composition of meat had significant amounts in polyunsaturated fatty acids (PUFA). n-3 fatty acids appeared in relatively higher proportions in the meat of the local breed (0.57 vs 0.26%), including DHA which was present at the most significant (P <0.05) amount (0.28 vs 0.04%).

Introduction

Le régime alimentaire et le potentiel génétique des animaux sont des facteurs susceptibles de modifier les teneurs en acides gras et leurs rapports. En Algérie, la qualité des viandes des bovins de race locale (78% de l'ensemble du cheptel bovin), est très peu étudiée en raison de la forte concurrence exercée par les races européennes (22%) fortes productrices de lait et de viande. De là, et dans la perspective de la préservation des races bovines autochtones bien adaptées aux conditions rustiques des élevages dont les pâturages pauvres, il est devenu intéressant de se pencher sur les caractéristiques nutritionnelles des viandes. Ce travail se propose de faire une comparaison des caractéristiques nutritionnelles des acides gras de la viande entre la race locale brune de l'Atlas et la française frisonne pie noire, élevées dans les mêmes conditions de pâturage.

Matériel et méthodes

Deux groupes de bovins de cinq animaux chacun, dont un est constitué d'individus de type local (L) et l'autre est issu de la race française pie noire importée d'Europe (I), ont été soumis au pâturage herbeux pendant quatre mois dans la région de Tiaret à l'ouest d'Alger. Les espèces fourragères dominantes des prairies naturelles sont constituées notamment de graminées et de légumineuses fourragères. Le pois vifs initial était de 458±4.50 Kg pour la brune de l'Atlas et de 600 ± 5.23 Kg pour la race pie noire. Au terme de l'essai, les animaux ont été abattus. Les carcasses ont subi un ressuage de 24h à +4 C°. Des prélèvements d'échantillons au niveau du muscle Longissimus dorsi pour chaque carcasse ont été effectués puis broyés sous forme d'aliquote, conditionnés et conservés à -20°C pour les analyses ultérieures. Les lipides sont extraits par la méthode de Folch et al., (1957). Les extraits lipidiques sont ensuite méthylés selon la méthode de Morisson et Smith, (1964). Les esters méthyliques sont, par la suite, passés en chromatographie phase gazeuse pour l'analyse des acides des acides gras. Les résultats obtenus ont été traitées selon une analyse de variance (ANOVA).

Résultats

La composition en acides gras (AG) des muscles des différents groupes de bovins sont représentés dans le Tableau 1. Les teneurs en lipides de la viande du groupe LO sont significativement inférieurs comparativement au groupe IM. Le C16:0, le C18:0 et le C18:1 n-9 sont prédominants dans les 2 groupes. L'acide stéarique C18:0 apparaît en quantité supérieure au niveau de la viande de la race importée comparativement à la race locale (17 *vs* 14%). Aucune différence significative n'a été révélée pour le C18:1 n-9 et le C18:1n-7 entre les 2 groupes d'animaux. Les viandes issues des animaux de race locale ont une teneur plus élevée (P<0,05) en C18:2 n-6 comparativement à celle provenant de la race européenne (4,97 *vs* 2,65%). La représentation de l'isomères trans C18:2 n-6t est en faveur (P<0.05) des animaux de race locale (0,39 *vs* 0,17%). L'influence du génotype semble se manifester également sur l'augmentation intramusculaire de la somme des acides gras n-3 qui apparaisse dans des proportions relativement supérieures dans la viande issue de la race LO(0,57 vs 0,26%). Le DHA est le plus significatif (P<0 ,05) en termes de représentation (0,28 *vs* 0,04%). Les quantités totales des AG monoinsaturés sont peu variables (effet NS) alors qu'une différence significative est observée pour les AGS (p<0,005) avec une valeur plus élevée pour la race IM La somme des AGPI, représentée essentiellement par le groupe des AG n-6, est environ 2,5 fois supérieure chez le groupe LO par rapport au groupe IM.

Tableau 1 : Teneur en lipides (%) et composition en acides gras identifiés de la viande

Lot	Race importée IM	Race locale LO	Signification
Lipides totaux (%)	17,47 ± 6,60	12,05 ± 4,79	P<0.05
C14:0	3,78 ± 0,78	3,00 ± 0,77	NS
C14:1	0,78 ± 0,31	0,75 ± 0,09	NS
C16:0	27,93 ± 1,15	26,06 ± 1,78	NS
C16:1 n-9	0.25 ± 0.18	0,25 ± 0,07	NS
C16:1 n-7	3,33 ± 0,78	3,51 ± 0,29	NS
C18:0	17,69 ± 3,20	14,71 ± 3,01	P<0,05
C18:1 n-9c	40,22 ± 4,18	40,65 ± 2,51	NS
C18:1 n-7	1,80 ± 0,29	2,05 ± 0,28	NS
C18:2 n-6t	0,17 ± 0,14	0,39 ± 0,14	P<0,05
C18:2 n-6c	2,65 ± 0,89	4,97 ± 3,04	P<0,05
C18:3 n-3	0,22 ± 0,15	0,24 ± 0.10	P<0,05
C20:3 n-6	0,04 ± 0,08	0.31 ± 0,26	P<0,05
C20:4 n-6	0,24 ± 0,33	1,74 ± 1,59	P<0,05
C22:4 n-6	0,00	0,27 ± 0,29	P<0,05
C22:6 n-3	0,04 ± 0,08	0,28 ± 0,29	P<0,05
Acides gras saturés AGS	50,19 ± 3,59	44,42 ± 5,36	P<0,05
Acides gras monoinsaturés AGMI	46,44 ± 4,31	47,33 ± 5,36	NS
Acides gras polyinsaturés AGPI	3,36 ± 1,29	8,25 ± 5,39	P<0,05
n-6	3,11 ± 1,12	7,68 ± 5,10	P<0,05
n-3	0,26 ± 0,21	0,57 ± 0,34	P<0,05

Chaque valeur est la moyenne de cinq animaux, suivie de l'écart type.

Discussion

Les différences sur les teneurs lipidiques expliquées, notamment par le type génétique, ont été déja rapportées par Cabaraux et al, (2003).
Les résultats obtenus par Gatellier, (2005) sur les acides gras monoinsaturés corroborent nos résultats. Les animaux de race locale semblent mieux tirer profit de ALA de l'herbe générateur des CLA par la voie de la delta 9-désaturase, et l'isomérisation par la flore du rumen tel que Butyvibrio fibrisolvens (Maene, 2002). Nos observations rejoignent celles de Franco et al., (2013) qui ont remarqué des différences significatives sur les AGPI dont le DHA en relation avec différentes génotypes de bovins d'origine espagnole et le type du pâturage.Cette observation semble indiquer que les animaux du génotype local valorisent mieux les fourrages consommés. Des observations analogues ont été déjà faites par Cabaraux et al., (2003) sur les différences entre les races de bovins Blanc Bleu Belge, Limousin et Aberdeen Angus.

Conclusion

Les proportions en acides gras du muscle *Longissimus dorsi* sont influencées par le génotype. La viande issue de la race locale d'Algérie montre des proportions appréciables en acides gras polyinsaturés. En raison des interactions entre la race et le régime alimentaire consommé par les animaux, d'autres recherches sont nécessaires pour élucider les différences de qualité.

Références bibliographiques

Cabaraux, J.-F., Dotreppe O , Hornick J.L. , Dufrasne I., Istasse L. 2003. Ren. Rech. Ruminants 10; 253
Folch J., Lees M., Stanley G.H.S., 1957. J. Biol Chem. 226, 497-509.
Franco D , Crecente S , Vázquez J A, Gómez M, Lorenzo J M.. 2013. Meat science, 547- 556
Gatellier P., Mercier Y., Juin H., Renerre M. 2005. Meat science. 69: 175–186
Maene D., Dehareng F., Huneau Davin C., Deswysen G., 2002. Ren. Rech. Ruminants 9: 322.
Morrison, W. R., L. M. Smith. 1964. J. Lipid Res. 5 : 600.

PREDICTION DU PROFIL EN ACIDES GRAS DE LA BAVETTE DE FLANCHET PAR SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE

MAIRESSE G. (1), CERTENAIS E. (1), CHESNEAU G. (1), NORMAND J. (2), FERRAND M. (3), MOUROT B.-P. (4), THOMAS A. (4), DURAND D. (4), GUILLON C. (5), MANCEAU D. (5), LEGUILLON Y. (6), KERHOAS N. (7)

(1) VALOREX, LA MESSAYAIS, 35210 COMBOURTILLE ;
(2) IDELE, , AGRAPOLE 23, RUE JEAN BALDASSINI, 69364 LYON ;
(3) IDELE, , 149 RUE DE BERCY, 75595 PARIS ;
(4) INRA UMR 1213 HERBIVORES, 63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE ;
(5) TERRENA, LA NOËLLE, 44155 ANCENIS ;
(6) UNIVERSITE EUROPEENNE DE BRETAGNE, ENSSAT – CNRS, UMR 6082 FOTON, 6 RUE DE KERAMPONT, 22305 LANNION ;
(7) ASSOCIATION BLEU-BLANC-CŒUR, LA MESSAYAIS, 35210 COMBOURTILLE

g.mairesse@valorex.com

Abstract

Prediction of fatty acid composition of Rectus abdmonis in beef using Near Infrared Spectroscopy

The aim of the study was to test the prediction performance of the fatty acid (FA) composition of beef meat (*Rectus abdominis*, RA) with a NIRS (near infrared spectroscopy) laboratory equipment and to study the effect of different methods of sample preparation: without grinding (B0), ground with a meat chopper (B1), ground with a knife mill (B2) and finely ground in liquid nitrogen (B3). In order to have a representative database of French meat FA composition, 76 RA were sampled on carcasses from different rearing systems (dairy or beef, pasture or corn silage with or without extruded linseed concentrates. FA compositions were assessed using gas chromatography and the spectra were measured at wavelengths between 400 and 2500nm. The results show a better prediction of FA composition concomitant with an increased gradient of sample homogenization. NIRS accurately predicted several individual FA (16:0, 18:0, 18:1d9cis) and FA groups (total saturated and monounsaturated FA) (RPD>2.5). For other FA and especially polyunsaturated fatty acids (PUFA) n-6 or n-3, the performances were not satisfactory for quantitative purposes whatever the grinding method.

Introduction

L'utilisation de la spectroscopie proche infrarouge (SPIR) dans le domaine des produits carnés est en développement. Parmi les paramètres mesurés, la quantification rapide et à moindre coût des acides gras est d'un intérêt particulier pour les filières de différenciation des viandes portant sur leur qualité lipidique. Des travaux réalisés chez le bovin ont montré que certains acides gras pouvaient être mesurés de façon satisfaisante par SPIR sur des échantillons broyés finement à l'azote liquide (Mourot et al., 2013). Cependant cette méthode de préparation des échantillons est contraignante et onéreuse. L'objectif de ce travail est donc de tester les performances de prédiction des acides gras de la viande bovine à l'aide d'un équipement de laboratoire et d'étudier l'effet du mode de préparation de l'échantillon. De plus, les travaux menés par Chesneau et al. (2011) ont montré que la portabilité des équipements SPIR pouvait se faire au détriment de la précision de la mesure. Une comparaison des performances de prédiction obtenues par le SPIR de laboratoire, avec celles établies par Normand et al. (résumé soumis aux JSMTV 2014) sur un équipement portable et sur la même base de données, sera discuté.

Matériel et méthodes

Base de données. Afin d'obtenir une grande variabilité dans les profils en acides gras, les viandes sont issues d'animaux commerciaux de type génétiques différents (lait ou viande), d'âges différents (taurillons, vaches allaitantes ou vaches laitières de réforme) et consommant des rations diversifiées à base d'herbe ou d'ensilage de maïs avec ou sans supplémentation lipidique à base de graines de lin extrudées. Au total, 76 bavettes de flanchet d'animaux différents ont été prélevés 2 jours après abattage, coupés en cubes de 2cm de côtés et congelés sous vide à -80°C, dans l'attente des analyses. Les mesures spectrales ont été réalisées après décongélation en suivant un gradient croissant d'homogénéité de l'échantillon : (i) sans broyage (B0), (ii) broyé avec un hachoir à viande (B1), (iii) broyé avec un broyeur à couteaux (B2) et (iv) broyé finement à l'azote liquide (B3). Les spectres ont été acquis sur l'appareil de laboratoire DS2500 (FOSS, gamme de longueurs d'ondes : 400-2500nm).

Les profils en acides gras (g/100g de viande) ont été déterminés par Chromatographie en Phase Gazeuse, sur les échantillons broyés à l'azote liquide, après extraction des lipides totaux et transméthylation (Guy et al., 2011).

Développement des calibrations. Les spectres ont été transformés mathématiquement avec différents traitements (correction de dispersion, et prétraitement des spectres : lissage, dérivés premières et secondes). Les modèles ont été développés par PLS et validés par validation croisée, sur le logiciel R et sur l'ensemble du spectre. Les performances du modèle de prédictions pour les différents acides gras sont évaluées sur la base des critères suivants : erreur de validation

croisée (SECV) ; coefficients de détermination en validation croisée (R^2CV). Le rapport de performances (RPD) est également calculé (rapport entre l'écart-type des valeurs d'acides gras obtenus par chromatographie et le SECV). Un RPD supérieur à 10 est considéré comme étant similaire à la méthode de référence. Pour la prédiction des teneurs en acides gras des viandes, un RPD de 2.5 est considérée comme satisfaisant pour des analyses de routine (Guy et al., 2011).

Résultats

Les résultats montrent des performances de prédiction des acides gras croissantes avec le gradient de broyage des échantillons, et ce quels que soient les acides gras (Tableau 1). Les prédictions sur des échantillons B0 ou B1sont sensiblement les mêmes et ne sont pas satisfaisantes (RPD<2,0). Au contraire, le mode de broyage B2 ou B3 montre une qualité de prédiction supérieure. Sur les échantillons B2 et B3, la SPIR permet une bonne mesure de la teneur en lipides (RPD=2.62 et 3.33, respectivement) et en AG totaux (RPD = 2,85 et 4,97, respectivement, résultats non présentés). Les acides gras majeurs C16:0, C18:0, C18:1n-9 et les acides gras saturés totaux (AGS) et monoinsaturés totaux (AGMI) sont également bien prédits (r^2>0,85 et RPD>2,5) et le sont d'autant mieux pour le broyage B3. Pour les autres acides et notamment les acides gras polyinsaturés (AGPI) n-6 ou n-3, les performances ne sont pas satisfaisantes à des fins quantitatives (RPD < 2,0) et ce quel que soit le mode de broyage.

Tableau 1 : Qualité des modèles de prédiction des acides gras (g/100 tissu) en fonction du mode de broyage.

	Sans broyage B0			**Broyage haché (B1)**			**Broyage couteaux (B2)**			**Broyage azote (B3)**		
	SECV	***R^2CV***	***RPD***	***SECV***	***R^2CV***	***RPD***	***SECV***	***R^2CV***	***RPD***	***SECV***	***R^2CV***	***RPD***
C16:0	0,56	0,65	1,71	0,58	0,62	1,65	0,36	0,85	2,66	0,3	0,89	3,08
C18:0	0,25	0,63	1,64	0,27	0,55	1,52	0,21	0,73	1,96	0,14	0,87	2,82
C18:1d9c	0,68	0,68	1,79	0,83	0,53	1,47	0,45	0,86	2,70	0,34	0,91	3,37
AGS	0,85	0,68	1,78	0,96	0,59	1,57	0,63	0,82	2,40	0,45	0,90	3,24
AGMI	0,88	0,66	1,72	0,99	0,57	1,53	0,55	0,87	2,75	0,43	0,91	3,34
AGPIn-6	0,05	0,31	1,22	0,05	0,18	1,22	0,04	0,49	1,52	0,04	0,48	1,51
AGPIn-3	0,04	0,17	1,08	0,03	0,53	1,44	0,04	0,16	1,08	0,03	0,51	1,46
AGPI	0,08	0,34	1,30	0,08	0,37	1,31	0,08	0,38	1,30	0,07	0,52	1,48

Discussion

Le mode de préparation des échantillons apparait comme une donnée importante. Plus l'échantillon est homogène, plus la prédiction sera de bonne qualité, conformément aux travaux de Guy et al. (2011). De plus, seuls les acides gras majeurs peuvent être prédits correctement par SPIR, conformément aux travaux précédents (Cecchinato et al., 2012; Mourot et al., 2013; Prieto, in press). Dans cette étude, les calibrations développées sur l'appareil de laboratoire ont été établies à partir des mêmes échantillons que ceux utilisés par Normand et al., (poster soumis au JSMTV 2014), mais utilisant un SPIR portable. La comparaison des modèles de prédiction permet donc de constater un potentiel légèrement supérieur de l'appareil de laboratoire comparativement à l'équipement SPIR portable, démontrant l'intérêt de ces 2 types d'équipement. Cependant, le gain de précision obtenue en utilisant l'équipement SPIR de laboratoire plutôt que l'équipement portable est inférieur au gain obtenu par l'homogénéité du broyage. Chacun des 2 équipements présente des avantages différents et trouveront tous les deux leur application dans la mesure du profil en acides gras. La SPIR portable verra son utilisation à des fins de classification de carcasses bovines sur la composition en acides gras de la viande préalablement broyée, tandis que l'équipement de laboratoire servira à des analyses en routine des acides gras majeurs des viandes. D'autres travaux sont actuellement en cours afin de développer des modèles permettant d'obtenir une estimation des AG non prédits à l'infrarouge, à partir de ceux qui le sont.

Conclusion

La SPIR peut être utilisée comme méthode de mesure rapide, fiable et simple à mettre en œuvre pour la détermination de certains acides gras de la viande. L'homogénéité de l'échantillon est une condition importante quant à la qualité des prédictions obtenues. Un compromis devra alors être fait entre le type d'appareillage (portable ou de laboratoire) et le mode de préparation de l'échantillon en fonction du mode d'exploitation visé : méthode d'analyses de routine ou de classification.

Cette étude a été réalisée avec le soutien financier du 14ème FUI, des régions Bretagne et Pays de Loire, du Conseil Général des Côtes-d'Armor, de Lannion-Trégor-Communauté et du FEDER (Projet Specmeat).

Références bibliographiques

Bertrand D. (2002). INRA Productions Animales, 15(3), 209-219
Cecchinato A., et al. (2012). Journal of Animal Science, 90(2), 429-438
Chesneau G., et al. (2011). Journées de la Recherche Porcine, 43, 57-58
Guy F., et al. (2011). Food Chemistry, 127(3), 1280-1286
Mourot B.-P. , et al. (2013). Cahiers de Nutrition et de Diététique, 48(Hors-série 1), S45
Prieto N. et al. (2014). Meat Science, 98(2), 279-288

IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT GASTRIQUE SUR LA DEGRADATION DE LA MYOGLOBINE ET LA LIBERATION DU FER

AUBRY L. (1), GATELLIER P. (1), GOBERT M. (1), CHAMBON C. (1.2), SANTE-LHOUTELLIER V. (1)

(1) INRA QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, (2) INRA PFEM COMPOSANTE PROTEOMIQUE, 63122 SAINT GENES CHAMPANELLE

laurent.aubry@clermont.inra.fr

Abstract

Iron release in gastric conditions is evaluated in relationship with myoglobin proteolysis

The release of hematin is linked to the pH decrease but not to the enzymatic degradation of the protein. No free iron release was observed in these conditions. These first results obtained in a model system (myoglobin alone) will be completed using meat homogenates which take into account the buffer capacity, environment and structure of meat product where myoglobin interacts.

Introduction

Le fer est un métal pro oxydant dont l'implication dans le cancer colorectal est suspectée. En effet les réactions radicalaires générées par le fer sont fortement impliquées dans les processus d'inflammation des tissus (Dutra et Bozza , 2014). Le traitement thermique des viandes peut entrainer une libération de fer initialement contenu dans la myoglobine (Purchas et al. 2003). Ainsi, pour un chauffage effectué à 80°C et une durée de 90 min 25% du fer héminique est libéré sous forme de fer libre. Le second processus de libération du fer a lieu pendant la digestion. Dans les conditions acides de l'estomac, et en présence de pepsine, la myoglobine est hydrolysée et l'hème est décroché sous forme de chlorhydrate d'hématine (soluble). Cependant, il n'existe pas d'information sur la libération de fer libre à partir du fer héminique lors de cette première étape de la digestion. Au niveau de l'intestin, l'hématine est ensuite endocytée par les cellules de la paroi intestinale et sous l'action de l'hème oxygénase, le fer est libéré sous forme de fer ferreux Fe2+. Nous présentons ici une étude sur le devenir de la myoglobine dans les conditions gastriques et sur l'impact de cette hydrolyse sur la libération d'hématine et de fer libre.

Matériel et méthodes

Une solution de myoglobine équine (Sigma M0630), à 0,5mg/mL (soit 28 µM de fer héminique) est incubée à 37°C au bain-marie pendant deux heures, en présence ou en absence de pepsine (Sigma P7012 10 UI/mg de myoglobine). Deux conditions de pH gastrique sont testées : 2,0 et 4,5 (eau acidifiée par de l'HCl). Au total, 16 répétitions sont réalisées.
L'hydrolyse de la myoglobine sous l'action du pH et de la pepsine est suivie par spectrophotométrie UV à 280nm et électrophorèse SDS PAGE. Les peptides libérés sont identifiés par spectrométrie de masse : la nano HPLC est couplée à un appareil de masse de type ION TRAP (LTQ velos, ThermoScientific).
La concentration en fer héminique avant hydrolyse est évaluée par la méthode de Hornsey (1956), celle de fer libre par la méthode de Stolze (1996). Pour la concentration en hématine, une méthode spectrocolorimétrique a été mise au point au laboratoire par solubilisation à l'acétate d'éthyle.

Résultats

L'électrophorèse SDS PAGE (Figure 1) montre une hydrolyse de la myoglobine par la pepsine à pH2 (disparition de la bande de myoglobine native), alors qu'à pH4,5 l'action de la pepsine n'est pas visible. Ces résultats sont corroborés par la mesure de l'absorbance à 280nm des surnageants d'incubation après précipitation à l'acide trichloracétique : l'absorbance n'augmente qu'en présence de pepsine à pH2. L'analyse par LC/MSMS de la solution de myoglobine incubée avec de la pepsine a permis d'identifier 10 peptides validés recouvrant 60% de la protéine (Figure 2). Les dosages de fer libre (total, forme Fe2+ et forme Fe3+) montrent des résultats stables aux 2 pH testés et proches de la limite basse de détection de la méthode :
A pH 2 les valeurs sont de 3µM pour le fer libre total, 1,5µM pour la forme Fe3+, 1,5µM pour la forme Fe2+, quelles que soient la durée d'incubation et la présence ou l'absence de pepsine.
A pH 4,5 les valeurs sont de 1,5µM de fer libre total, 0,5µM pour la forme Fe3+, 1µM pour la forme Fe2+, quelles que soient la durée d'incubation et la présence ou l'absence de pepsine.
La concentration en fer héminique reste constante et égale à la valeur de départ diminuée de la concentration en fer libre quels que soient le pH, la durée d'incubation et la présence ou l'absence de pepsine.
L'ensemble de ces résultats indique qu'il n'y a pas de libération de fer libre dans les conditions gastriques.
Nous avons développé une méthode permettant de doser l'hématine sous sa forme chlorhydrate : en effet l'hématine provenant de la myoglobine forme avec l'HCl un complexe soluble. Cette hématine devait pouvoir être séparée de la myoglobine. Nous avons retenu une technique de séparation par l'acétate d'éthyle qui ne solubilise pas la myoglobine mais qui permet de séparer le chlorhydrate d'hématine présent en raison de sa non miscibilité avec l'eau. Il suffit

ensuite de mesurer l'absorbance à 513nm par rapport à une gamme de référence composée de chlorhydrate d'hématine. Les essais réalisés ont montré que la formation de chlorhydrate d'hématine in vitro est quasi immédiate en présence d'HCl.
La concentration en chlorhydrate d'hématine retrouvée est égale à la concentration initiale en fer héminique diminuée de la concentration en fer libre, et ceci quelle que soit la durée d'incubation ou la présence de pepsine. Ce résultat montre que la totalité du fer héminique est libérée instantanément dans nos conditions.

-Sur la piste 1 la bande majoritaire correspond à la myoglobine.

-La piste 2 met en évidence l'hydrolyse de la myoglobine par effet de la pepsine.

- Sur les pistes 3 et 4 on retrouve la bande majoritaire correspondant à la myoglobine.

Figure 1 : électrophorèse 1D-SDS PAGE de la myoglobine après différents traitements

P68083 Myoglobine OS= Equus burcheli GN=MB SV=2

Séquence	MH+ (Da)
HPGDFGADAqGAMTK	1503,95271
GHHEAELKPLAQSHATK	1854,3527
GLSDGEWQQVLNVWGK	1815,327
KGHHEAELKPLAQSHTK	1982,42539
LFTGHPETLEKFDK	1660,4327
VEADIAGHGQEVLIR	1608,27271
HPGDFGADAQGAMTK	1519,07271
YKELGFQG	941,71953
KKGHHEAELKPLAQSHTK	2111,18543
HLKTEAEMK	1085,79272

Figure 2 : identification par LCMSMS de 10 peptides formés par action de la pepsine

Discussion
Ces résultats montrent que le relargage du fer de la myoglobine en milieu gastrique se fait sous forme de chlorhydrate d'hématine essentiellement et ce indépendamment de l'activité protéolytique de la pepsine sur la chaine protéique de myoglobine. Dans nos conditions, la libération rapide de l'hématine montre que ce phénomène serait plutôt d'origine chimique (acidification) et ne dépendrait pas de l'hydrolyse enzymatique de la myoglobine. In vivo il faut prendre en compte l'effet matrice du bolus alimentaire qui, par son effet tampon, retarde probablement la formation de chlorhydrate d'hématine par rapport aux conditions in vitro.

Conclusion
Les conditions gastriques assurent la libération de l'hématine mais non du fer libre. Ces études en milieu modèle simplifié devront être complétées par des études sur des homogénats de viande pour prendre en compte l'effet de la structure et de la compartimentation des produits carnés. L'acquisition par l'unité d'un digesteur instrumenté permettra aussi de mieux reproduire les conditions du tube digestif.
Remerciements: financement ANR Sécuriviande (2011-2014)

Références bibliographiques
Dutra, F.F., Bozza, M.T. (2014). Front. Pharmacol., 27, 115-119
Hornsey, H.C. (1956).. J. Sci. food Agric., 7, 534-540.
Purchas, R.W., Simcock, D.C., Knight, T.W., Wilkinson, B. (2003).. Inter. J. Food Sci. and Technology, 38, 827-837.
Stolze, K.. Dadak, A., Liu, Y., Nohl, H. (19 96).. Biochemical. Pharmacology, 52, 1821-1829

EFFET DE L'ACIDE LINOLENIQUE ALIMENTAIRE SUR LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LIPIDES NEUTRES ET POLAIRES DANS LE MUSCLE DE LAPIN

BENATMANE F. (1), ROBIN G. (2), MOUROT J. (2)

(1) FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET AGRONOMIQUES – TIZI-OUZOU 15000 ALGERIE
(2) INRA, UMR1348 PEGASE, 35590 SAINT-GILLES, FRANCE

jmourot@rennes.inra.fr

Abstract

Effect of α linolenic acid incorporation on the fatty acid composition of neutral and polar lipids in rabbit muscle.
The nutritional quality of meat is related to the nature of the lipids provided by food. Thus with the incorporation into the diet of extruded linseed (EL), a source of C18 :3 n-3 –ALA, there is an overall increase of this fatty acid in meat. But little is known about the distribution of this fatty acid in the neutral lipids or the membrane lipids. The comparison of a white muscle and the cardiac muscle in rabbits receiving a control diet or a diet rich in EL, shows that ALA and its n-3 derivatives were incorporated into both the neutral lipids and the polar lipids for the longissimus dorsi muscle, which can have consequences on membrane exchanges. In the cardiac muscle, the variations were mainly in the neutral lipids for the n-3 fatty acids; only the percentage of DHA increased significantly in the polar lipids. There are certainly differences of incorporation of the fatty acids in the membranes depending on the metabolism of the tissues.

Introduction

La viande de lapin a la réputation d'une viande diététique avec de bonnes caractéristiques nutritionnelles. Même si sa consommation reste faible (moins de 2 kg/ an/h), elle a fait l'objet de nombreux travaux sur l'impact des acides gras (AG) n-3 du régime sur la composition lipidique de la viande. Il est possible d'améliorer cette qualité nutritionnelle avec l'introduction de graines de lin extrudées dans le régime, source de C18:3 (ALA) et de retrouver ALA dans la viande (Combes et Cauquil, 2006 ; Benatmane et al, 2011). Cette filière de production entre dans les recommandations de l'Anses pour apporter davantage d'AG n-3 en alimentation humaine.
Mais si le précurseur ALA est augmenté avec des régimes apportant de la luzerne ou des graines de lin, la teneur en dérivés à longue chaîne n-3 comme EPA (C20:5 n-3) ou DHA (C22:6 n-3) reste faible. Le taux de conversion est voisin de 1 à 2 % (Alessandri et al, 2009). Le devenir de ces AG est peu connu. Si on sait qu'ils participent au métabolisme énergétique comme tous les AG, sont-ils également incorporés dans les membranes ou stockés ?
L'objectif de cette étude est d'identifier les formes de répartition des AG n-3 entre les lipides neutres et les lipides polaires qui sont constitutifs des membranes. Le muscle de lapin est pris comme modèle pour déterminer si la structure lipidique membranaire est aussi influencée par l'alimentation, ce qui peut avoir des conséquences pour la perméabilité membranaire et les flux de nutriments au niveau des cellules. Un muscle blanc sera comparé à un muscle rouge.

Matériel et méthodes

Deux lots de 8 lapins ont reçu pendant 6 semaines un régime standard (TEM) ou un régime enrichi en graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) (GLE) source de C18:3 n-3 (ALA). La teneur en lipides des régimes était équivalente à 46 g / kg d'aliment et contenait de 1,5 g d'ALA pour TEM et 5,8 g d'ALA pour GLE /kg aliment. Les lapins ont été abattus à 11 semaines.
Dès l'abattage, différents échantillons ont été prélevés dont le muscle longissimus dorsi et le coeur. Ils ont été mis en congélation dans de l'azote liquide puis conservés à -80° C en vue des analyses.
Les lipides ont été extraits dans tous les échantillons selon la méthode de Folch et col. (1957) à l'aide d'un mélange méthanol chloroforme. A partir de cette fraction de lipides, les lipides polaires et neutres ont été séparés sur cartouche de silica-gel (Sep-pack, Waters Corporation) selon Juaneda et Rocquelin (1985) Le profil en acides gras des lipides a été déterminé par Chromatographie en Phase Gazeuse, après saponification et méthylation des lipides totaux, selon la méthode de Morrison et Smith (1964).
Les résultats ont été soumis à un traitement statistique d'analyse de variance globale (procédure GLM du logiciel SAS). Les moyennes sont ensuite comparées 2 à 2 selon le test de Bonferroni.

Résultats

Les performances de croissance des animaux sont identiques entre les différents régimes.
Dans le muscle longissimus dorsi, (tab1), le précurseur ALA est augmenté avec l'apport de GLE dans le régime et il est préférentiellement localisé dans la fraction des lipides neutres. La teneur en EPA ne varie pas dans les lipides neutres alors qu'elle augmente dans les lipides polaires avec le régime GLE. DPA et DHA augmentent dans les 2 fractions avec le régime GLE, mais ils sont surtout localisés dans la fraction des lipides polaires.

Tableau 1. Effet des régimes sur la répartition des acides gras dans les fractions des lipides neutres et polaires du muscle *longissimus dorsi*. (expression en % des acides gras identifiés)

	Lipides neutres			Lipides polaires		
	témoin	GLE	effet	témoin	GLE	effet
Lipides totaux %	0,39	0,46	<0,001	0,26	0,33	<0,02
Somme AGS	34,06	30,99	<0,001	31,30	32,32	<0,001
Somme AGM	37,89	28,95	<0,001	26,63	23,56	<0,001
Somme AGPI	28,05	40,06	<0,001	42,07	44,12	<0,001
C18:2 n-6	15,95	21,77	<0,001	21,44	22,02	NS
C18:3 n-3	9,54	14,65	<0,001	1,92	2,44	<0,002
C20:5 n-3 - EPA	0,31	0,38	NS	1,29	1,50	<0,001
C22:5 n-3 - DPA	0,61	0,93	<0,01	4,01	5,12	<0,001
C22:6 n-3 - DHA	0,11	0,18	<0,06	0,89	1,14	<0,004

Dans le muscle cardiaque, contrairement au muscle *longissimus dorsi*, les AG des lipides polaires sont peu affectés par les régimes (tab 2). Seul le DHA augmente avec le régime GLE. En revanche tous les acides gras n6 et n3 sont affectés par les régimes et, exprimés en pourcentage, ils augmentent significativement avec le régime GLE.

Tableau 2. Effet des régimes sur la répartition des acides gras dans les fractions des lipides neutres et polaires du muscle cardiaque. (expression en % des acides gras identifiés)

	Lipides neutres			Lipides polaires		
	témoin	GLE	effet	témoin	GLE	effet
Lipides totaux %	3,98	3,15	<0,03	2,39	1,97	<0,05
Somme AGS	29,60	29,90	NS	32,48	31,63	NS
Somme AGM	40,29	27,42	<0,001	6,96	8,38	NS
Somme AGPI	30,11	42,68	<0,001	60,56	59,99	NS
C18:2 n-6	18,08	24,22	<0,001	29,82	29,82	NS
C18:3 n-3	10,91	16,90	<0,001	3,21	3,01	NS
C20:5 n-3 - EPA	0,10	0,16	<0,004	1,19	1,35	NS
C22:5 n-3 - DPA	0,32	0,46	<0,001	3,75	4,00	NS
C22:6 n-3 - DHA	0,05	0,08	<0,002	0,84	1,10	<0,01

Discussion

La composition lipidique des membranes des cellules du muscle longissimus dorsi est modifiée avec le régime des animaux. L'incorporation d'acides gras avec de nombreuses doubles liaisons modifie la structure de la membrane et induit une courbure de la chaîne carbonée ce qui aura pour conséquence de modifier la perméabilité cellulaire. Dans le cas de muscle comme le *longissimus dorsi* qui peut être utilisé dans des transformations industrielles (saumurage, marinade...) ceci peut avoir des conséquences sur la pénétration au sel ou autres ingrédients et modifier les propriétés émulsifiantes (de Broucker et col, 2008).

Au niveau du cœur les variations dans les membranes sont moins importantes, seul le DHA augmente dans les lipides polaires. La composition lipidique des membranes des cellules cardiaques est donc stable.

Conclusion

La nature des acides gras incorporés dans les régimes des animaux permet de modifier la qualité nutritionnelle des produits carnés. Mais ces acides gras peuvent aussi modifier les membranes de certaines cellules ce qui peut avoir des conséquences sur les échanges intercellulaire et sur les propriétés technologiques des viandes. Ces études doivent être poursuivies pour identifier si une famille de phospholipides peut être plus particulièrement affectée ou si tous le sont. Les répartitions des phospholipides du cœur n'étant pas les mêmes que dans les muscles blancs, il semble possible que ce soit certaines familles de phospholipides qui soient affectées par la modification du régime alimentaire.

Références bibliographiques

Alessandri JM, Extier A, Astorg P, Lavialle M, Simon N and Guesnet P. 2009, Nutr. Clin. Métab. 23: 55-66,.
Benatmane F., Kouba M., Youyou A., Mourot J. 2011, Animal 5, 1993-2000
Combes S. et Cauquil L. 2006. Viandes & Produits Carnés vol 25 (2): 31-35
De Broucker T, Le Minous AE, Blochet JE, Guillevic M, Mourot J. 2008. Viandes & Produits Carnés, HS, 75-76
Folch, J., Lees, M., Sloane Stanley G. H., 1957. J. Biol. Chem., 226, 3497-3509.
Juaneda P., Rocquelin G 1985. Lipids 20, 40–41.
Morrison, W. R., Smith L, M.,1964. J. Lipid Res., 5, 600-608

AMELIORATION DE LA QUALITE NUTRITIONNELLE DES PRODUITS TRANSFORMES DU PORC EN RELATION AVEC L'ALIMENTATION DES ANIMAUX.

MOUROT J. (1), DE TONNAC A. (1), AZZOPARDI M. (2), LE NOC J.L. (2), ROBIN G. (1), PERRIER C. (1)

(1) INRA, UMR 1348 PEGASE, F-35590 SAINT-GILLES.
(2) SOCIETE TALLEC, F-29380 BANNALEC.

jacques.mourot@rennes.inra.fr

Abstract

Improving the nutritional quality of processed pork products in relation to animal feed

The fatty acid (FA) composition of meat depends directly on the nature of the fatty matter of the animal diet. This relationship is used to improve the nutritional quality of meat products. Many studies have been carried out on the effect of adding α linolenic acid (C18:3 n-3; ALA) to the diet by using extruded linseed, but few works have studied the addition of Docosahexaenoic acid (DHA). In this study, pigs received isolipidic diets with different fatty matter: rapeseed oil (RO), extruded linseed, a source of ALA (GLE), or micro-algae (ALG) selected for their DHA content, or by a 50/50 GLE-ALG mixture. In the processed products (country pâtés and cooked ham) the ALA and DHA content increased significantly in relation to the inputs into the diets. The DHA content in the pâté of the ALG diet was higher than 1g/100g. Overall, the saturated fatty acid content reduced in the products from diets with linseed. These products from specialised sectors have an added health value and are of interest to the consumer in the context of a balanced diet.

Introduction

La qualité nutritionnelle des produits transformés est actuellement une des préoccupations majeures de la part des consommateurs et du monde médical. Plusieurs constituants entrant dans leur fabrication font l'objet d'une attention plus particulière comme la teneur en sel et en matières grasses, et la composition en acides gras (AG). Dans les produits de charcuterie à base de porc, les lipides sont apportés par l'incorporation de tissus maigres et gras. Si la teneur en lipides du produit fini dépendra de la quantité de tissus gras incorporés dans la préparation, la composition en AG dépendra directement de celle de la viande de l'animal. Elle sera donc en relation avec la nature des matières grasses de l'aliment. Cette relation est utilisée pour améliorer la qualité nutritionnelle des produits carnés (Mourot, 2010). De nombreux travaux ont porté sur l'effet d'un apport alimentaire de l'acide α linolénique (C18:3 n-3; ALA) via l'utilisation de graines de lin extrudées et ont montré une efficacité certaine pour augmenter la teneur en ALA (Guillevic et al, 2009). Mais la teneur en dérivés à longue chaîne comme le DHA (C22 :6 n-3) augmente peu en raison de la faible transformation du précurseur en son dérivé qui est estimée à 1 à 2 %. L'apport direct de DHA dans l'aliment du porc a été encore peu étudié. Ce sera l'objectif de cette étude avec l'utilisation de micro-algues riches en DHA.

Matériel et méthodes

Quarante porcs mâles castrés de race Large-White-Landrace*Piétrain répartis en 4 lots de 10 animaux, ont reçu à partir de 50 kg de poids vif et pendant 2 mois un régime isolipidique (4,2 %) dont la source lipidique variait: soit de l'huile de colza (HC), soit des graines de lin extrudées (Tradi-Lin®) source d'ALA (GLE), soit des micro-algues (ALG) sélectionnées pour leur teneur en DHA (souche Schizochytrium sp), ou par un mélange 50/50 GLE-ALG.. La teneur en ALA (g/kg aliment) était de 2,27 g pour HC; 9,88 g pour GLE; 5,49 g pour GLE-ALG et 0,82 g pour ALG. Les teneurs en DHA étaient non détectables pour HC et GLE, de 3,42 g pour GLE-ALG et de 6,05 g pour ALG. Les régimes contenaient 80 ppm de vitamine E. Des produits de charcuterie (pâté de campagne et jambon cuit supérieur) ont été fabriqués par le partenaire industriel selon ses procédés de fabrication habituelle. Trois prélèvements par pâté et 6 pâtés par lot ont été dosés. Il en est de même pour le jambon où trois tranches entières ont été prélevées par jambon et six jambons par lot analysés. Les lipides ont été extraits à froid par un mélange méthanol-chloroforme (Folch et al., 1957). Le profil en AG a été réalisé par chromatographie en phase gazeuse après dérivation au BF3 (Morisson et Smith, 1964). Les résultats ont été testés par analyse de variance avec l'effet régime comme facteur principal.

Résultats

Les performances de croissance des animaux sont identiques et les critères simples de mesure de qualité de la viande (pH, couleur) ne sont pas modifiés par les régimes.

La teneur en lipides totaux du pâté de campagne n'est pas différente entre les lots (tableau 1). Celle des acides gras saturés (AGS) est plus faible avec les porcs ayant reçu des graines de lin dans leur régime ($p<0,01$). La teneur en acides gras polyinsaturés est la plus faible avec les porcs du régime colza ($p<0,001$). Les quantités de ALA sont les plus élevées chez les porcs recevant des graines de lin extrudées, alors que celles de DHA sont plus élevées chez les porcs ingérant des micro-algues ($P<0,001$). Le rapport 18:2n6/18:3n3 est inférieur à 5 pour les lots avec GLE et les valeurs de ces rapports sont toutes différentes entre elles.

La teneur en lipides totaux du jambon semble élevée par rapport à d'autres études, mais dans ce cas, il s'agit de jambon supérieur et la tranche entière est dosée avec la couenne. La plupart des observations décrites pour le pâté de campagne

sont identiques pour le jambon supérieur en particulier pour les teneurs en ALA ou en DHA en relation avec leur apport dans le régime de l'animal.

Tableau 1 : Effet des régimes sur la teneur en lipides totaux et en acides gras du pâté de campagne (mg AG /100 g).

LOT	HC	GLE	GLE/ALG	ALG	Rsd	Effet
Lipides totaux	33,09	32,52	30,92	34,21	1,87	NS
Somme AGS	11489a	10607b	10378b	11399ab	522	<0,01
Somme AGM	14169a	12863ab	12232b	13990a	762	<0,001
Somme AGPI	4732a	6513b	5996b	6109b	348	<0,001
C18:2 n-6	3533ab	3842a	3409b	3347b	205	<0,002
C20:4 n-6	197a	141c	16bc4	194a	16	<0,001
C18:3 n-3	473a	1752b	1057d	341f	62	<0,001
C20:5 n-3	20a	85b	85b	117d	7	<0,001
C22:5 n-3	64a	109b	114b	171d	7	<0,001
C22:6 n-3	59a	33a	543c	1129e	34	<0,001

Les valeurs en ligne affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

Tableau 2 : Effet des régimes sur la teneur en lipides totaux et en acides gras du jambon cuit (mg d'AG/100 g de jambon)

LOT	HC	GLE	GLE/ALG	ALG	Rsd	Effet
Lipides totaux	11,70ab	10,97ab	10,96ab	14,68a	3,36	0,01
Somme AGS	3285ab	3260ab	3141ab	4393b	838	<0,02
Somme AGM	5624ab	4678ab	4613ab	6834a	1315	<0,002
Somme AGPI	1373	1681	1701	1619	500	NS
C18:2 n-6	1064	1017	1017	968	310	NS
C20:4 n-6	29ab	21b	38ab	46a	12	<0,02
C18:3 n-3	125ab	442c	280bc	80a	106	<0,001
C20:5 n-3	9	11	19	8	7	NS
C22:5 n-3	9a	18ab	29bc	42c	11	<0,001
C22:6 n-3	5a	4a	106b	239c	52	<0,001

Discussion

ALA et DHA sont augmentés dans les produits carnés en relation avec l'apport dans le régime. Le DHA a été souvent considéré comme un substrat utilisé préférentiellement dans le métabolisme énergétique peroxysomal. Cette étude montre que son dépôt augmente fortement dans la viande et de façon linéaire tout au moins avec les doses testées. Le pâté, riche en lipides a une teneur en DHA avec le lot algue qui est de plus de 1 gramme pour 100g de produit ce qui en fait un produit tout à fait comparable à certains poissons gras (avec toutefois une teneur en lipides totaux 2 fois plus élevées que ces poissons). La teneur en EPA est également augmentée avec ce régime. Si l'on se rapporte aux recommandations de l'Anses qui sont de 500 mg par jour d'EPA et de DHA, il faudrait consommer environ 40 g de ce pâté pour obtenir l'apport quotidien en ces acides gras. Cette valeur est acceptable dans le cadre d'une alimentation équilibrée, avec une consommation une seule fois par semaine pour respecter les règles nutritionnelles.

Pour le jambon cuit, produit moins gras, il faudrait en consommer près de 180 g pour satisfaire les recommandations de l'Anses. La teneur en EPA ne varie pas contrairement au pâté. Mais dans le pâté, du foie est incorporé à la préparation. Or cet organe est le lieu de synthèse des AGPI-LC et il est possible qu'une retroconversion de DHA en EPA se mette en place ce qui ne sera pas le cas pour le tissu adipeux et le muscle du jambon.

Cette étude a confirmé une diminution des acides gras saturés totaux dans les produits issus d'animaux recevant des graines de lin extrudées (Guillevic et col, 2009). Ceci est donc aussi un autre avantage nutritionnel de ces produits.

Conclusion

Il est possible de modifier la qualité nutritionnelle des lipides des viandes et des produits carnés. L'objectif de ces produits de charcuterie n'est pas de satisfaire à eux seuls les besoins journaliers pour certains acides gras préconisés par l'Anses, mais d'y participer dans le cadre d'une alimentation équilibrée. Comme une diminution de la teneur en acides gras saturés est aussi observée, on peut penser que ces produits issus de filières identifiées ont tout à fait leur place en alimentation humaine. Il faudra adapter les apports de ces acides gras à valeur santé dans le régime du porc en fonction des objectifs nutritionnels visés pour le consommateur et s'assurer également d'une bonne qualité organoleptique.

Les auteurs remercient la Région Bretagne, la Région des Pays de la Loire et le Conseil Général 29 pour leurs aides financières.

Références bibliographiques

Folch, J., Lees, M., & Sloane Stanley G. H., 1957. J. Biol. Chem., 226, 3497-3509.
Guillevic M., Kouba M., Mourot J. 2009.. Meat Sci. 81, 612-618.
Morrison, W. R., & Smith L, M.,1964. J. Lipid Res., 5, 600-608.
Mourot J. 2010 Cah Nut Diet, 45,320-326

POUR LA VIANDE EN TRANCHE, LE MODE DE CUISSON ET L'EFFICACITE MASTICATOIRE IMPACTENT LA BIODISPONIBILITE DES ACIDES AMINES

PEYRON M.A. (1,2), BAX M.L. (1,2), BRUSTEL P.Y. (3), SALEL A. (3), SEBEDIO J.L. (1,2), HAFNAOUI N. (1,2), BUISSON C. (1,2), BUFFIERE C. (1,2), RÉMOND D. (1,2)

(1) INRA, UMR1019 UNH, CRNH AUVERGNE, ST-GENES-CHAMPANELLE
(2) CLERMONT UNIVERSITE, UDA, UNITE DE NUTRITION HUMAINE, BP 10448, CLERMONT-FD
(3) UNIVERSITE D'AUVERGNE, EA 4847, CENTRE DE RECHERCHE EN ODONTOLOGIE CLINIQUE, CLERMONT-FD.

Marie-Agnes.Peyron@clermont.inra.fr

Abstract: For sliced meat, cooking conditions and chewing efficiency impact on amino acid bioavailability.
Previous studies have shown that both meat cooking conditions, and chewing efficiency, can affect meat protein digestion. The objective of the present study was to try to rank these factors according to the magnitude of their effect in humans, and to identify potential interactions. Pork meat was cooked 10 min at 75°C or 45 min at 90°C. Volunteers were invited to ingest meat in two different situations: after normal mastication (good masticatory efficiency) or after deficient mastication (by wearing an occlusal appliance). Meat boluses were collected before swallowing for assessment of their physical / rheological properties. Plasma aminoacidemia was recorded after ingestion of a meal containing pork meat as the main source of protein. Overall, this study shows that a decreased chewing efficiency slows down amino acid appearance in the blood, but it also evidenced an interaction between chewing efficiency and cooking conditions: by preventing the swallowing of large particles, high cooking conditions, at least for pork meat, limits the decrease in amino acid absorption rate.

Introduction

La cavité buccale est le premier compartiment dont dispose l'organisme pour remplir son rôle dans la digestion des aliments. Cette étape buccale est d'autant plus importante que l'aliment est solide et cohésif, ce qui est le cas de la viande. Au cours de la mastication, la bouchée d'aliment est d'abord déstructurée mécaniquement par des actions de compression et de cisaillement. L'aliment est ainsi réduit en particules de plus petite taille. Une baisse importante de l'efficacité masticatoire chez les personnes âgées s'accompagne d'une déglutition de morceau de viande moins déstructurés (Yven et al., 2005), et se traduit par une moins bonne utilisation des acides aminés absorbés pour la synthèse protéique postprandiale (Rémond et al., 2007). Cette diminution d'efficacité dans l'utilisation des protéines peut s'explique par un ralentissement de la digestion, les protéines rapidement digérées étant plus efficaces pour stimuler la synthèse protéique postprandiale chez les personnes âgées (Dangin et al., 2003). Cette vitesse de digestion est également dépendante du mode de cuisson de la viande (Bax et al., 2013). L'objectif de l'étude était ici d'essayer de hiérarchiser l'importance des effets du mode de cuisson et de l'efficacité masticatoire sur la vitesse de digestion des protéines de la viande.

Matériel et méthodes

10 jeunes adultes ont participé à l'étude dans deux situations différentes : situation de mastication normale (bonne efficacité de mastication) et situation de mastication perturbée par le port d'une gouttière/orthèse interférant avec la mastication et conduisant à une mauvaise efficacité de mastication. La viande utilisée dans l'étude était de la viande de porc cuite 10 min à 75°C, ou 45 min à 90°C. Le protocole s'est déroulé en 2 parties distinctes. La première partie concernait l'étude des propriétés physiques du bol alimentaire, la deuxième la vitesse de digestion des protéines. Chaque volontaire a participé à la totalité du protocole (les 2 parties, les 2 efficacités masticatoires, et les 2 modes de cuisson). Pour la première partie, la viande a été coupée en cubes de 2 cm de coté, et les bols alimentaires ont été collectés juste avant la déglutition. Ils ont été caractérisés par plusieurs mesures physiques (granulométrie, résistance à la compression et au cisaillement). Pour la deuxième partie, des prélèvements de sang ont été réalisés en cinétique avant et après ingestion d'un repas contenant la viande de porc découpée en morceaux, servie avec des pâtes et de la purée de tomate (la viande représentait les 2/3 de l'apport protéique du repas). La vitesse de digestion des protéines a été évaluée par la cinétique d'apparition des acides aminés dans le compartiment sanguin.

Résultats

L'analyse rhéologique de la viande après cuisson montre que la cuisson 45 min à 90°C rend la viande plus dure (plus résistance à la compression), mais moins cohésive (moins résistante au cisaillement). Lorsque la mastication est bonne, les caractéristiques rhéologiques (dureté, cohésion, caractères collant et élastique) des bols de viande collectés à déglutition ne sont cependant pas significativement différentes entre les 2 types de cuisson. Par contre la viande plus

cuite conduit à la déglutition de bols contenant des particules de plus petite taille (taille médiane : 3,59 vs 4,94 mm, $P < 0,01$). Une mauvaise mastication a peu d'impact sur la rhéologie et la granulométrie des bols dans le cas de la viande la plus cuite. Par contre, pour la viande la moins cuite, la résistance au cisaillement des bols et la taille des particules sont significativement plus élevées lorsque la mastication est déficiente (taille médiane des particules : >7,5 vs 4,94 mm, $P < 0,01$).

Les cinétiques d'apparition des acides aminés indispensables dans le sang périphérique après ingestion des 2 types de viandes et 2 modalités de mastication sont présentées sur la figure 1. Pour une bonne mastication, le mode de cuisson a peu affecté la cinétique d'apparition des acides aminés dans le plasma. Pour les 2 modes de cuisson, le défaut de mastication a significativement ralenti la vitesse de digestion des protéines. L'effet est le plus marqué pour la viande la moins cuite, pour laquelle la concentration moyenne observée pendant l'ensemble de la période de mesure est significativement plus faible que pour les autres modalités (Fig 2).

Figure 1 : cinétique postprandiale de la concentration plasmatique en acides aminés indispensables après ingestion d'un repas contenant de la viande porc cuite selon 2 modalités, chez des volontaires avec une bonne ou une mauvaise efficacité masticatoire

Figure 2 : augmentation moyenne de la concentration plasmatique en acides aminés indispensable pendant les 7 h suivant l'ingestion d'un repas contenant de la viande porc cuite selon 2 modalités, chez des volontaires avec une bonne ou une mauvaise efficacité masticatoire

Discussion

Dans les cas de résistance anabolique (vieillissement, pathologies …), l'amplitude de l'augmentation postprandiale de l'aminoacidémie est un facteur important dans la stimulation du métabolisme protéique, et donc la préservation de la masse musculaire. Dans ces situations, les protéines alimentaires rapidement digérées qui entrainent une élévation plus rapide et plus importante de l'aminoacidémie, sont donc plus intéressantes. La viande est considérée comme une source de protéine à digestion rapide, mais les modes de préparation avant consommation peuvent moduler cette vitesse de digestion. Pour de la viande de bœuf hachée, il a été montré que, à même durée de cuisson, l'effet de la température n'est pas linéaire : la vitesse d'apparition des acides aminés dans le sang suite à l'ingestion de viande est supérieure pour une température de cuisson à cœur de 75°C par rapport à des cuissons à 60° C ou à 95°C (Bax et al., 2013). Dans la présente étude, avec de la viande de porc en morceaux, et des couples de temps/température légèrement différents, nous n'avons pas mis en évidence de différence significative de vitesse de digestion entre les 2 modes de cuisson. Lors d'une étude précédente, nous avions également montré que pour de la viande bovine, une mauvaise mastication, et la déglutition de bols moins déstructurés (Yven et al., 2005) entrainait un ralentissement de la vitesse de digestion (Rémond et al., 2007). La même tendance est ici observée avec de la viande de porc. Notre étude met cependant en évidence une interaction entre le mode de cuisson et l'efficacité masticatoire ; la diminution de vitesse de digestion lors d'une baisse d'efficacité masticatoire étant plus importante pour la viande la moins cuite. Cette diminution pourrait en grande partie s'expliquer par la granulométrie du bol dégluti, la teneur en particule de grosse taille étant dans ce cas nettement plus élevée.

Conclusions

Modifiant la granulométrie des bols de viande déglutis, l'efficacité masticatoire est un déterminant majeur de la vitesse de digestion des viandes non hachées. Nos travaux montrent qu'il existe cependant une interaction entre l'efficacité masticatoire et le mode de cuisson de la viande. Ainsi, dans le cas de la viande de porc, pour des personnes âgées présentant très souvent une déficience masticatoire, une cuisson prolongée à température élevée, est à privilégier pour optimiser la vitesse de digestion des protéines.

Ces recherches ont bénéficié d'un support financier de la Communauté Européenne : FP7-222 654-DREAM − Design and development of REAlistic food Models with well-characterized micro- and macro-structure and composition.

Références bibliographiques

Bax ML., et al. 2013. *PLoS ONE*, 8 (4), e61252.
Dangin M., et al. 2003. J Physiol 549: 635-44.
Rémond D., et al. 2007. Am J Clin Nutr, 85 (5), 1286-92.
Yven C., et al. 2005. Meat Sci, 70, 365-71.

JSMTV

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Session
« Efficience et qualité de l'abattage, des découpes et des transformations »

GESTION DE LA PROPRETE DES OVINS AVANT L'ABATTAGE DANS QUELQUES PAYS DE LA COMMUNAUTE EUROPENNE

EVRAT GEORGEL C.

INSTITUT DE L'ELEVAGE, 75595 PARIS CEDEX 12

caroline.evrat-georgel@idele.fr

Abstract : Management of sheep cleanliness before slaughter in some European countries
Hygiene and food safety regulations, commonly called the "hygiene package", has been applicable since the 1st of January 2006. Although it includes elements relating to animal cleanliness before slaughter, no collective approach to help sheep operators to comply with this regulation has been initiated so far in France. Moreover, in many slaughterhouses, the Total Aerobic Mesophilic Flora criteria on ovine carcasses is difficult to comply, which penalizes the meat storability and processed products marketing. Following these two observations, the French interprofession (Interbev) solicited the French Livestock Institute (Institut de l'Elevage) to collect and analyze information available in Europe about the management of sheep cleanliness before slaughter. The objective of this work was to identify the different kinds of scales for classifying the cleanliness which exist in Europe, their application, as well as preventive and / or corrective actions implemented accordingly. This inventory was carried out mainly by slaughterhouse visits in some countries (England, Ireland, Spain). Now, French sheep operators have some examples to learn about optimizing sheep cleanliness at slaughter.

Introduction

La réglementation sur l'hygiène et la sécurité sanitaire des aliments, ou « paquet hygiène », est applicable depuis le 1er janvier 2006 sur l'ensemble de la filière agroalimentaire. La présence de souillures fécales sur le cuir des animaux vivants constituant un facteur de risque important de contamination des carcasses, cette réglementation définie la responsabilité de chaque maillon concerné : en élevage, l'éleveur doit prendre les mesures adéquates pour assurer la propreté des animaux allant à l'abattoir (J.O.U.E, 2004(1)) ; à l'abattoir, les animaux présentés à l'abattage doivent être propres (J.O.U.E, 2004(2) ; D.G.A.L, 2010); quant aux services vétérinaires, ils doivent vérifier que les animaux « inacceptables » ne sont pas abattus sans actions correctives (J.O.U.E, 2004(3)). Bien que ces aspects, soient intégrés au « paquet hygiène », aucune démarche collective n'a encore été initiée en France pour accompagner les opérateurs ovins à les respecter. Par ailleurs, on constate dans plusieurs abattoirs que le critère Flore Aérobie Mésophile (FAM) sur carcasses ovines est difficile à respecter, les niveaux en FAM se situant souvent entre 4 et 5 log. La limite satisfaisante fixée à 3,5 log (J.O.U.E, 2005) ne serait respectée que pour 20% des carcasses. Or, une contamination initiale trop élevée pénalise le respect des Dates Limites de Consommation (DLC) (Cartier, 2007) alors que la filière ovine souhaite proposer de nouveaux produits, tels que la viande hachée, particulièrement sensibles sur le plan hygiénique. Dans ce contexte, Interbev Ovin a sollicité l'Institut de l'Elevage pour recueillir et analyser les informations disponibles en Europe concernant la gestion de la propreté des ovins avant l'abattage. L'objectif est d'identifier les grilles de notation de la propreté existantes en Europe, leurs modalités d'application, ainsi que les actions préventives et/ou correctives mises en place.

Matériel et méthodes

Le programme d'action de cette étude a consisté à :

- Collecter et synthétiser les informations publiées en matière de propreté des ovins à l'abattage, et plus spécifiquement faire le point sur les grilles de propreté ovine déjà existantes.
- Se rendre dans les principaux pays européens producteurs d'ovins (Irlande, Angleterre, et Espagne) afin de visualiser sur le terrain les modalités d'application des grilles de notation de la propreté : contraintes et avantages des systèmes de notations, actions correctives mises en œuvre, faisabilité et transposabilité dans le contexte français…

Très peu d'informations sont publiées dans la bibliographie concernant la notation de la propreté des animaux à l'abattage. En effet, il s'agit d'une problématique de terrain, gérée le plus souvent à l'échelle de l'entreprise et souvent confidentielle. Les informations qui ont été trouvées dans la bibliographie concernent les démarches collectives à l'échelle nationale ou interprofessionnelles. Cependant, ces démarches sont rares et les renseignements publiés demeurent partiels, voire inexploitables car non traduits dans une langue accessible. L'essentiel des informations présentées dans ce travail est issu des visites et enquêtes réalisées sur le terrain. Il a cependant été très difficile de se voir ouvrir les portes des abattoirs étrangers compte tenu du contexte de crise économique. Ainsi, toutes les visites envisagées n'ont pas pu aboutir et les entreprises enquêtées ne sont pas nommées pour des raisons de confidentialité. Au final, 6 abattoirs ont été visités (2 en France, 2 en Angleterre, 1 en Irlande et 1 en Espagne), complétés par des échanges avec les opérateurs de terrain et des représentants de Fédération. L'ensemble des informations recueillies via la bibliographie, les visites et/ou les échanges de terrain, concernent au final 5 pays européens en plus de la France : l'Angleterre, L'Irlande, l'Espagne, la Norvège et la Belgique.

Résultats

Les pays les plus avancés et les plus comparables au contexte de production français sont l'Angleterre et l'Irlande. Ce sont les seuls pays où la notation de la propreté des ovins avant l'abattage est obligatoire, sa gestion étant au contraire laissée à l'appréciation de chaque abattoir comme dans les autres pays. Globalement, la position des pays Européens est de laisser chaque abattoir libre sur les moyens à mettre en œuvre pour respecter les obligations du « paquet hygiène ». Chacun peut développer son propre système d'évaluation de la propreté, il peut donc exister potentiellement autant de grilles de notation de la propreté que d'abattoirs ovins. Nous avons découvert 6 grilles de notation formalisées et 1 échelle de classement, évaluant ce critère en 2, 3, 4 ou 5 classes. Le plus souvent, ces classes prennent en compte simultanément les souillures sèches et humides, ou uniquement les souillures sèches. Les souillures humides ne sont jamais considérées de façon indépendante, mais elles sont moins problématiques qu'en filière veau du fait notamment de l'homogénéité des lots d'animaux. Sauf exception (Norvège), les modalités d'évaluation de l'état de propreté des ovins sont similaires entre les différents opérateurs qui ont fait le choix de noter ce critère, quel que soit le pays. La notation est réalisée par lot d'animaux, par le berger de l'abattoir, majoritairement au déchargement des animaux, et sinon en bergerie d'abattoir. Cette évaluation se fait toujours visuellement, et au toucher si c'est possible et nécessaire pour vérifier l'état d'humidité des animaux. Il existe diverses actions préventives et/ou correctives que l'abattoir peut mettre en place pour limiter la proportion d'animaux sales arrivant à l'abattoir et la transmission éventuelle des contaminations lors du process d'abattage :

- La communication, mesure essentielle, peut se faire sous diverses formes et à tous les maillons concernés de la filière.
- Le report de l'abattage, le même jour selon un « gradient de propreté », voire le lendemain, est le plus répandu.
- L'élimination des souillures *via* la tonte est pratiquée de façon systématique dans certains pays. Le nettoyage des animaux reste en revanche anecdotique en Europe.
- La répercussion de pénalités à l'éleveur, appliquée en cas d'actions correctives coûteuses comme la tonte.
- L'apport de plus de soin à la dépouille en ralentissant la chaîne d'abattage est également largement pratiqué car atteignable *via* diverses mesures et particulièrement efficace, notamment au travers du renforcement des Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH).
- D'autres mesures plus originales existent mais restent des cas particuliers car impliquent trop de contraintes.

Les abatteurs peuvent donc mettre en œuvre un large éventail de mesures pour prévenir et/ou améliorer l'état de propreté des animaux avant l'abattage.

Discussion

Produire des carcasses ovines avec une qualité microbiologique satisfaisante passe par 3 axes d'action :

- En cours d'abattage, le respect des BPH demeure le critère primordial pour limiter les contaminations potentielles liées aux nombreuses interventions humaines lors de l'enlèvement de la peau (Cartier, 2005).
- En fin d'abattage, le recours éventuel à des traitements assainissant peut réduire la charge bactérienne des carcasses, mais leur efficacité reste relative et n'est effective que si les BPH sont respectées au préalable.
- Avant l'abattage, la prise en compte de l'état de propreté des animaux devrait représenter une marge de progrès importante compte tenu de son rôle incontestable sur l'hygiène de la dépouille.

Sur les 4 abattoirs étrangers visités, tous mettent en œuvre des actions préventives et/ou correctives selon les classes de notation de la propreté qu'ils ont formalisées. 2 abattoirs ont des niveaux en FAM du même ordre que ceux des abattoirs français, ce qui n'est pas « spectaculaire » au regard des mesures de gestion de la propreté mises en œuvre avant l'abattage, mais est néanmoins tout à fait correct considérant leur contexte (gros outils d'abattage, cadences élevées, agneaux d'herbe majoritaires, climat pluvieux…). Les 2 autres abattoirs ont des niveaux en FAM inférieurs aux limites réglementaires. Cela confirme que la prise en compte de l'état de propreté des animaux avant l'abattage, avec la mise en œuvre d'actions préventives et/ou correctives, impacte positivement l'état microbiologique final de la carcasse, mais que ce gain n'est effectif que si une bonne hygiène de la dépouille est respectée tout au long du process d'abattage. De plus, toutes ces actions ont un coût et impliquent des contraintes pratiques, techniques, et commerciales qui ne sont pas toujours compatibles avec la réalité du terrain.

Conclusions

Cet état des lieux de la gestion de la propreté des ovins avant l'abattage dans quelques pays Européens a mis en évidence tous les types de situations, avec des contextes plus ou moins proche de celui de la France. Finalement, la prise en compte de la propreté est une question d'équilibre entre les inconvénients et les bénéfices apportés. Elle se raisonne en fonction du contexte spécifique de chaque pays, et même de chaque abattoir. La filière française dispose désormais d'éléments concrets, à elle de définir dans quelles mesures elle souhaite se les approprier compte tenu du contexte et des attentes des opérateurs. A ce jour, certains ont déjà mis en place leur propre démarche volontaire.

Références bibliographiques

Cartier P., 2005. CR n°170532005, Institut de l'Elevage, Interbev, Ofival.
Cartier P., 2007. CR n°170732010, Institut de l'Elevage, Interbev, Office de l'Elevage.
D.G.A.L, 2010. Note de service DGAL/SDSSA/N2010-8171, 23.06.2010, 1-41.
J.O.U.E, 2004 (1). Règlement (CE) 852/2004. 30.04.2004, L 139/1-54.
J.O.U.E, 2004 (2). Règlement (CE) 853/2004. 25.06.2004, L 226/22-82.
J.O.U.E, 2004 (3). Règlement (CE) 854/2004. 25.06.2004, L 226/83-127.
J.O.U.E, 2005. Règlement (CE) 2073/2005. 22.12.2005, L 338/1-26.

ARMS – UN SYSTEME ROBOTIQUE MULTI-BRAS POUR SEPARER DES MUSCLES

ALRIC M. (1), STEPHAN F. (2), AIT-AIDER O. (2), BOUZGARROU B-C. (2), LONG P. (3), MARTINET P. (3)

(1) ADIV VIANDE PERFORMANCES, 10 RUE JACQUELINE AURIOL, 63039 CLERMONT-FD CEDEX 2,
(2) INSTITUT PASCAL, UMR 6602, 24 AVENUE DES LANDAIS, BP 80026, 63175 AUBIERE,
(3) IRCCYN, ECOLE CENTRALE DE NANTES, 1 RUE DE LA NOË, BP 92101, 44321 NANTES, FRANCE

matthieu.alric@adiv.fr

Abstract: ARMS - a multi-Arms Robotic system for Muscle Separation
Mechanization and robotization of the meat industrial sector has become essential due to the lack of skilled and qualified workers and to the hard working conditions (high rate of musculoskeletal diseases and working accidents). French meat companies have to enhance their competiveness in front of a more and more aggressive worldwide market competition. This paper presents the actual results from the ARMS project for the development of an autonomous multi-robot platform, which will be able to achieve automatic muscle separation. This platform integrates a meat holding and positioning system and 3 robots: 1 for muscle traction, 1 for muscle separation and 1 for vision system positioning. The control of this complex robotic system is based on three main research and technological developments: an active vision and perception system, a meat predictive mechanical deformation model, and robotic multi-arms cooperation and control algorithms. This global multi-arms solution opens many perspectives of robotic meat cutting applications.

Introduction

Les filières viandes française constituent l'un des secteurs les plus importants des industries agroalimentaires. Ces filières doivent faire face à de nombreux challenges d'ordre économique, technique ou social afin de pérenniser leurs activités. Sur le plan social, un des enjeux majeur est la réduction de la pénibilité et de la dangerosité du travail. L'abattage et la découpe de viande font partie des secteurs industriels les plus accidentogènes. De plus, sur le long terme, les maladies professionnelles de types « troubles musculo-squelettiques » (TMS), sont en forte augmentation. Une des conséquences de ces conditions difficiles de travail est le déficit d'image et d'attractivité de ces métiers, et donc une pénurie de main d'œuvre qualifiée. Tous ces facteurs pèsent sur la compétitivité des filières viandes. Il est donc nécessaire que les entreprises françaises accroissent leurs performances pour faire face à la concurrence de pays à plus faible cout de main d'œuvre et limiter les délocalisations. La robotisation apparait donc comme une solution prometteuse. Quelques solutions robotiques ont déjà pu être mises au point sur certaines opérations [1], mais le développement de ces technologies d'automatisation de process reste relativement complexe (en abattage ou découpe) et doit tenir compte des contraintes de travail particulières : une importante variabilité de la matière première (conformation, couleur, texture, déformabilité ou articulation des pièces de viande, etc.), la complexité des opérations, l'environnement de travail très contraignant (humidité, froid, produits de nettoyage), etc.
L'objectif des travaux présentés dans cet article, faisant partie intégrante du projet ANR-ARMS, est de développer un système robotique multi-bras innovant, et les concepts/outils de commande robotique associés, permettant de réaliser la séparation automatisée (sans intervention humaine) de muscles de viande bovine.

Matériel et méthodes

En premier lieu, une analyse de découpes manuelles a permis de sélectionner le scénario à robotiser : séparation sur table du "Rond de gîte" (RG) et du "Gîte noix" (GN). Il se décompose en 3 opérations : 1. Repérage de la "vallée" inter-muscles et amorce de séparation ; 2. Séparation suivant l'aponévrose inter-muscles (descente dans la "vallée") ; 3. Fin de séparation (traction du RG et découpe le long du GN). Ce scénario a ensuite été transcrit en tâches robotiques et les besoins de la plateforme ont été définis : 3 robots (1 de traction, 1 de séparation et 1 supportant le système de vision) et 1 système de contention de la viande.
Trois briques technologiques ont été développées pour apporter l'intelligence au système robotique :
Perception par système de vision active : Ce capteur conçu dans le projet (système PROCAM) permet d'acquérir en temps réel un nuage de points 3D [2] qui est segmenté pour sélectionner les données correspondant à la viande. Les points retenus permettent de construire un maillage (modèle surfacique) qui est recalé par rapport à un modèle générique afin de calculer la pose du modèle courant par rapport au robot. Une trajectoire initiale de séparation est positionnée sur le maillage surfacique pour guider le robot. Ensuite, la "vallée" est reconstruite en continu afin de mettre à jour le guide virtuel durant la découpe. Le système de perception doit avoir une précision HD et être reconfigurable.
Modèle mécanique de déformation de la viande : La modélisation du comportement mécanique de la viande sert à la commande des robots. La viande se déformant suite aux efforts de traction/compression et de coupe appliqués par les robots, un modèle de prédiction des déformations est nécessaire à la génération de trajectoire. Son élaboration concilie des contraintes de réalisme (nombre élevé de degrés de liberté, précision d'identification des paramètres rhéologiques de la viande) et de temps réel (simplification du modèle). Le compromis trouvé est un modèle masses/ressorts (MSM) proposé avec une méthode de détermination des raideurs (ressorts) en fonction des paramètres rhéologiques [3].
Commande du système multi-bras : Une stratégie de commande basée sur un couplage vision/force est proposée afin de séparer des matériaux déformables souples (types muscles) en utilisant deux robots coopératifs [4]. La séparation est effectuée en répétant une série de coupes le long d'une trajectoire courbe en suivant un guide virtuel.

Résultats

Pour le système de perception/vision active, les modules de recalage 3D et d'estimation du guide virtuel ont été développés. Ils sont couteux en temps de calcul (3-4 secondes) car impliquant des algorithmes de traitement d'images puis des techniques de reconnaissance de formes 3D. Ensuite le système doit maintenir à jour le maillage surfacique et le guide virtuel pendant la séparation. Les calculs de l'algorithme de suivi du maillage sont accélérés par la restriction du calcul au voisinage de la zone de découpe et la prédiction issue des images précédentes. La détection du fond de la "vallée" se fait par calcul des maximas de courbure. Le guide est ensuite approximé par une courbe polynomiale (calcul à 30 im/s). Les tests actuels se font avec une Kinect qui sera à terme remplacée par le système PROCAM en cours de développement. Pour le modèle mécanique de déformation de la viande, malgré son réalisme plus réduit, le modèle MSM reste plus simple et rapide qu'un modèle éléments finis "tensor/mass model" et est donc mieux adapté. Il a été validé par simulations (Matlab) en termes de temps de calcul et de validité de prédiction des déformations, ainsi que de génération de la trajectoire de coupe (passant par les nœuds du maillage se trouvant sur la surface de séparation). La trajectoire est actualisée en fonction des déplacements nodaux et des ruptures de liaisons (par arrachement ou par coupe) entre les deux muscles. Pour la commande du système multi-bras, les travaux ont permis d'aboutir à une commande par couplage vision/force. La commande par vision permet de mettre à jour localement la trajectoire du robot de découpe en réponse à la fois à des déformations en ligne (on-line) et aux erreurs de modélisation hors ligne (off-line). La commande en efforts est utilisée pour veiller à ce que la coupe soit réalisée sans déformation globale du matériau (ensemble de muscles) ou sans détérioration de la zone périphérique à la trajectoire courbe. Dans le principe de la commande du process de séparation multi-bras, un robot réalise l'action de séparation et l'autre est utilisé afin de faciliter la découpe par application d'efforts externes sur l'objet déformable. Le système de commande des deux robots a été validé expérimentalement par des coupes de matériaux souples de type mousse.

Plus concrètement, au niveau des avancées de l'intégration de la plateforme robotique, celle-ci se compose de deux robots 6 axes Adept Viper s1700D (l'un équipé d'un couteau afin d'assurer la tâche de séparation, l'autre d'un préhenseur industriel à 4 doigts pour saisir et tirer la viande) et d'un robot 7 axes KUKA Lwr4 (embarquant et positionnant le système de vision active : Kinect ou PROCAM). Ces robots sont positionnés autour d'une table de contention pour la découpe et sont équipés au niveau de leur effecteur d'un capteur d'efforts 6 axes ATI permettant de mesurer en temps réel les efforts de coupe et de traction.

Plateforme robotique du projet ARMS

Discussion

Pour la perception active, l'algorithme de recalage 3D a été validé sur des maquettes en silicone puis sur des pièces de viande. Son temps de traitement pourrait être accéléré par optimisation du code et une programmation GPU. L'algorithme de suivi temps réel pourrait être accéléré en travaillant directement sur le nuage brut de points 3D au lieu du maillage. La mise à jour du guide de découpe reste encore à fiabiliser avec des tests plus poussés sur viande. Les résultats obtenus avec la Kinect devraient être améliorés avec le système PROCAM (précision, vitesse de calcul). Pour le modèle mécanique de déformation de la viande, les résultats sont satisfaisants. La preuve du concept de la commande basée modèle pour ce procédé nécessitera une implémentation dans le système robotique. La qualité de la prédiction du modèle repose sur les étapes préliminaires de recalage des paramètres rhéologiques et géométriques. Un recalage en ligne de ces paramètres pourrait être réalisé mais devra satisfaire les contraintes de temps réel. Concernant la commande et l'intégration de la plateforme, des tests de commande des robots 6 axes en position/force, puis vision/force, ont été réalisés pour valider le comportement des robots lors de la découpe. La commande en position du robot KUKA a ensuite été testée afin de positionner au mieux le système de perception au dessus de la viande. Ce robot permettra à termes de suivre visuellement l'objet déformable et d'agir en tant que superviseur global. Le modèle mécanique de déformation de la viande, couplé à la perception active, est en cours d'intégration dans la boucle de commande, et a pour objectif principal de définir une trajectoire de découpe plus précise et plus fiable. Les travaux futurs se concentreront sur la validation de l'ensemble du dispositif appliqué au scénario de découpe de viande sélectionné, avec l'intégration des 3 robots dans la boucle de commande.

Conclusion

En conclusion, même si les concepts mis au point restent encore à un stade de faisabilité technologique et qu'une phase plus approfondie d'intégration industrielle sera nécessaire, les résultats des travaux du projet ANR-ARMS annoncent de nombreuses perspectives d'applications pour l'automatisation d'opérations unitaires de découpe nécessitant le couplage d'opérations de traction et de séparations de muscles. Les différentes briques technologiques (dispositif de perception active, modèle de déformation de muscles, algorithmes de commande robotique multi-bras par couplage vision/force) devraient pouvoir être transposables à beaucoup d'autres applications robotiques de découpe.

Références bibliographiques

[1] Alric, M. et al., 2014. EWDOM - Innorobo, Session I, paper 1, 20th March, Lyon, [2] Park, Y., Ait Aider, O., 2014. EWDOM - Innorobo, Session III, paper 1, 20th March, Lyon, France, [3] Essahbi, N., Bouzgarrou, B.C., & Gogu, G., 2012. Applied Mechanics and Materials, 162, 184-193, [4] Long, P., Khalil, W., & Martinet, P., 2014. IEEE/RSJ IROS, 14-18th Sept., Chicago.

JAMBONS SECS A TENEURS REDUITES EN SEL : MINIMISER LES RISQUES DE PROTEOLYSE PAR L'AMENAGEMENT DES PROCEDES ET PAR LA FORMULATION

PARAFITA E. (1), LEBERT A. (2), MIRADE P.S (3)

(1) ADIV, 10 RUE JACQUELINE AURIOL, F-63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX 2
(2) INSTITUT PASCAL, CAMPUS DES CEZEAUX, F-63170 AUBIERE
(3) INRA, UNITE QUAPA, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE

emilie.parafita@adiv.fr

Abstract: Dry ham with low salt level: reducing proteolysis risks by processing and formulation
The reduction of salt content in cured meat products is an important and hazardous issue as salt plays a key role. The reduction of NaCl content in dry ham intensifies enzymatic proteolysis which may lead to unpleasant flavor, pasty texture and therefore, damages cutting quality and consumer acceptability. This work was aimed at manufacturing dry hams with a reduced salt level by either reducing the salting step time or by partially substituing NaCl by KCl. A mathematical model which can predict proteolysis evolution, was used to establish the additional cold tempering step time necessary to prevent risks of excessive proteolysis. After seven months of manufacturing, the mean water activity of hams whose salt content was reduced by about 22%, was slightly higher than aw of the control (0.93 vs 0.91). A reduction of NaCl of 18% obtained by partial substitution with KCl resulted in an aw slightly lower than that of the control.

Introduction

La réduction du taux de NaCl dans les charcuteries sèches est un enjeu nutritionnel important mais risqué car le sel, outre son impact évident sur le goût, remplit des fonctions technologiques et sanitaires importantes. Ainsi, sa réduction dans le jambon sec intensifie la protéolyse enzymatique augmentant le risque d'obtenir une saveur désagréable, une texture pâteuse et donc, d'affecter des qualités de coupe et l'acceptabilité par les consommateurs. L'activité protéolytique augmente avec la température mais diminue avec la baisse de l'activité de l'eau (aw) dont la cinétique dépend de l'évolution des teneurs en sel et en eau dans le produit.
Une homogénéisation de la teneur en sel à basse température après la période de salage, ou repos froid, permet une diminution suffisante de l'aw à cœur du produit pour éviter une protéolyse excessive lors de la phase d'étuvage. Les conditions de fabrication sont propres à chaque atelier. Aussi, les essais de réduction de la teneur en NaCl sont difficiles à mener par les industriels du fait que la durée de fabrication du jambon sec dure plusieurs mois.
Nos essais avaient pour objectif de mettre en place, sur site industriel, des fabrications de jambons secs supérieurs à teneurs réduites en NaCl soit par réduction soit par substitution. Dans le premier cas un modèle de prédiction des transferts d'eau et de sel et de l'évolution de la protéolyse (Harkous et al ; 2014 ; Safa et al., 2014) a été utilisé pour conforter les paramètres des choix technologiques retenus dans le cadre de ces essais et définir le temps de repos supplémentaire nécessaire pour prévenir une protéolyse excessive.

Matériel et méthodes

Les essais ont été menés sur 160 jambons de porc issus du même lot d'abattage avec un poids moyen de 9,820kg ± 0,22 et un pH moyen de 5,79±0,12. Les fabrications ont été réalisées sur un site industriel pratiquant un salage en deux étapes en apport limité. Dans le cas d'une réduction de teneur en NaCl par la diminution du temps de salage, ce dernier était égal : soit à 3/4 (tsal1) soit à 2/3 (tsal2) du temps de salage habituel. Pour chaque durée de salage, un repos d'une durée classique et un repos allongé ont été testés. Dans le cas d'une réduction par incorporation de KCl en substitution du NaCl, deux niveaux (KCl1 et KCl2) ont été évalués pour une réduction maximale en NaCl visée de l'ordre de 25%.
A chaque étape de fabrication (fin de salage, fin de repos et après 5, 7 et 9 mois de fabrication), trois jambons de chaque essai ont été désossés. Des analyses chimiques (teneurs en ions sodium et potassium) et physicochimiques (Activité de l'eau (aw) et pH) ont été réalisées sur le Semimembraneux (SM) et sur la partie profonde du jambon au niveau du muscle Biceps femoris (BF), zone réputée sensible à la protéolyse. Ces analyses ont été complétées par des analyses de texture (méthode TPA, Texturomètre TaTX2) et des analyses sensorielles (jury de 12 experts) réalisées sur des tranches entières à 9 mois de fabrication.

Résultats

Les essais ont permis de diminuer le taux de NaCl jusqu'à 22% par réduction et jusqu'à 18% par substitution après 7 mois de fabrication comparativement à un témoin salé à 5,12%.
Aw en fin de repos et risque de protéolyse excessive : Les temps de repos supplémentaires, définis par le modèle pour les essais tsal1 et tsal2, ont permis d'atteindre un niveau d'aw équivalent à celui du témoin en fin de repos ce qui signifie l'obtention potentielle d'un niveau de protéolyse, donc d'une texture, équivalent au témoin (Figure 1). Les deux niveaux de substitution partielle du NaCl par du KCl ont également permis d'atteindre des aw très proches de l'aw du témoin en fin de repos dans les zones profondes (Biceps femoris) du jambon.

Impact d'une réduction de la teneur en sel et d'une substitution par KCl sur le goût et la texture des jambons en fin de fabrication : Les analyses rhéologiques ont mis en évidence une texture plus molle pour les jambons tsal1 et tsal2 sans allongement du temps de repos. Ce constat a aussi été établi sur les jambons tsal2, même avec un temps de repos allongé. Cependant, le jury d'experts n'a détecté de défaut de goût ou de texture pour aucun des jambons de tous les essais.

Impact de la réduction et de la substitution en sel sur les risques microbiologiques : Après sept mois de fabrication, les jambons tsal1 et tsal2, présentent une aw supérieure à l'aw du témoin (Tableau 1) et supérieure (0,93 en surface et à cœur) à la condition limite de croissance de *Listeria monocytogenes,* à savoir 0,92. Par contre, la substitution partielle du NaCl par du KCl permet d'atteindre des aw légèrement inférieures (de l'ordre de 0,91 à cœur du produit). Ce constat s'établit même pour le niveau de substitution le plus élevé qui a permis d'atteindre une réduction en NaCl de 18% .

Figure 1 : Evolution de l'aw en sortie de repos (cas d'une réduction en NaCl)

Aw jambon	Sortie 7 mois Muscle SM	Sortie 7 mois Muscle BF	Réduction moyenne en NaCl
Témoin	0,918	0,917	-
tsal1	0,930	0,930	-20%
tsal2	0,930	0,931	-22%
KCl1	0,912	0,910	-11%
KCl2	0,912	0,911	-22%

Tableau 1 : aw des jambons après 7 mois de fabrication

Discussion

Le modèle de prédiction de l'évolution de la protéolyse a permis d'établir le temps de repos supplémentaire nécessaire pour obtenir une réduction d'aw en mesure de limiter les risques d'une protéolyse excessive dans les zones profondes de jambons secs à teneurs réduites en sel. Ainsi, la maîtrise d'un simulateur capable de prédire l'évolution de la protéolyse en fonction de la quantité de sel incorporée et des conditions de température, ventilation et hygrométrie subies par le produit, permettra d'orienter le procédé de fabrication (durées et température des différentes phases), notamment la durée du repos, pour limiter la protéolyse et donc les défauts de texture du jambon sec. Néanmoins, après sept mois de fabrication, l'aw des produits dont la teneur en sel a été réduite de 22% environ sans substitution, est supérieure à l'aw du témoin (0,93 vs 0.91) et ne constitue pas les conditions limites de croissance de *Listeria monocytogenes*. Par contre, la réduction de la teneur en NaCl obtenue par substitution partielle avec du KCl permet d'atteindre des aw à 7 mois équivalentes et même inférieures au témoin. Outre les effets sur l'intensité de la protéolyse et donc sur la texture, il est important de tenir compte de l'incidence sanitaire d'une réduction en sel sur les jambons secs notamment dans le cas de produits prétranchés.

Conclusion

Ces résultats valident une démarche, alliant calculs de simulation et expérimentation, qui permet d'apporter des solutions aux professionnels souhaitant diminuer la teneur en sel dans leurs jambons secs, avec un minimum de risques et d'expérimentations. L'utilisation du modèle de prédiction de la protéolyse a permis ainsi de définir le temps de repos supplémentaire nécessaire pour atteindre une aw suffisamment basse avant étuvage et éviter ainsi les risques de protéolyse à cœur du jambon. Cette démarche pourra également être utilisée afin de mieux maîtriser l'homogénéité de salage et optimiser la vitesse de salage des jambons.

Références bibliographiques

Safa, H., Gatellier, P., Lebert, A., Mirade, P.S. (2014). Food Chemistry, 151, 7-14.

Harkouss, R., Chevarin, C., Daudin, J. D., Mirade, P. S. (2014). 13th International Conference on Modeling and Applied Simulation, MAS 2014, (pp. 1-6). September, Bordeaux, France

Ce travail a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du projet ANR-09-ALIA-013-01 "Na-". Il a été mené dans le cadre de l'UMT 11-02 APROCEL.

ÉVALUATION DE L'IMPACT DE MELANGES DE SUBSTITUTS DU NaCl SUR LE BŒUF BOURGUIGNON APPERTISE

LUCAN A.

CTCPA AUCH, Z.A. DU MOULIOT, 2 ALLEE DOMINIQUE SERRES, 32000 AUCH

ALUCAN@ctcpa.org

Abstract: Evaluation of the impact of mixed salt substitutes on beef-based canned ready-meals
Excess NaCl intake is a public health concern affecting manufacturers of canned ready-meals. Thus, the potential use of commercially available NaCl substitutes in such meat products was investigated. The experiments started with applications on sauces, then the results were applied to cooked meat in retorted prepared meals. The best opportunities of salt substitute combinations were selected for this paper. They allowed reducing the salt content by at least 40% in the case of "boeuf bourguignon" (beef in red wine gravy). Specific application of a non-bitter KCl allowed a NaCl reduction of 60%. Our results confirmed the strong technological and organoleptic interest of NaCl substitutes and suggest considering further possible salt reduction using the not bitter KCl

Introduction

L'excès de consommation de NaCl est un problème de santé publique dont les autorités publiques se sont saisies depuis le début des années 2000. Pour répondre à la demande des consommateurs, les industriels de la filière « plats cuisinés appertisés » ont demandé d'évaluer les potentialités d'emploi des substituts du NaCl. Cette étude a commencé par des applications sur les sauces et les résultats ont été ensuite appliqués sur deux plats cuisinés appertisés à base de viande : les saucisses aux lentilles et le bœuf bourguignon. Cet article présente les possibilités optimales d'emploi des substituts du NaCl en mélange permettant une réduction de la teneur en NaCl au moins égale à 40% dans le bœuf bourguignon appertisé.

Matériel et méthodes

Le choix des plats cuisinés à mettre en œuvre, des recettes et process (cubage et barattage des viandes avec la saumure, repos 12 H à 3°C, préparation des pommes de terre et de la sauce, emboîtage et jutage à chaud, sertissage puis stérilisation 2H à 115°C pour obtenir une Valeur Stérilisatrice de 5-6 minutes à cœur de la viande) ont été définis à partir d'une enquête auprès des industriels. Les essais d'optimisation ont été sélectionnés à partir des résultats des étapes antérieures et 4 modalités ont été mises en œuvre en phase finale du projet :

- 3 modalités de mélanges pour réduire la teneur en NaCl de 40% : -15% obtenus avec du KCl associé à -25% obtenus avec 3 substituts différents : extrait de levures (B), concentré de légumes (V) et un substitut minéral issu du lait (L) ; Le codage des modalités est ainsi : X25K15, avec X = code substitut V, B ou L
- 1 modalité simple : KCl non amer en compensation 1/1 pour réduire la teneur en NaCl de 60% (code Kna60).

Les évaluations des essais lors de ces différentes phases du process (après barattage et en fin process) ont été réalisées via des analyses physicochimiques et sensorielles : pH, rendement défini par rapport au poids de viande initialement mis en oeuvre, texture instrumentale (test de double compression avec un texturomètre TAXT-plus® selon les recommandations de Honikel (1998)), analyses sensorielles via un jury de professionnels (3 entreprises, 16 dégustateurs), un jury de 100 consommateurs (test hédonique) et un jury de 9 experts (profil sensoriel) ciblées sur les caractéristiques de goût, dont la saveur salée, et la texture de la viande.

Résultats

Une diminution significative de 0,2 unités pH a été observée lors du barattage avec le KCl non amer et le mélange KCl + L. Deux mélanges de substituts ont eu un impact significatif sur le rendement des viandes à teneur réduite en NaCl par rapport à celui du témoin : il tend à diminuer lors de l'emploi des substituts V (-5%) et B (-10%) associés au KCl par rapport au rendement obtenu avec le témoin. Bien que ces tendances valident des résultats obtenus sur d'autres matrices, ces résultats devront être validés en conditions industrielles compte tenu de leur impact économique potentiel et le manque suffisant de répétitions réalisées lors de cette phase de l'étude.

Les dégustations par les industriels ont montré que la teneur en NaCl de la viande (appréciation de la saveur salée) est jugée suffisante pour le plat témoin pour l'ensemble des dégustateurs. Elle est jugée insuffisante pour 23% des dégustateurs pour les plats avec les mélanges de substituts et pour 27% des dégustateurs pour le plat avec le KCl non amer en substitution à -60% NaCl. L'intensité de la saveur salée (échelle 1 à 5) est la plus importante pour le témoin et diminue pour les plats avec substituts d'environ 0,6 point avec V25K15 à 1,1 point pour le KCl non amer. La perception d'amertume reste très limitée, elle est répertoriée par un seul dégustateur pour les plats avec le KCl non amer et V25K15, et par 2 dégustateurs avec le mélange B25K15. La texture de la viande ne présente pas de défauts jugés inacceptables, elle est néanmoins perçue trop dure ou trop sèche pour les mélanges B25K15 et L25K15 par 12% des dégustateurs. Concernant la couleur de la viande, 6% des dégustateurs trouvent un défaut de couleur inacceptable dans les plats avec le KCl non amer et les mélanges V25K15 et L25K15.

Dans le cas des dégustations par les consommateurs (test hédonique sur une échelle de 0 à 10), le goût de la viande du témoin obtient une note moyenne plus élevée que celle des autres références. Par ailleurs, la note moyenne obtenue avec le mélange B25K15 est supérieure à celle obtenue par le mélange L25K15. Le KCl non amer et V25K15 occupent une position intermédiaire entre ces deux produits, pour lesquels elles ne diffèrent pas significativement (figure 1). Globalement le nombre de personnes satisfaites du goût de la viande (note > 5) est supérieur à celui des personnes insatisfaites (note ≤ 5) pour toutes les références. Néanmoins le nombre de personnes satisfaites est toujours plus important et celui des personnes insatisfaites le moins important, pour le témoin, que pour toutes les autres recettes..
Enfin le profil sensoriel n'a pas mis en avant de différence significative d'intensité de la saveur salée mais uniquement une différence d'intensité du goût de la viande jugée plus intense chez le témoin et l'échantillon avec le KCl non amer par rapport à l'échantillon L25K15, les deux autres échantillons étant en position intermédiaire.

Figure 1 : Moyennes et écart-types des notes des consommateurs concernant le critère goût de la viande

Discussion

Les présents résultats sont principalement axés sur la viande du plat cuisiné (approche réduite des essais réalisés) et les conclusions présentées ne révèlent que des tendances avérées que la profession pourra prendre en compte. Ainsi le pH peut être affecté par l'emploi spécifique de certains substituts. Mais les modifications engendrées restent très faibles et n'impacteront que peu le comportement des viandes sauf si la matière première a déjà un pH spécifiquement très élevé ou très bas. Pour les rendements, l'impact révélé induira nécessairement un suivi pour les professionnels compte tenu de son impact économique. Concernant l'évaluation instrumentale de la texture, les résultats montrent quelques différences significatives mais peu corrélées avec la perception des dégustateurs ; néanmoins cette technique reste un indicateur pertinent, rapide et peu coûteux pour évaluer un impact potentiel des substitutions réalisées et pour cibler les critères spécifiques d'intérêt dans le cas d'évaluation sensorielle, étape finale indispensable pour évaluer les plats élaborés. En termes d'évaluation sensorielle, l'acceptabilité des plats fabriqués reste très correcte au regard des fortes diminutions de teneur en NaCl obtenues (-40 et -60%). L'acceptabilité et les préférences des consommateurs et des professionnels ne sont toutefois pas uniquement reliées à la perception de la saveur salée même si la corrélation reste forte : l'apport d'une fonction complémentaire (exhausteur de goût, note aromatique) est un autre axe de compensation organoleptique de la réduction de la saveur salée. La phase finale de mise au point d'une recette à teneur réduite en NaCl nécessite très probablement une phase complémentaire permettant de jouer sur les composantes aromatiques de la recette initiale pour augmenter l'acceptabilité globale du plat. La réalisation de fabrication de plats à teneur réduite en NaCl doit passer par une phase de reformulation complète des recettes en gardant à l'esprit qu'une recette avec substituts sera toujours différente de la recette initiale.

Conclusion

La phase finale de notre étude, visant une réduction de 40 à 60% de la teneur en NaCl d'un plat cuisiné complexe, a permis de valider les résultats observés lors de réductions moins marquées, compensées par l'emploi d'un substitut. Les analyses de texture montrent des impacts limités sur la fermeté de la viande et bien que les corrélations avec la perception sensorielle soient faibles, ces observations s'avèrent pertinentes. Pour l'acceptabilité des produits, les résultats sont encourageants, compte tenu des réductions importantes réalisés. Si la perception de la saveur salée et l'acceptabilité des plats à teneur en NaCl est moindre que celle des témoins, elle reste suffisante.

Références bibliographiques

Batenburg, M., Van Der Velden, R., 2011. Saltiness enhancement by savory aroma compounds.Journal Food Sci., 76, S280-S288.
Lawrence, G., Salles , C., Palicki, O., Septier, C.,Bush, J., Thomas-Danguin, T., 2011. Using cross-modal interactions to counterbalance salt reduction in solid foods. Int. Dairy J., 21(3), 103-110.
Desmond, E. ,2006. Reducing salt: a challenge for the meat industry. Meat Sci., 74, 188-196.

EFFET DE LA REDUCTION EN CHLORURE DE SODIUM ET EN GRAS SUR LA PROTEOLYSE ET LA TEXTURE DE SAUCISSONS SECS

SAFA H. (1), GATELLIER P. (1), PICGIRARD L. (2), MIRADE P.S. (1)

(1) INRA, UR370 QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE
(2) ADIV, 10 RUE JACQUELINE AURIOL, F-63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX 02

hassan.safa@clermont.inra.fr

Abstract

Effect of reducing sodium chloride and fat content on the proteolysis and texture of dry-fermented sausages

Although dry-fermented sausage is an important source of proteins, vitamins and minerals, this product presents some negative aspects. It is rich in saturated fatty acids and in sodium chloride (NaCl) (2.8-5%) which are strongly associated with human health problems like obesity and high blood pressure. Reducing salt and fat content in dry-fermented sausages can affect proteolysis, weight loss and then some textural parameters (hardness, cohesiveness…). This work was aimed at quantifying the effect of fat and NaCl content on the evolution of weight loss, proteolysis and texture of dry-fermented sausages manufactured according to various formulations.

Key words: Dry-fermented sausages, Sodium Chloride, Fat, Weight loss, Proteolysis, Hardness, Cohesiveness.

Introduction

Une réduction du taux de sel et du gras lors de la fabrication de saucissons secs peut se traduire par des problèmes de texture, pouvant aboutir à l'inacceptabilité du produit par le consommateur (Corral et al., 2013; Muguerza et al., 2002). La texture d'un saucisson sec est liée à la protéolyse et à la perte en eau lors du séchage. La présente étude vise à étudier la perte en poids, à quantifier la protéolyse et à analyser la texture de saucissons secs fabriqués selon différentes formulations correspondant à différentes teneurs en chlorure de sodium et en gras. L'objectif est de savoir jusqu'à quel point il est possible de réduire les teneurs en sel et en gras dans le saucisson sec afin d'améliorer sa qualité nutritionnelle, sans trop affecter la texture de ce produit.

Matériel et méthodes

Préparation des échantillons. Quatre types de saucissons secs ont été fabriqués selon différentes teneurs en NaCl et en matière grasse animale (MG) : Control (MG : 21% MT* et NaCl : 2,8% MT), LS (-15% NaCl), LF (-45% MG) et LFS (-45% MG et -30% NaCl). Chaque fabrication a été répétée trois fois. L'étuvage a été réalisé pendant 3 jours, à 24°C et 75% d'humidité relative (HR) et le séchage, pendant les 26 jours suivants, à 13°C et 70% d'HR.

Perte en poids. La perte en poids a été déterminée par simple pesée des saucissons secs pendant les 29 jours du procédé.

Dosage de la protéolyse. La quantification de la protéolyse a été déterminée au moyen d'un indice (IP) en utilisant une technique de dosage par fluorescence mise au point au laboratoire (Harkouss et al., 2012). L'IP correspond au rapport du taux d'acides aminés et de peptides libres sur le taux de protéines totales.

Paramètres de texture. A température ambiante, la dureté et la cohésion des produits prelevés au 29ème jour ont été mesurées au moyen d'un texturomètre (TA.XT Plus, Stable MicroSystem Ltd, Surrey, Angleterre) et du logiciel Exponent®. Deux compressions successives, à 50% de l'épaisseur initiale, sur la même zone de l'échantillon, ont été effectuées avec un outil ayant un diamètre de 490 mm^2, se déplaçant à la vitesse de 1 mm/s. Chaque mesure correspond à la moyenne de 6 répétitions effectuées sur des parallélépipèdes prélevés dans des saucissons secs, ayant pour dimensions 5 cm × 3 cm × 2 cm.

Etude statistique. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel 'Statistica'. Une analyse de variance (ANOVA) a été effectuée sur l'ensemble des données issues des différentes cinétiques. Le but était d'étudier et de quantifier l'effet de chacun des facteurs étudiés, ainsi que leur significativité respective.

*MT : Matière totale

Résultats

La Figure 1 représente l'évolution de la protéolyse lors de la fabrication des quatre types de saucissons. Ces cinétiques de protéolyse permettent, d'une part, de montrer l'effet de la réduction en matière grasse, et d'autre part, de visualiser l'effet du salage sur les évolutions protéolytiques. L'évolution de la protéolyse au cours du temps peut être représentée selon une fonction polynomiale d'ordre 2. Les courbes (–●–) et (–■–) de cette figure permettent de montrer l'effet du sel. Ces courbes correspondent à des cinétiques pour des saucissons ayant la même teneur en matière grasse (21% MT), mais ayant été salés différemment : teneurs en sel de 2,8% MT et 2,4% MT, respectivement. L'analyse de ces courbes montre que le sel exerce un effet inhibiteur sur l'activité des enzymes protéolytiques, ce qui conduit à freiner la protéolyse ($p < 0,05$). Ensuite, les courbes (–●–) et (–♦–) montrent l'effet de la réduction en MG sur l'activité des enzymes protéolytiques. En effet, ces deux courbes correspondent à des cinétiques de protéolyse, pour des saucissons ayant la même teneur en NaCl (2,8% MT), mais ayant des teneurs différentes en matière grasse : 21% MT pour la courbe (–●–) et 11,6% MT pour la courbe (–■–). La comparaison de ces différentes courbes montre que la réduction en matière grasse aboutit à des valeurs d'IP plus élevées ($p < 0,05$). Finalement, une réduction combinée (–▲–) conduit à des valeurs d'IP encore plus élevées ($p < 0,05$).

Le Tableau 1 montre l'effet de la réduction en matière grasse et en sel sur la perte en poids, la protéolyse et la texture des saucissons secs. La réduction du taux de NaCl n'a aucun effet sur la perte en poids, ni sur la dureté du produit. En revanche, le sel affecte le niveau de la protéolyse et la cohésion des produits obtenus. Ce tableau montre également que la réduction de la teneur en matière grasse aboutit à une perte en eau et à une dureté accrues par rapport aux saucissons correspondant à la fabrication « contrôle » ($p < 0,05$.)

Figure 1 Effet de la réduction en sel et en gras sur l'évolution protéolytique dans des saucissons secs

Tableau 1 Effet de la réduction en sel et en gras sur la perte en poids, l'indice de protéolyse et la texture de saucissons secs

	Perte en poids (%)	IP(%)	Dureté (N)	Cohésion
Control	-18,6[a]	4,3[a]	59,2[a]	0,559[a]
LS	-18,9[a]	4,6[c]	61,5[ab]	0,536[ab]
LF	-21,0[b]	4,5[b]	64,3[b]	0,546[a]
LSF	-21,6[b]	5,5[d]	64,2[b]	0,505[c]
Dans les colonnes, les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (5%) selon le test de Fisher				

Discussion

Dès le premier jour d'étuvage, l'activité protéolytique est déjà visible, ce qui est tout à fait logique car, à une température d'environ 24°C, les enzymes protéolytiques sont fortement actives. A partir du 7ème jour, cette activité est ralentie. Cela peut être expliqué par le fait que l'acidification lactique aboutit à un pH non optimal pour les enzymes protéolytiques. La diminution de l'indice de protéolyse au-delà de 21 jours est probablement liée à un problème de mesure due à l'oxydation des acides aminés, entraînant la formation de pontages entre acides aminés et acides gras ou d'amines biogènes ; la décarboxylation modifie le pKa des acides aminés qui n'est plus le même que celui de la sonde. En plus, l'effet inhibiteur du sel et l'effet de la réduction du gras sur la protéolyse peuvent être expliqués par le fait que la réduction du sel et du gras aboutit à des a_w plus importantes, ce paramètre physico-chimique conditionnant le déroulement des réactions biologiques, et donc la protéolyse. De plus, les résultats de la présente étude sont en accord avec les résultats de Corral et al. (2013) montrant que la réduction du taux de NaCl n'avait aucun effet sur la perte en poids, ni sur la dureté du produit, mais qu'elle affectait le niveau de protéolyse, ainsi que la cohésion des saucissons. L'étude a montré aussi que la réduction de la teneur en matière grasse aboutissait à une perte en eau et à une dureté plus élevées ($p < 0,05$), confirmant ainsi les résultats précédemment obtenus par Liaros et al. (2009). Il est donc possible de dire que la dureté peut être directement reliée à la perte en poids, indirectement à la teneur en matière grasse et n'est pas influencée par l'intensité de la protéolyse. En revanche, la cohésion du saucisson est directement influencée par l'intensité de la protéolyse, et donc indirectement par la teneur en sel.

Conclusion

Lors de la fabrication de saucissons secs, toute modification des teneurs en sel et en matière grasse animale affecte les évolutions de la protéolyse et les propriétés texturales des produits. En effet, les évolutions protéolytiques sont fortement inhibées par l'ajout d'une forte quantité de chlorure de sodium et favorisées par la réduction de la teneur en matière grasse. De plus, les résultats ont montré que la dureté finale pouvait être reliée directement à la perte en poids et indirectement à la teneur en matière grasse et n'était pas influencée par la protéolyse, à la différence de la cohésion du produit.

Références bibliographiques

Corral S., Salvador A., Flores M. 2013. Meat Sci., 93, 776-785.
Harkouss R., Mirade P. S., Gatellier P. 2012. Meat Sci., 92, 84-88.
Liaros N. G., Katsanidis E., Bloukas J. G. 2009. Meat Sci., 83, 589-598.
Muguerza E., Fista G., Ansorena D., Astiasaran I., Bloukas J. G. 2002. Meat Sci., 61, 397-404.

The research leading to these results has received funding from the European Union Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement n° 289397 (TeRiFiQ project).

COMPORTEMENT DES GERMES SPORULES AEROBIES (BACILLUS) DANS LE CHORIZO - IMPACT DE LA REDUCTION DE LA TENEUR EN SEL EN PRESENCE ET EN ABSENCE DE SUBSTITUTS

CHRISTIEANS S. (1), DENIS C. (2), HANIN A. (2), STAHL V. (3)

(1) ADIV, CLERMONT-FERRAND, FRANCE
(2) ACTALIA SECURITE DES ALIMENTS, VILLERS-BOCAGE, FRANCE
(3) AÉRIAL, ILLKIRCH, FRANCE

souad.christieans@adiv.fr

Abstract: Behaviour of sporulated aerobic bacilli in chorizo – impact of NaCl level and KCL substitution
Aerobic sporulated bacilli represent an important flora in the fermented sausage chorizo. The physicochemical characteristics that occur during fermentation and drying process of chorizo (low pH, low aw) do not allow the germination and growth of Bacilli. However the actual trend to reduce the salt content in food products could have an impact on the behavior of sporulated bacteria during the manufacturing process. The aims of this study were to quantify and describe the biodiversity of sporulated aerobic flora in chorizo and to assess the impact of different salt contents on the behavior of the dominant species. Spices, fresh meat, fermented sausage after drying and chorizo at the end of the shelf life were supplied by four industrial companies. One-hundred eighty strains were isolated and characterized by M13 PCR and representative strains were identified by 16S rDNA sequencing. The dominant species were *Bacillus subtilis/amyloliquefasciens*, *B. pumilus*, and *B licheniformis*. Challenge-tests performed show that NaCl reduction resulted in an increase in the aw value which makes the product less unfavorable to the spores and facilitates germination.

Introduction

Dans la filière des produits de charcuterie sèche, les bactéries sporulées sont généralement apportées par les ingrédients tels que les épices, par des herbes aromatiques ou par des fruits secs (raisins, noix, noisettes…) qui rentrent dans la recette de fabrication. Pour cette étude, le choix s'est porté sur le chorizo, contenant des épices et piments, sources potentielles de contamination en bactéries et spores bactériennes. La technique de fabrication française diffère de la technique originale espagnole avec pour objectif d'adapter le goût du chorizo aux consommateurs français, notamment par l'incorporation de paprika doux dans l'assaisonnement pour obtenir une coloration plus attrayante, et par l'emploi de doses d'épices moins importantes ou moins relevées. La prévalence, la biodiversité des bactéries aérobies sporulées et leur comportement dans ce type de produit sont mal connues. Cependant, les professionnels sont confrontés à une contamination par les « Bacillus » de plus en plus fréquente. En effet, actuellement, les industriels misent sur un respect des qualités sensorielles de l'aliment grâce à une cuisson modérée, une réduction des doses de sels, d'acides organiques, d'additifs…etc. Les procédés classiques de maîtrise des bactéries sporulées devenant moins efficaces, celles-ci sont de plus en plus fréquemment identifiées comme responsables d'altérations de nombreuses denrées alimentaires. Les modifications des recettes, notamment la diminution des doses de sels appliquées par les industriels au cours des trois dernières années semblent coïncider avec le début de l'émergence des bactéries sporulées. C'est dans ce contexte que s'incrit l'objectif de cette étude qui a visé à évaluer la biodiversité des bactéries aérobies sporulées dans le chorizo et à déterminer l'impact de la réduction de la teneur en NaCl sur le comportement de ce groupe bactérien.

Matériel et méthodes

Dans un premier temps, la quantification et la biodiversité de la flore aérobie sporulée présente dans le chorizo ont été évaluées sur les épices, les viandes fraîches, les chorizos après séchage et à la fin de la durée de vie. Les produits ont été échantillonnés auprès de 4 entreprises industrielles (trois lots par entreprise).La quantification a été effectuée par numération sur PCA à 30°C pour la flore aérobie mésophile et sur gélose TSA supplémentée en extrait de levure (2,5g/l) et amidon (2g/l) à 30°C pour la flore sporulée aérobie après traitement thermique de l'échantillon à 80°C pendant 10 minutes. *Bacillus cereus* a été dénombré sur gélose Mossel. La biodiversité des colonies isolées a été effectuée par méthodes moléculaires (PCR M13) et par séquençage de l'ADNr 16S.
Dans un second temps, des challenge-tests-tests (NF V01-009) ont été effectués avec un cocktail des deux espèces majoritaires (*B. pumilus* et *B subtilis*) dans différentes recettes de chorizo avec des épices non contaminés et selon différentes teneurs en NaCl (20 à 28g/kg de mêlée). La plus faible réduction en NaCl (20g/kg) a été testée seule et en présence de Kcl en tant que substitut. La contamination artificielle avec des spores (3 log spores / g) a été effectuée dans la viande fraîche, puis les produits fabriqués ont été suivis au cours de la fermentation (22/24 °C), du séchage (13 °C) et pendant la conservation à 18 °C. Les suivis ont été effectués à différents stades et ont concerné la microbiologie (flore aérobie sporulée et la flore technologique) et la physico-chimie (pH, aw, perte de poids).

Résultats

Cette étude montre que la flore sporulée aérobie est présente à un niveau important dans le chorizo (3,6 à 5 logUFC/g) et que l'origine de cette contamination est liée aux épices et piments dans lesquels on observe 4,5 à 5,8 logUFC/g de

flore sporulée aérobie (figure 1). Cette population reste stable pendant le séchage et tout au long de la conservation du chorizo. Les caractéristiques physico-chimiques des produits après séchage (pH 4,9 et aw variant de 0,82 à 0,86 pour les petits calibres, de 0,88 à 0,92 pour les gros calibres) ne permettent pas aux espèces de *Bacillus* de se développer même à 20°C. La biodiversité est relativement importante dans le chorizo et ses ingrédients avec 16 groupes phylogénétiques identifiés par PCR M13 et 2 espèces dominantes, *Bacillus subtilis/amyloliquefaciens* et *B. pumilus/safensis*. D'autres espèces ont également été identifiées : *B. licheniformis/sonorensis*, *B. atrophaeus* et *B. clausii*.
Les challenge-tests ont mis en évidence l'impact du NaCl sur l'évolution de l'activité de l'eau et sur une potentielle germination des spores. En effet, l'activité de l'eau augmente avec la diminution des doses de sel (0.88 pour le témoin avec 28g/kg en NaCl contre 0.91 pour l'essai le plus réduit avec 20g/kg de NaCl), rendant le milieu plus favorable au développement des microorganismes. Ainsi, pour la flore sporulée apportée à 3,5 log spores/g, la diminution de la dose de sel de 14% et de 28% a entrainé un taux de germination des spores légèrement plus élevé que pour l'essai témoin. L'apport du KCl dans les produits à teneur très réduite en NaCl (-28%) semble jouer un rôle en réduisant la germination des spores et aboutissant à des résultats proches du témoin avec 28g/kg de NaCl. Ce rôle peut être attribué au potassium dans la mesure où le nombre d'ions chlores était identique entre les essais. Néanmoins, il faut souligner que le procédé de fabrication du chorizo français ne permet pas d'éliminer les spores et contrairement aux cellules végétatives, le rôle du NaCl n'a pas d'effet bactéricide à l'égard de ce groupe bactérien.

Figure 1 : Niveau de contamination en flore sporulée aérobie dans les épices et les chorizos (4 sites)

Figure 2: Biodiversité des Bacillus dans les épices et les chorizos

Conclusion

Cette étude démontre que la flore sporulée aérobie est présente à des niveaux élevés dans le chorizo (3,6 à 5 log UFC/g) et que cette contamination a pour origine les épices et le piment dans lesquels cette flore atteint 4,5 à 5,8 log UFC/g. Cette flore reste stable pendant le séchage et la conservation du produit fini. Les paramètres physico-chimiques du chorizo après séchage (pH 4,9 ; a_w 0,82-0,84 et 0,89-0,91 pour les chorizos de petit et grand diamètre, respectivement) ne permettent pas la croissance de *Bacillus*, même à 20°C. La biodiversité présente dans les chorizos et leurs ingrédients est variée même si 2 espèces prédominent : *Bacillus subtilis/amyloliquefaciens et Bacillus pumilus/safensis*.
Diminuer la concentration en NaCl de 14 à 28% provoque une augmentation du taux de germination des spores comparé au témoin du fait de l'augmentation d'aw qui en résulte. L'ajout de KCl dans les échantillons peu salés semble limiter la germination des spores.

STABILITÉ OXYDATIVE DES VIANDES BLANC BLEU BELGE CONDITIONNÉES SOUS ATMOSPHÈRE RICHE EN OXYGÈNE APRÈS MATURATION SOUS VIDE OU EN CARCASSE

IMAZAKI P. H.*, DOUNY C., SCIPPO M.-L., CLINQUART A.

UNIVERSITE DE LIEGE, DEPARTEMENT DE SCIENCES DES DENREES ALIMENTAIRES & FARAH, SART TILMAN B43BIS, 4000 LIEGE, BELGIQUE

PH.Imazaki@ulg.ac.be

Abstract : Oxidative stability of Belgian Blue meat packaged under high oxygen atmosphere after wet or carcass aging

The aim of this study was to evaluate the physico-chemical stability of Belgian Blue beef packaged under high-oxygen atmosphere as a function of a previous aging technique (wet-aging in vacuum conditions *vs.* carcass-aging). Two muscles (*longissimus dorsi vs. rectus femoris*) were studied. After a seven-day wet- or carcass-aging step, muscle cuts from 4 Belgian Blue cows were vacuum packaged and stored at −1 °C for up to 28 days. Each 14 days, part of these samples was repackaged under modified atmosphere (70 % O_2:30 % CO_2), and stored during 7 days at +4 °C. The following parameters were evaluated: color, metmyoglobin %, metmyoglobin reducing activity, fat content, fatty acid profile, lipid oxidation, antioxidant enzyme activities and alpha-tocopherol content. The sensitivity of modified atmosphere repacked meat cuts to oxidation was influenced by the conditions of the previous aging period (wet > carcass conditions), muscle (*rectus femoris* > *longissimus dorsi*) and length of the vacuum storage.

Introduction

Les deux approches utilisées pour la maturation de la viande bovine sont la maturation sous vide (MSV) et la maturation en carcasse (MEC). La MEC est l'approche traditionnelle qui est exploitée actuellement pour la maturation de pièces techniques afin de produire une viande caractérisée par sa qualité supérieure. De nos jours, l'approche industrielle repose souvent sur une maturation sous vide des pièces techniques, suivie d'un portionnage et d'un reconditionnement sous une atmosphère riche en O_2. Le secteur de la viande se plaint cependant de manière régulière d'une décoloration de la viande lorsqu'elle est reconditionnée sous une atmosphère riche en O_2.

La durée de conservation de la viande fraîche est principalement limitée par le développement de micro-organismes pathogènes ou altérants, et par l'oxydation des lipides et des pigments, provoquant des saveurs rances et une décoloration en surface. La viande contient des antioxydants et pro-oxydants endogènes, et peut utiliser plusieurs mécanismes cellulaires de protection contre les processus d'oxydation, y compris des enzymes antioxydantes telles que la catalase (CAT), la glutathion peroxydase (GSH-Px) et la superoxyde dismutase (SOD).

Dans ce contexte, cette étude a été menée afin d'évaluer l'effet potentiel de la technique de maturation (*wet vs carcass*), du muscle (contre-filet *vs* obus) et du temps de conservation préalable sous vide sur la stabilité physico-chimique de la viande lorsqu'elle est reconditionnée sous une atmosphère riche en oxygène.

Matériel et méthodes

Trois jours après l'abattage (J_3), quatre contre-filets (CF) – muscle *longissimus dorsi* – et quatre obus (OB) – muscle *rectus femoris* – ont été prélevés sur quatre demi-carcasses de vaches de réforme Blanc Bleu Belge (7,9 +/− 1,4 ans) issues d'un abattoir situé en Région wallonne (Belgique) et maturés pendant 7 jours (J_{10}) à une température de +1,5 °C. En parallèle, les quatre autres demi-carcasses des mêmes animaux ont été conservées telles quelles à la même température et pendant la même durée, avant le prélèvement des mêmes muscles. Après cette période de maturation (J_{10}), les viandes ont été découpées en tranches de 3 cm d'épaisseur, conditionnées sous vide (SV) et conservées à −1 °C pendant 28 jours (J_{38}). Des analyses ont été réalisées aux J_3, J_{10}, J_{24} et J_{38}. Tous les 14 jours, une partie des échantillons a été reconditionnée sous atmosphère modifiée (AM) – 70 % O_2:30 % CO_2 – et conservée à +4 °C pendant 7 jours. Des analyses ont été réalisées aux J_{10+7}, J_{24+7} et J_{38+7}.

Une mesure instrumentale de la couleur des échantillons dans l'espace C.I.E. L*a*b* a été réalisée 1,5 h après l'ouverture du conditionnement à l'aide d'un spectrophotomètre Minolta CM-600d (diamètre d'ouverture de 11 mm, illuminant D_{65}, 10° d'angle d'observation). La proportion de metmyoglobine (% MMb) a été calculée sur base d'une mesure de la réflectance en surface de la viande à différentes longueurs d'onde. Une mesure de la réflectance en surface de la viande avant et après oxydation de la myoglobine par du nitrite de sodium a permis d'estimer l'activité réductrice (MRA) sur base de l'évolution du pourcentage de metmyoglobine réduit par la viande. La teneur en matière grasses a été déterminée par la méthode de Soxhlet et le dosage des acides gras polyinsaturés (AGPI) a été effectué par GC-MS. L'oxydation des lipides a été évaluée par détermination spectrophotométrique des substances réactives à l'acide thiobarbiturique (TBARS) après extraction acide aqueuse. L'activité des trois enzymes antioxydantes, à savoir CAT, GSH-Px et SOD, a été évaluée par spectrophotométrie. Le dosage de l'alpha-tocophérol (vitamine E) a été réalisé par HPLC-PDA/Flu.

Résultats

Les valeurs de la chromaticité a* avant maturation (J_3) étaient de 20,48 +/− 1,89 et 22,43 +/− 1,68 respectivement pour les échantillons de CF et d'OB, et il n'y a pas eu de décoloration significative au cours du temps après maturation (J_{10}) et après 28 jours de conservation SV (J_{38}). Un effet du temps de conservation préalable SV a été observé pour les échantillons reconditionnés sous AM. Un effet de la technique de maturation a été observé pour les échantillons de CF reconditionnés sous AM à partir du 24e jour de conservation préalable SV (J_{24+7}), la MSV favorisant l'oxydation.

La % MMb avant maturation dans les échantillons de CF était de 0,15 +/− 3,35 %, et elle est restée stable après 7 jours de maturation, quelle que soit la technique, et 28 jours de conservation ultérieure SV (J_{38}). La % MMb initiale dans les échantillons d'OB était de 0,67 +/− 1,09 %. Après maturation et 28 jours de conservation SV, cette valeur a augmenté jusqu'à 9,30 +/− 2,36 % (MSV) et 14,12 +/− 8,91 % (MEC). Une fois que les échantillons ont été reconditionnés sous AM, un effet de la durée de la conservation préalable SV et de la technique de maturation a été observé. Après maturation, 28 jours de conservation SV et 7 jours de conservation sous AM, ce paramètre a augmenté jusqu'à 73,71 +/− 16,01 % (MSV) et 34,52 +/− 19,32 % (MEC) pour les CF ; et 85,47 +/− 2,22 % (MSV) et 77,16 +/− 5,56 % (MEC) pour les OB.

La MRA est restée stable dans les CF tout au long de la conservation SV, quel que soit le mode de maturation, ainsi que dans les OB maturés en carcasse. Une diminution de la MRA des OB maturés SV a été observée au cours du temps. Après conditionnement sous AM, les valeurs de MRA étaient toutes négatives pour les deux muscles et pour les deux techniques de maturation.

La teneur en matière grasse était de 2,0 +/− 0,8 % dans les échantillons de CF et de 1,3 +/− 0,3 % dans les échantillons d'OB. La proportion en AGPI était de 9,5 +/− 5,7 % dans les CF et de 20,3 +/− 4,3 % dans les OB.

Les teneurs en TBARS sont restées inférieures à 0,14 mg/kg dans les échantillons conditionnés SV pendant toute la période de conservation. Après reconditionnement sous AM, un effet du temps de conservation préalable SV a été observé pour les échantillons d'OB. Les échantillons d'OB analysés au J_{38+7} présentaient des teneurs en TBARS deux à trois fois plus élevées que ceux analysés au J_{10+7}.

En ce qui concerne l'activité des enzymes antioxydantes, aucun effet de la méthode de maturation n'a été observé. Seule l'activité de la CAT a été significativement différente entre les deux muscles (CF > OB). Une diminution de l'activité de ces enzymes a été observée après reconditionnement sous AM.

La teneur en vitamine E a été mesurée après maturation (J_{10}). Elle était de 2,22 +/− 0,63 et 2,78 +/− 0,33 µg/g pour les CF maturés respectivement SV et en carcasse, et de 4,42 +/− 1,21 et 4,11 +/− 0,76 µg/g pour les OB maturés respectivement SV et en carcasse.

Discussion

Stabilité de la myoglobine : dans cette étude, les échantillons de CF ont présenté une stabilité des pigments plus importante que les échantillons d'OB. Contrairement à d'autres études récentes (Dikeman *et al.*, 2013 ; Li *et al.*, 2014), dans les deux muscles, la maturation SV a été associée à une oxydation plus importante des pigments. La diminution plus importante de la MRA des OB maturés SV pourrait être liée à leur prédisposition plus importante à la décoloration. Les valeurs négatives de MRA mesurées sur les échantillons reconditionnés sous AM indiquent qu'il n'y a plus d'activité réductrice dans la viande après une semaine de conservation sous AM riche en oxygène.

Stabilité des lipides : en dépit de leur teneur en matières grasses supérieure, les échantillons de CF ont présenté une plus grande stabilité des lipides que les échantillons d'OB. Même si la proportion d'AGPI (ceux-ci étant particulièrement sensibles à l'oxydation) était plus élevée dans les échantillons d'obus, le taux absolu en AGPI n'était pas significativement supérieur à celui du CF. La teneur en vitamine E, composant liposoluble, n'est pas directement proportionnelle au contenu en matières grasses. Selon Jensen *et al.* (1998), cela peut être expliqué par deux caractéristiques de l'OB, à savoir une irrigation sanguine plus élevée, et donc un apport en vitamine E plus important, et par une teneur plus élevée en mitochondries où la vitamine E s'accumule préférentiellement. La technique de maturation n'a pas eu d'influence directe sur la stabilité de lipides.

En ce qui concerne l'activité des enzymes antioxydantes, seule l'activité de la CAT a été significativement différente entre les deux muscles, ce qui pourrait expliquer partiellement la prédisposition des OB à l'oxydation. Les deux techniques de maturation n'ont pas influencé l'activité des enzymes antioxydantes étudiées.

Conclusion

Cette étude a permis d'observer une influence du mode de maturation sur la sensibilité des viandes à l'oxydation : les viandes maturées sous vide se sont montrées plus sensibles que celles qui ont maturé en carcasse. Elle a également mis en évidence un effet du muscle puisque les contre-filets ont montré une stabilité supérieure à celle des obus. La durée de conservation préalable sous vide favorise les réactions ultérieures d'oxydation de la myoglobine et des lipides lorsque les échantillons sont reconditionnés sous atmosphère modifiée riche en oxygène. Dans le cas des contre-filets, une maturation en carcasse permettrait même d'augmenter la durée de vie commerciale globale de 14 jours.

Références bibliographiques

Dickeman M.E., Obuz E., Gök V., Akkaya L., Stroda S., 2013. Meat Sci., 94 : 228-233.
Jensen C., Lauridsen C., Bertelsen G., 1998. Trends Food Sci. Technol., 9 : 62-72.
Li X., Babol J., Bredie W.L.P., Nielsen B., Tománkován J., Lundström K., 2014. Meat Sci, 97 :433-442.

IMPACT DES HAUTES PRESSIONS SUR L'OXYDATION DES LIPIDES DE VIANDE DE PORC EN PRESENCE DE SEL ET DE NITRITE DE SODIUM

GUYON C. (1), DURANTON F. (1), POTTIER L. (1), DE LAMBALLERIE M. (1)

(1) ONIRIS GEPEA UMR CNRS6144, RUE DE LA GERAUDIERE, CS 82225, 44322 NANTES CEDEX 3

laurence.pottier@oniris-nantes.fr

Abstract: Impact of high pressure processing on pork meat lipid oxidation
This study investigated the impact of high pressure treatment in combination with technological ingredients (salt and sodium nitrite) on the oxidation of pork meat lipids. Hexanal served here as the indicator of lipid oxidation. The results show that salt (1.5 or 3%) and high pressure treatment (500 MPa, 6 min, 20 °C) led to an increase of hexanal concentration. Moreover there was an interaction between salt and high pressure leading to high hexanal concentrations and a low oxidative stability of the samples. Concerning sodium nitrite (50 or 100 mg/kg), the results suggest that this ingredient is essential to limit oxidation even with a high pressure treatment.

Introduction

L'effet pro-oxydant du sel est connu dans les matrices carnées (RHEE et al., 2001 ; GHEISARI et al., 2010). Cet effet semble provenir d'une combinaison de plusieurs phénomènes : le sel pourrait agir sur les membranes et favoriser l'accès des catalyseurs aux substrats lipidiques (RHEE et al., 2001), entraîner la libération du fer des protéines à hèmes comme la myoglobine (MIN et al., 2010), ou bien encore inhiber l'activité des enzymes anti-oxydantes (HERNANDEZ et al., 2002). La présence d'impuretés métalliques dans le sel pourrait également jouer sur l'état d'oxydation des lipides (FAROUK et al., 1991). En homologie avec le sel, les hautes pressions seraient capables de favoriser la libération du fer (et autres métaux de transition) des protéines, ou de le rendre davantage accessible aux lipides (CHEAH et al., 1997). D'autre part, la cuisson est également responsable de la perte d'intégrité de la structure des protéines, et donc de la libération du fer (SCHRICKER et al., 1983).
L'action anti-oxydante du nitrite de sodium dans les produits carnés cuits est bien établie (FREYBLER et al., 1993). Quatre mécanismes différents ont été supposés à l'origine de cette action anti-oxydante (TOLDRA et al., 2009) en particulier un rôle chélateur du fer.
Bien que la production de composés volatils soit nécessaire pour la flaveur du produit, une trop grande accumulation des produits issus de l'oxydation des lipides peut rendre le produit impropre à la consommation.
Le but de cette étude est de déterminer l'effet d'un traitement hautes pressions (connu pour être pro-oxydant au-delà de 300 MPa, SIMONIN et al., 2012) sur l'oxydation de mêlées de porc saumurées soit au sel, soit au nitrite de sodium.

Matériel et méthodes

La viande utilisée provient de jambons frais de porc découpés et distribués par la société Louis GAD (Saint-Nazaire, Loire-Atlantique). Toutes les analyses se sont portées sur le biceps fémoral. Un profil d'acides gras a également été effectué et permet de connaître leur répartition dans la composition lipidique totale de la viande de porc (AGS 38,1% ; AGMI 51,2% ; ω3 0,6% et ω6 10,1%).
Les échantillons de viande hachée de porc ont été saumurés (taux d'injection de 15%) soit avec du sel (0, 1,5 et 3% dans le produit final) soit avec du nitrite de sodium (0, 50 et 100 mg/kg dans le produit final). Puis, ils ont été traités par hautes pressions (500 MPa, 20 °C, 6 minutes, barême usuellement utilisé en industrie) avant d'être cuits à 70 °C à coeur. L'ensemble des échantillons a été soumis à un vieillissement accéléré de 10 jours (sous air, à l'obscurité, à 4 °C), et les concentrations en hexanal ont été évaluées à J0 (après traitement hautes pressions/cuisson), J3, J5, J6, J7 et J10. L'extraction de l'hexanal et l'analyse des échantillons de viande ont été effectuées par espace de tête statique couplé à une chromatographie en phase gazeuse (détecteur à ionisation de flamme). Une méthode de calcul semi- quantitative, par comparaison à un standard interne, a permis d'évaluer la concentration en hexanal présente dans les échantillons.

Résultats

Les évolutions au cours du stockage de la concentration en hexanal de mêlées de porc saumurées à différentes concentrations de sel (0%, 1,5%, 3%) ou de nitrites de sodium (0 mg/kg, 50 mg/kg, 100 mg/kg) et traitées par hautes pressions et/ou cuites sont présentées sur la Figure 1.

Discussion

Sel et hautes pressions :
Les résultats (Figure **1A**) montrent que le sel augmente la production d'hexanal dans les mêlées cuites au cours du temps. Il n'y a cependant pas de différence entre 1,5% et 3%. Le traitement par hautes pressions (500 MPa,

20 °C, 6 minutes) aboutit à une augmentation de la concentration en hexanal à partir du 6e jour de stockage. La production d'hexanal au cours du temps est renforcée par l'application d'un traitement hautes pressions.
Une interaction significative a été trouvée entre le sel et les hautes pressions. Cet effet est visible sur les échantillons traités par hautes pressions et salés, à la fin du stockage en particulier. Il existe donc une action conjointe du sel et du procédé hautes pressions pour favoriser la production d'hexanal et donc, diminuer la stabilité des échantillons vis-à-vis de l'oxydation.

Nitrite de sodium et hautes pressions :
Juste après la cuisson (J0), les mesures d'hexanal indiquent que le nitrite de sodium diminue la production d'hexanal (Figure **1B**). Puis, au fur et à mesure du stockage, l'hexanal augmente de façon significative dans les échantillons C0, mais la présence de nitrite de sodium ralentit considérablement la production d'hexanal dans les échantillons cuits. En absence de nitrite, il existe un effet du traitement par hautes pressions à J0, mais dans la suite du stockage, tous les échantillons cuits traités par hautes pressions ou non, ont des concentrations en hexanal similaires. En présence de nitrite à 50 mg/kg, le traitement hautes pressions favorise l'oxydation des échantillons. Le nitrite de sodium à hauteur de 100 mg/kg dans les échantillons HPC semble agir à court terme (diminution entre J0 et J3 de la concentration en hexanal), mais à partir de J6, l'hexanal augmente de nouveau.
La présence de nitrite de sodium est donc nécessaire pour maintenir la stabilité des échantillons traités par hautes pressions vis-à-vis de l'oxydation.

Figure 1 : Évolution de la concentration en hexanal (µg/g) en fonction du temps de stockage (à 4 °C, sous air) de mêlées de porc saumurées à différentes concentrations de sel (0%, 1,5%, 3%, Figure **1A**) ou à différentes concentrations de nitrite de sodium (0 mg/kg, 50 mg/kg, 100 mg/kg, Figure **1B**) et traitées par hautes pressions puis cuites (HPC) ou seulement suites (C).

Conclusion
Le traitement hautes pressions à 500 MPa (20 °C, 6 minutes) est pro-oxydant sur des échantillons de viande de porc hachée et cuite. De plus, il agit conjointement avec le sel pour accélérer la formation de produits secondaires de l'oxydation des lipides. Le nitrite de sodium retarde toutefois les phénomènes d'oxydation induits par la pression. A 100 mg/kg il empêche la génération de composés d'oxydation à long terme, ce qui n'est pas le cas à des concentrations inférieures.
La combinaison des ces 2 techniques de conservation (hautes pressions et ajout de nitrite de sodium) permet donc l'obtention de produits à DLC étendue tout en maintenant un niveau d'oxydation acceptable. Le conditionnement en absence d'oxygène (sous vide par exemple) apparaît en outre comme primordial dans les produits de charcuterie traités par hautes pressions, afin de limiter les processus d'oxydation qui sont favorisés par le sel et la pression.

Références bibliographiques
Cheah P.B., Ledward D.A. (1997). J. Food Sci., 62(6), 1135-1141.
Farouk M.M., Price J.F., Salih A.M. (1991). J. Food Sci., 56, 172-174.
Freybler L.A., et al. (1993). Meat Sci., 33, 85-96.
Gheisari H.R., et al.(2010). Czech J. Food Sci., 28, 364-375.
Hernandez P., Park D., Rhee K.S. (2002). Meat Sci., 61, 405-410.
Min B., Cordray J.C., Ahn D.U. (2010). J. Agr. Food Chem., 58, 600-605.
Rhee K.S., Ziprin Y.A. (2001). Meat Sci., 57, 105-112.
Schricker B.R., Miller D.D. (1983). J. Food Sci., 48, 1340-&.
Simonin H., Duranton F., De Lamballerie M. (2012). Compr. Rev. Food Sci. Food Safety, 11, 285-306.
Toldra F., Aristoy M.C., Flores M. (2009). Grasas Y Aceites, 60, 291-296.

LA SPECTROSCOPIE DE FLUORESCENCE FRONTALE : UN OUTIL RAPIDE POUR LE SUIVI DE LA FRAICHEUR DU POISSON

HASSOUN A. (1), KAROUI R. (1)

(1) LABORATOIRE REGIONAL EN AGROALIMENTAIRE ET BIOTECHNOLOGIE CHARLES VIOLLETTE, UNIVERSITE D'ARTOIS, UFR SCIENCES, RUE JEAN SOUVRAZ, F-62307, LENS

hassoun.abdo@ed.univ-lille1.fr

Abstract: Front face fluorescence spectroscopy: A rapid tool for the monitoring of fish freshness
Front face fluorescence spectroscopy coupled with chemometric tools was used for the monitoring of fish freshness kept at 4 °C with the presence/absence of light. The fluorescence emission spectra of tryptophan (excitation: 290 nm, emission: 305–450 nm) and nicotinamide adenine dinucleotide (NADH) (excitation: 340 nm, emission: 360–600 nm) were recorded on whiting fillets at 1, 3, 5, 8, 10 and 12 days storage. The principal component analysis (PCA) showed that tryptophan failed to discriminate between the different fish samples. Regarding PCA applied to NADH spectra, a clear discrimination of whiting fillets according to both storage time and storage condition was observed. It appears that the intrinsic fluorescence of NADH could be considered as fingerprints that may allow the discrimination between whiting fish fillets stored under different conditions.

Introduction

Les produits de la mer sont considérés comme des aliments de haute valeur nutritionnelle grâce à leur composition particulière riche en nutriments. Cependant, ces produits sont particulièrement périssables à cause des activités des enzymes autolytiques et microbiennes. La conséquence en est une rapide altération des propriétés organoleptiques, une réduction de la valeur nutritive et la formation de composés indésirables.
La fraîcheur est un des principaux critères de la qualité du poisson pour le consommateur (Cheng et al, 2014). S'agissant d'une matrice très altérable, l'évaluation objective et rapide de la fraîcheur du poisson est essentielle à la fois pour les opérateurs de la filière et les services d'inspection. Il convient donc de disposer d'outils performants permettant de déterminer la qualité du poisson de manière fiable et objective, et ce dès les premiers stades d'altération. A présent, dans la pratique industrielle, la fraîcheur du poisson est déterminée aux moyens des analyses organoleptiques, microbiologiques ou par dosage des amines volatiles. Bien que ces méthodes soient considérées comme les méthodes de références, elles sont destructives, généralement longues à mettre en œuvre, ne peuvent être appliquées que par des opérateurs qualifiés et donc difficiles à mettre en ligne.
Le présent travail vise à déterminer le potentiel de la spectroscopie de fluorescence couplée à la chimiométrie à évaluer la fraîcheur de filets de merlan conservés dans une vitrine réfrigérée (~ 4°C) en absence et en présence de lumière.

Matériel et méthodes

Echantillonnage et conditions de stockage
- Vingt et un échantillons de merlan (*Merlangius merlangus*) ont été collectés directement du port «Boulogne sur Mer» juste après le déchargement du chalutier et sont par la suite transportés au laboratoire à 4 °C dans des récipients isothermes. Trois mesures ont été effectuées sur un filet de merlan frais, puis les vingt filets restant ont été conditionnés dans des sacs de polyéthylène et conservés dans une vitrine réfrigérée à ~ 4 °C en absence et en présence de lumière (lampe dont la puissance est de 18 W). Les échantillons de filets de merlan ont été analysés à 3, 5, 8, 10 et 12 jours.
Spectroscopie de fluorescence
- Les spectres de fluorescence ont été acquis au moyen d'un spectrofluorimètre (Fluoromax-4, Jobin Yvon, Horiba, NJ, USA). Pour chaque échantillon, les spectres d'émission des tryptophanes des protéines (excitation : 290 nm ; émission : 305-450 nm) et du NADH (excitation : 340 nm ; émission : 360-600 nm) ont été acquis en triple sur des éprouvettes différentes.
Traitement statistique: Afin de s'affranchir des différences d'intensité de fluorescence des spectres pouvant résulter de modifications optiques du milieu, les spectres d'émission des tryptophanes et du NADH ont été normalisés. La normalisation a été faite en réduisant l'espace sous chaque spectre à une valeur de 1. Les jeux de données ont été traités par l'analyse en composantes principales (ACP). Le logiciel MatLab 8.3 R2014a (The Mathworks Inc., Natic, MA, USA) a été utilisé.

Résultats et discussion

- Spectres de fluorescence des tryptophanes

Les spectres normés d'émission de fluorescence des tryptophanes montrent des maxima à environ 370-387 nm, ainsi un autre pic de moindre intensité à environ 330-335 nm. Bien que les allures de ces spectres varient en fonction de la durée et conditions de conservation, la carte des similitudes résultant de l'ACP réalisée sur l'ensemble des spectres de fluorescence ne met pas en évidence une ségrégation nette des spectres des filets de merlan (résultats non présentés). Ces résultats concordent avec ceux de Karoui et al, (2006) qui ont rapporté que les spectres d'émission des tryptophanes des protéines ne permettaient pas de discriminer entre les filets de merlan frais de ceux congelés/décongelés.

- Spectres de fluorescence du NADH

Figure 1 : Spectres d'émission du NADH acquis sur les filets de merlan : frais (—), conservés à 4 °C pendant 12 jours à l'obscurité (….) et en présence de lumière (------).

Les spectres normés de fluorescence du NADH enregistrés directement sur des filets de merlan en l'état frais présentent de grandes différences par rapport à ceux conservés pendant 12 jours en absence/présence de lumière (Figure 1). Les filets de merlan frais présentent 3 maxima situés à 390, 447 et 513 nm. Ceux conservés pendant 12 jours présentent un maximum à environ 470 nm et un autre pic de moindre intensité à environ 400 nm.

La carte factorielle 1-2 des résultant de l'ACP réalisée sur les spectres du NADH permet de discriminer entre : i) des filets de merlan frais des autres filets; et ii) des filets de merlan conservés à l'obscurité de ceux exposés à la lumière (Figure 2). La localisation, sur la carte ACP, des filets de merlan frais à proximité de filets de merlan conservés à l'obscurité laissent supposer que ces derniers sont dans un bon état de fraicheur ; ce qui n'est pas le cas pour les filets exposés à la lumière. Cette tendance a été confirmée par les indices d'oxydation qui ont montré des concentrations élevées de produits primaires et secondaires d'oxydation chez les filets de merlan conservés en présence de lumière. Par ailleurs, une bonne corrélation a été obtenue entre les spectres de fluorescences et les indices d'oxydations des filets de merlan.

Figure 2 : Carte des similitudes 1-2 de l'ACP réalisée sur les spectres du NADH enregistrés sur les filets de merlan : frais (▲), conservés à 4 °C pendant 12 jours à l'obscurité (■) et en présence de lumière (□).

Conclusion

En dépit du faible nombre d'échantillons de filets de merlan étudiés lors de la présente étude, les spectres de fluorescence du NADH pourraient être considérés comme une empreinte digitale du produit permettant de l'identifier. En effet, l'ACP appliquée aux spectres du NADH ont permis de séparer les filets de merlan en fonction de la durée et conditions de conservation. Ces résultats montrent qu'il serait envisageable de mettre en place une méthode rapide et non destructive basée sur la spectroscopie de fluorescence pour la détermination de l'état de fraîcheur des filets de merlan.

Références bibliographiques

Cheng J-H., Sun D-W., Zeng X-A., Pu H-B. 2014. IFSET., 21: 179-187.
Karoui R., Thomas E., Dufour E. 2006. Food Res. Int., 39: 349–355.

ETUDE DE LA CROUTE DE LA VIANDE CUITE - UNE ZONE CLE POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA FLAVEUR ET DE LA SAVEUR

PORTANGUEN S. (1), IKONIC P. (2), CLERJON S. (1), KONDJOYAN A. (1)

(1) INRA UR370 QUAPA, EQUIPE IMAGERIE & TRANSFERTS, F-63122 ST-GENES-CHAMPANELLE,.
(2) INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGY, UNIVERSITY OF NOVI SAD, BULEVAR CARA LAZARA, 21000 NOVI SAD, SERBIA.

stephane.portanguen@clermont.inra.fr

Abstract: Mechanisms of crust development at the surface of beef meat subjected to hot air.
When cooking meat, the development of a crust is an important element for the consumer. It is the place of Maillard reactions and development of flavor. It is also where carcinogenic compounds can be formed. To our knowledge, no study has been devoted to the formation of the crust during cooking pieces of meat, so, these mechanisms were studied under laboratory conditions. Temperatures were measured close to the surface using a special isolated device that corrects for movements due to meat thermal shrinkage. These temperature measurements were paired with, microscopic measurements of crust thickness and, with the measurement of profiles of water content by Magnetic Resonance Imaging to interpret crust formation and structure. Three areas were characterized in the crust and, the thickness of the colored area was proved to vary linearly with time. Images obtained by X-ray microtomography show a great heterogeneity of the porosity in the crust of the heated samples.

Introduction :
La croûte qui se forme à la surface des viandes lors de leur grillage/rôtissage a un rôle clé dans le développement de la flaveur et de la saveur du produit. Elle peut aussi être le lieu de la formation de composés potentiellement cancérigènes tels que les amines aromatiques hétérocycliques (Kondjoyan, 2010a). Sa formation et sa microstructure ont été très peu étudiées (Barbut, 2013). Sa définition elle-même n'est pas claire, puisqu'elle peut être décrite comme étant la zone colorée qui se développe en surface de la viande, ou bien comme la zone plus sèche où la température dépasse les 100°C. Certains auteurs insistent également sur la formation du dépôt de matière sèche lié à la migration des jus vers la surface, puis à son évaporation (Feyissa, 2013). La forte baisse de la teneur en eau dans la croûte rend cette zone cassante, modifiant à la fois, ses caractéristiques viscoélastiques et l'intensité des transferts de chaleur/matière. La forte déshydratation qui accompagne la formation de la croûte conduit à une structure fortement poreuse. L'objectif de cette étude est de mieux comprendre et de mieux quantifier les mécanismes qui sont à l'origine de la formation de la croûte à la surface d'une viande cuite par un jet d'air chaud, dont les conditions reproduisent une situation voisine de celle existant dans un four convectif à air pulsé.

Matériels et méthodes :
Des muscles *Longissimus thoracis* issus de carcasses de génisses de 18 mois ont été prélevés immédiatement après l'abattage. Ils ont été coupés en gros morceaux, maturés 12 jours sous-vide à 4°C, puis congelés et conservés à -20°C. Le développement de la croûte et la mise en place de sa structure ont été analysés au travers : de mesures de température, d'analyse d'images (via Matlab®), des profils de teneur en eau mesurés par deux méthodes (matière sèche et résonnance magnétique nucléaire), et par microtomographie à rayons X.
Afin de mesurer précisément les échanges thermiques lors de la cuisson, un dispositif original a été développé (fig. 1).

Figure 1 :
Représentation schématique du système expérimental en PEEK® utilisé pour cuire des échantillons de viande tout en limitant le déplacement des thermocouples par rapport à la surface du produit. Sur la figure les dimensions sont données en millimètres.

Il permet de mesurer les températures à différentes profondeurs dans le produit tout en compensant le mouvement des thermocouples lié à la rétraction de la viande (perte en eau et thermo-contraction des fibres). Il a été placé à 36 mm sous un jet d'air chaud pour simuler une cuisson dans un four convectif, tout en étant capable de mesurer par pyrométrie

infra-rouge la température en surface de l'échantillon au cours du traitement thermique. Après avoir atteint des température de surface de : 124, 158, 192 ou 210°C, pendant 20, 40, 60 ou 90 min, l'échantillon est refroidi par un jet d'air froid (tube de Ranque-Hilsch).

Résultats :
Les différentes approches utilisées dans cette étude ont permis de mettre en évidence :
- que les profils de teneur en eau obtenus par RMN ont une forme sigmoïde (fig. 2b) ;
- que les profils de teneur en eau mesurés contredisent les valeurs simulées numériquement par Feyissa et al. (2013). En effet, ces auteurs prédisent une augmentation de la teneur en eau au centre de l'échantillon après 30 min de cuisson. Or, nos mesures montrent une diminution continue de la teneur en eau en tous points du produit au cours du temps ;
- par des observations complémentaires en microtomographie à rayons X, que la croûte n'était pas un matériau poreux homogène mais, une structure complexe composée de micro- et macro-porosités et, de canaux de différentes tailles séparées par des faisceaux de fibres musculaires sèches.

Figure 2 : (a) Présentation des différentes zones qui conduisent au développement de la croûte ; (b) Profils de teneur en eau mesurés par IRM (résolution de 0,15 mm) dans de la viande chauffée à différentes températures, et localisation sur ces profils des différentes parties constituant la croûte (Portanguen et al., 2014).

Discussion :
La croûte est une structure complexe, qui est constituée de plusieurs parties distinctes (Fig. 2a), qui peuvent être caractérisées par la valeur de la température et de la teneur en eau (Fig. 2b). Lorsque l'on se rapproche de la surface du produit, le jus, qui est liquide, est progressivement remplacé par de la vapeur (Zone A, Fig. 2ab). Le front d'évaporation constitue la frontière entre la croûte, proprement dite, et le reste de la viande (B sur la Fig. 2ab). Il est caractérisé par une température égale à la température d'ébullition de l'eau (100°C si la pression atmosphérique est de 1 bar) et, par le fait que la majeure partie de cette eau est présente sous forme de vapeur. La teneur en eau et l'activité de l'eau diminuent ensuite vers la surface, et la température devient nettement supérieure à 100°C, ceci conduit à l'accélération des réactions de Maillard qui produisent des composés colorés (de B vers C sur la Fig. 2ab). Cette zone colorée constitue, ce que le consommateur considère comme étant la croûte. La température augmente encore dans les tous premiers dixièmes de millimètres sous la surface du produit. C'est dans cette zone où la température est supérieure à 150°C que se forment les amines aromatiques hétérocycliques (zone entre C et la surface sur la Fig. 2ab). Un des résultats intéressant de cette étude a été de montrer que l'épaisseur de la croûte colorée augmentait linéairement avec le temps. Ce comportement est connu pour caractériser le mouvement du front d'évaporation dans les matériaux hygroscopiques non biologiques tels que l'argile, le plâtre… (Pel et al., 2002). Mais, il n'était pas évident, à priori, qu'il soit vérifié pour un matériau biologique et, pour l'épaississement d'une zone colorée qui met en jeu les cinétiques des réactions de Maillard.

Conclusion :
Une meilleure compréhension et quantification des mécanismes conduisant au développement de la croûte a été obtenue sur des viandes cuites par jet d'air chaud. Ces résultats expérimentaux vont aider à la validation des modèles proposés pour décrire les transferts de chaleur et de matière à proximité de la surface du produit. Ceux-ci pourront ensuite être combinés à des modèles de réactions pour prédire le développement des propriétés sensorielles et la formation de composés potentiellement cancérigènes lors du rôtissage et du grillage des viandes.

Références bibliographiques :

Barbut, S. (2013). Meat Sci, 93(2), 269-274.
Feyissa et al. (2013). Meat Sci, 93(4), 810-820.
Kondjoyan et al. (2010a). Food Chem, 119(1), 19-26.
Pel et al. (2002). Int J of Heat & Mass Trans, 45(15), 3173-3180.
Portanguen et al. (2014). Food and Bioprocess Tech, DOI: 10.1007/s11947-014-1321-y.
Skjöldebrand, C., & Olsson, C. (1980). LWT, 13, 148-151.

REDUIRE LE TAUX DE SEL DANS LES PRODUITS CARNES EN JOUANT SUR LE TEMPS DE BARATTAGE ET LE CHOIX DU SEL

LE PAGE J-F. (1), DE LAMBALLERIE M. (2), LE MINOUS A-E. (1), DUROSSET P. (1)

(1) ADRIA - 20 AVENUE DE LA PLAGE DES GUEUX - 29000 QUIMPER
(2) ONIRIS - SITE DE LA GERAUDIERE - RUE DE LA GERAUDIERE - 44322 NANTES

jean-francois.lepage@adria.tm.fr

Abstract
Reduced salt in brined meat products by acting on the tumbling process time and the choice of salt
Sodium intake should be reduced to decrease the risk of diseases (cardiovascular disease, hypertension, osteoporosis ...). However salt content reduction in cooked ham is a real challenge since without compensation it can lead to taste defects, texture and slicing issues and bad cooking yields. This work investigated how much cooking yield and changes in meat proteins, using differential scanning calorimetry, are affected by (i) the origin of salts and their composition and (2) the tumbling time. Increasing the tumbling time seems to compensate for a reduced salt content of 30%

Introduction
Les recommandations nutritionnelles encouragent à réduire les quantités de sodium consommées afin de réduire les risques de pathologies (maladies cardiovasculaires, hypertension, ostéoporose,...) Cette réduction du sel dans les produits de charcuteries est un véritable challenge pour les industriels. Le sel est un acteur majeur dans les propriétés organoleptiques et microbiologiques de ces produits. Son rôle technologique, et donc économique, est quant à lui primordial. Un des produits le plus concerné par cette réduction en sel, est certainement le jambon cuit. Réduire le taux de sel sans compensation entraine des défauts de gouts, de texture et une augmentation des pertes à la cuisson et au tranchage. De nombreuses options de substitutions ont été développées ces dernières années. Pour la plupart, elles consistent en l'ajout d'autres sels comme le chlorure de potassium, d'aromes et exhausteurs de gout pour pallier au manque de saveur, voir même de texturant pour améliorer les rendements. Ces travaux présentent l'impact de l'origine des sels et de leur composition, ainsi que du temps de barattage sur les rendements et la texture de jambon cuit.

Matériel et méthodes
Quatre séries de jambons saumurés ont été réalisées : un Témoin salé à 18g/l et 3 jambons à 13,5g/l. Pour les séries réduites en sel, 3 sels de granulométrie et d'origine différente ont été testés : un sel de mine (RS), un sel de mer méditerranée (MS) et un sel de mer atlantique (AS). Le sel témoin (T), le sel de mine (RS), le sel de mer méditerranée (MS) et le sel de mer atlantique (AS) présentent des granulométries respectives de : 430 µm, 444µm, 774µm et 77µm ; et des teneurs en sodium respectives de 37%, 37%, 36% et 34%. Les jambons ont été réalisés à partir de noix de jambon, découpées en morceaux de 5cm3 environ. Pour chaque temps de mesures, et pour chaque sel, 1,2kg de viandes ont été ensachés avec 120ml de saumure. Ces viandes saumurées à différentes concentrations ont été barattés différents temps, de 1h à 15h. La baratte de 80l (Inject Star MC80) a été réglée pour maintenir 12 rotations par minutes au long des différents essais, avec un taux de charge de 63kg (3 sachets pour chaque série de jambon et pour 4 temps de mesures). A chaque temps de barattage, les muscles sont prélevés, ainsi qu'un peu de limon ; ce dernier est analysé par DSC (DSC Q100, TA Instruments) pour suivre l'évolution des protéines myofibrillaires, sarcoplasmique et d'actine. Les muscles prélevés sont mis sous boyaux polyamide ICEL de 60mm de diamètre et 25µm d'épaisseur, tirés au vide, avant de passer en cuisson vapeur pendant 2h à 75°C dans une cellule de cuisson CAPIC. La tenue des muscles et les rendements de cuisson sont alors mesurés et confrontés aux compositions des sels utilisés et aux résultats de DSC.
En parallèle, dans le but d'observer l'impact de la composition des sels sur la fonctionnalisation des protéines myofibrillaires, quatre matrices modèles de jambon ont été réalisées. Chaque série a été saumurée en masse à hauteur de1,8% de sel de composition respective : 100% NaCl, 50% NaCl / 50% KCl, 50% NaCl / 50% MgCl2 et 50% NaCl / 50% CaCl2. 250g de noix de jambon sont broyés en présence du sel avec un RobotCoupe R5+, puis mis en verrine scellée, avant de passer en cuisson. Les pertes à la cuisson (2h à 75°C) ont été mesurées par pesées, et l'évolution des principales protéines salino-solubles a été suivi par calorimétrie différentielle à balayage sur les produits cuits, sur une plage de 20 à 100°C, avec une rampe de 10°C par minute.

Résultats
Sur la figure 2 sont représentés les spectres de DSC de viandes saumurées avec différents sels tels que le NaCl, le KCl, le MgCl2, et le CaCl2. Il s'avère que la fonctionnalisation des protéines de viandes diffère en fonction des ces derniers. Le nombre de pics diminue en présence de KCl et de NaCl avec le maintien des pics de myosine et des protéines sarcoplasmiques et du collagène, et la disparition du 3ème pic correspondant à celui de l'actine. Les essais avec le CaCl2 et le MgCl2 présentent des courbes conservant l'ensemble des protéines myofibrillaires, mais avec des température légèrement différentes, indiquant un changement structural des protéines influant sur leur sensibilité à la température.

Il semble que la composition, et donc l'origine des sels, peut influer sur les propriétés fonctionnelles des viandes saumurées et donc sur les textures et rendements technologiques, via la fonctionnalisation plus ou moins prononcée des protéines. Le suivi des rendements de cuisson ont permis de relever que le jambon témoin et les jambons réduits RS et MS présentent un optimum de rendement respectivement autour de 8 et 10h, tandis que les jambons AQ10 continuent à progresser tout au long des essais. Les résultats de rendement des jambons barattés aux différents temps sont présentés sur la figure 1, sous la forme d'écart au jambon témoin. Entre la première et la 15ème heure de barattage, les écarts passent respectivement de 4,7% à 2,5% pour MS, de 5% à 1,7% pour RS et de 4 à 0,5% pour AS. Il est à noter également que malgré une réduction de 30% de la teneur en sel, aucun problème de découpe n'est observé après 7h de barattage.

Figure 1 : Evolution de l'écart des rendements entre le jambon témoin et les 3 jambons à teneur en sel réduite en fonction de la durée de barattage. (■ : sel de mine, ▲ : sel de mer méditerranée, ● : sel de mer atlantique)

Figure 2 : Courbes DSC pour les 4 matrices jambons saumurées avec différents mélanges de sels

Discussion

La disparition sur les spectre de DSC des pics de chaines d'actine, ainsi que l'amenuisement des pics correspondant à la présence des protéines myofibrillaires et sarcoplasmiques au cours du barattage, sont un bon indicateur de la fonctionnalisation des protéines et de l'amélioration des performances technologiques attendues. En considérant l'actine comme facteur principal dans la qualité des propriétés technologiques du jambon, les analyses DSC (figure 2) indiqueraient que les sels les plus riches en sodium (et potassium) permettraient à procédé égal d'obtenir les meilleurs rendements. La mise en contact prolongée des muscles de viandes sous action mécanique favorise leur fonctionnalisation jusqu'à un seuil optimal. Il faut atteindre au moins 5h de barattage pour obtenir une tenue à la découpe pour T et AS, et 7h pour les sels RS et MS. Attention cependant, un barattage trop long semble réduire le rendement à la cuisson. Le rendement maximal semble être atteint plus ou moins rapidement selon la composition minérale du sel, mais aussi de la granulométrie initiale du sel, bien que celui-ci soit solubilisé en saumure. En effet le sel AS, bien que moins riche en sodium que les autres permet l'obtention d'un meilleur rendement, et ce quelque soit le temps de barattage. La teneur en sodium, liée à la dénaturation de l'actine, ne permet donc pas à elle seule de prédire la qualité des rendements technologiques, mais d'autres interactions entre les protéines myofibrillaires et les différents ions jouent certainement un role important dans la fonctionnalisation des muscles de viande.

Conclusion

Cette nouvelle approche dans la réduction en sodium permettrait de répondre aux exigences actuelles de réduire la teneur en sodium tout en conservant des formulations dites « clean label », sans additifs, ni conservateurs. Cependant, l'allongement du temps de barattage peut entrainer un surcout économique par une immobilisation des machines prolongée. Il serait intéressant de s'intéresser à l'avenir sur un dimensionnement particulier des barattes pour accentuer l'action mécanique sur la diffusion du sel afin de limiter l'augmentation du temps de barattage pour un résultat optimal ; de même, il serait tout aussi intéressant d'étudier l'action spécifique de différents ions sur les propriétés fonctionnelles des différents protéines myofibrillaires.

Références bibliographiques

Bedinghaus, A. J., Ockerman, H. W., Parrett, N. A., Plimpton, R. F. 1992. Journal of Food Science, **57**: 1063–1065.
Chunbao Li, et al. 2011. International Journal of Food Science and Technology , 46: 2159–2163
Rejt, J., Kubicka, H., & Pisula, A. 1977. Meat Science, 2: 145-153.
Shackelford, S., D., Reagan, J.O., Mann, T.,F., Lyon, C.,E., Miller, M.,F. 1989. Journal of Food Science, **54:** 843- 845, 905.
Weiss, J. M. 1973. Western Meat Industry, **23**.

QUALITE MICROBIOLOGIQUE ET PHYSICOCHIMIQUE D'UN SAUCISSON SEC ENSEMENCE PAR DES SOUCHES AUTOCHTONES

ESSID I. (1,2), ELADAB S. (2), MNASSER H. (2)

(1) INAT, 43 AVENUE CHARLES NICOLLES, 1082, TUNIS, TUNISIE ; (2) ESIAT, UR 04 AGR02 « FOOD AND SCIENCE TECHNOLOGIES », 58 AVENUE ALAIN SAVARY- 1003, TUNISIE.

essid_ines@voila.fr

Abstract: Microbiological and physicochemical quality of a dry fermented sausage inoculated with autochthone bacteria. The main objective of this work was to study the effect of inoculation of strains of *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum* on microbiological and physicochemical (lipolysis and proteolysis) properties of a dry fermented sausage. During ripening, lactic acid bacteria and coagulase negative staphylococci represent the two predominant microflora. In addition, these mixed starters significantly reduced the number of spoilage enterobacteria, in all stages of ripening, due to their antibacterial activities. Contents of amino acids (aspartic and glutamic acids, tyrosin, alanin and leucin) and fatty acids (palmitic, stearic and oleic acids), which may play an important role in flavor, were more important during ripening of inoculated sausages when compared to control ones.

Introduction

Depuis des millénaires, certaines pratiques ont été utilisées pour conserver la viande, telles que le salage, le saumurage et le séchage. Ces techniques, au départ empiriques, sont à la base de la fabrication des produits carnés fermentés secs. Au début, les micro-organismes proviennent de l'environnement et des contaminations, mais durant ces dernières années l'ajout de starters devient une nécessité pour garantir un produit hygiénique ayant des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles standards et une flaveur et une couleur caractéristiques. Les bactéries lactiques et les staphylocoques coagulase-négatives isolés à partir des produits carnés s'adaptent généralement mieux à l'environnement des viandes fermentées et il est conseillé de les utiliser pour la sélection des starters des produits de charcuterie secs fermentés. Ainsi l'objectif de ce travail a été d'étudier le processus de maturation d'un saucisson sec fermenté tunisien, à base de viande bovine, préalablement inoculé par quatre souches les plus performantes de *S. xylosus* et de *L. plantarum* isolées à partir d'un produit carné traditionnel Tunisien.

Matériel et méthodes

Préparation des saucissons : les ferments de *S. xylosus* e de *L. plantarum* utilisés dans cette étude ont été isolés à partir d'un produit carné traditionnel Tunisien (Kaddid) et ont été sélectionnés en se basant sur leurs propriétés technologiques (Essid et al., 2007 ; Essid et al., 2009). Les échantillons de saucisson ont été préparés selon le protocole décrit par Essid et al., 2013.

Analyses microbiologiques : les saucissons secs fermentés ont fait l'objet d'analyses microbiologiques relatives aux dénombrements de germes totaux, bactéries lactiques, flore halotolérante (staphylocoques et microcoques), entérobactéries et de levures et moisissures (Essid et al.,2013).

Détermination des acides gras et des acides aminés libres : après méthylation, les acides gras ont été identifiés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) (Essid et al., 2013). La séparation de la fraction protéique des saucissons secs a été réalisée en utilisant la chromatographie liquide haute performance en phase inverse à l'aide d'un système HPLC Agilent L1100 (Essid et al.,2013). Trois injections ont été effectuées pour chaque échantillon.

Résultats

L'analyse des résultats relatifs aux dénombrements des germes étudiés a permis de mettre en évidence l'effet significatif ($p < 0,05$) de l'addition des ferments sur la variation de la flore aérobie mésophile totale, des bactéries lactiques, de la flore halotolérante ainsi que des entérobactéries. Par ailleurs, les résultats montrent que même pour les échantillons de saucisson témoin, les nombres de bactéries lactiques et de staphylocoques augmentent régulièrement au cours du séchage. Ces résultats ont été confirmés dans plusieurs autres études (Garcia-fontan et al., 2007 et Rubio et *al*., 2007) rapportant que ces deux groupes de bactéries s'adaptent facilement aux conditions de la viande séchée.

D'autre part, et quelque soit le stade d'étuvage considéré, le nombre d'entérobactéries présent dans le saucisson ensemencé, reste significativement plus faible ($p < 0,05$) par rapport à celui mesuré sur l'échantillon témoin.

Nos résultats montrent que l'évolution de la teneur en acides gras libres au cours du séchage était plus prononcée pour les saucissons secs ensemencés que pour les saucissons secs témoins ($p < 0,05$) (tableau 1). Il semble que les lipases endogènes et bactériennes libèrent préférentiellement les acides stéarique (C18 : 0), oléique (C18 : 1) et palmitique (C16) qui sont les acides gras majeurs aussi bien dans les saucissons secs ensemencés que dans les saucissons secs témoins. Par ailleurs, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée entre l'évolution de la teneur en acides aminés libres des échantillons témoins et ensemencés (tableau 2). Enfin, nos résultats montrent que les protéases endogènes et bactériennes libèrent préférentiellement la tyrosine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, l'alanine et la leucine qui sont les acides aminés majeurs au cours du séchage des saucissons secs témoins et ensemencés.

Tableau 1 : Évolution des acides gras libres (%) au cours du séchage des saucissons secs témoins et ensemencés

Acides gras (%)	Durée de séchage (jours)				
	0	14		28	
	Saucisson témoin	Saucissons témoins	Saucissons inoculés	Saucissons témoins	Saucissons inoculés
$C_{14:0}$	2,34 ± 0,728	2,88 ± 0,212	3,07 ± 0,233	2,73 ± 0,120	2,90 ± 0,049
$C_{15:0}$	0,79 ± 0,424	1,10 ± 0,07	1,38 ± 0,268	1,30 ± 0,148	1,33 ± 0,297
$C_{16:1}$	1,28 ± 0,685	1,28 ± 0,169	1,32 ± 0,077	1,29 ± 0,226	1,36 ± 0,148
$C_{16:0}$	20,77 ± 1,760	24,44 ± 1,156	25,49 ± 2,609	23,21 ± 0,261	24,91 ± 2,532
$C_{17:0}$	1,93 ± 0,071	2,07 ± 0,205	2,20 ± 0,106	1,93 ± 0,268	2,16 ± 0,090
$C_{18:2}$	2,45 ± 0.403	2,79 ± 0,707	2,76 ± 0,777	2,28 ± 0,106	2,26 ± 0,007
$C_{18:1}$	24,77 ± 6,558	27,37 ± 2,828	28,53 ± 0,247	27,43 ± 5,26	30,32 ± 5,497
$C_{18:0}$	24,90 ± 3,669	30,76 ± 3,321	31,84 ± 2,163	28,95 ± 4,801	31,68 ± 0,131
$C_{19:0}$	0,16 ± 0,010	0,19 ± 0,056	0,21 ± 0,077	0,18 ± 0,05	0,2 ± 0,056
$C_{20:0}$	0,28 ± 0,024	0,349 ± 0,128	0,36 ± 0,098	0,32 ± 0,112	0,36 ± 0,124
∑ AGS[a]	50,88 ± 6,781	61,73 ± 2,573	64,57 ± 0,127	58,64 ± 5,769	63,56 ± 0,141
∑ AGMI[b]	26,38 ± 6,788	30,07 ± 3,676	31,265 ± 0,657	29,92 ± 5,946	33,03 ± 6,095
∑ AGPI[c]	2,455 ± 0,403	2,79 ± 0,707	2,76 ± 0,777	2,285 ± 0,106	2,265 ± 0,077
Total	79,72 ±13,972	94,59 ± 5,543	98,59 ± 0,247	90,85 ± 11,822	98,85 ± 6,314

[a] AGS, Acides gras saturés ; [b] Acides Gras monoinsaturés ; [c] Acides Gras polyinsaturés répétitions

Tableau 2 : Évolution des acides aminés libres (mg/100g) au cours du séchage des saucissons secs témoins et ensemencés

Acides aminés (mg/100g)	Durée de séchage (jours)				
	0	14		28	
	Saucissons témoins	Saucissons témoins	Saucissons inoculés	Saucissons témoins	Saucissons inoculés
Asp	43,558 ± 0,746	63,61 ± 0,401	79,48 ± 11,469	65,84 ± 4,164	93,51 ± 16,614
Glu	56,96 ± 14,184	83,61 ± 17,280	105,11 ± 20,915	86,90 ± 10,486	122,46 ± 16,918
Tyr	63,71 ± 20,840	90,37 ± 18,070	99,29 ± 12,910	85,70 ± 14,868	157,14 ± 18,480
Ala	34,80 ± 10,387	50,26 ± 12,445	62,59 ± 17,280	48,25 ± 2,439	78,76 ± 14,635
Leu	18,73 ± 20,884	29,31 ± 4,136	36,36 ± 9,392	29,21 ± 0,700	44,20 ± 11,603
Gly+Thr	46,09 ± 19,423	43,69 ± 18,632	53,75 ± 2,518	40,02 ± 11,507	63,89 ± 9,132
Val +Met	11,39 ± 1,633	17,42 ± 2,129	21,67 ± 3,740	17,31 ± 0,961	26,01 ± 6,611
Ser + His +Gln	11,01 ± 1.979	14,9 ± 0,936	18,12 ± 1,520	14,56 ± 2,566	23,36 ± 4,695
Ile	7,574 ± 0, 652	11,78 ± 0,477	14,18 ± 0,327	11,61 ± 2,948	16,93 ± 1,661
Lys	5,27 ± 1,152	11,73 ± 0,664	14,26 ± 0,700	11,25 ± 3,938	18,83 ± 1,714
Arg	16,30 ± 8,179	23,91 ± 11,812	28,34 ± 4,414	22,03 ± 9,551	35,28 ± 8,695
Phe	4,81 ± 0,135	7,61 ± 0,494	9,29 ± 1,217	7,622 ± 0,727	10,95 ± 1,985
Total	320,16 ± 21,011	448,19 ± 19,125	506,36 ± 10,690	440,28 ± 13,119	691,26 ± 21,231

Discussion

Les résultats des analyses microbiologiques sont en accord avec ceux Ruiz-Moyano et al. (2011) montrant que l'application de ferments performants affecte significativement l'évolution de la flore microbienne au cours de la maturation des saucissons. D'autre part, l'acidification du milieu et la production de métabolites antimicrobiens par les souches de *L. plantarum* ensemencées dans les saucissons est la principale cause de la réduction des bactéries Gram-négatives (Rubio et *al*., 2007). Quant à l'évolution des acides gras et aminés libres, d'autres auteurs ont aussi montré que l'utilisation des ferments performants affecte la libération de ces composés au cours du séchage des saucissons secs (Yildz-Trup et al., 2008). La tyrosine, qui est un acide aminé aromatique, ainsi que les acides aminés acides sont impliquées dans la libération des arômes spécifiques des saucissons secs. Par ailleurs, il apparait que la nature des acides gras libres dans les saucissons secs est liée, d'une part, à la composition lipidique de la viande utilisée et, d'autre part, à l'activité métabolique des ferments qui est généralement affectée par les conditions de séchage (température, humidité).

Conclusion

L'utilisation des souches sélectionnées de *S. xylosus* et de *L. plantraum* a permis, d'une part d'améliorer la qualité hygiénique des saucissons suite à l'inhibition des bactéries Gram négatives pathogènes, et d'autre part, d'améliorer les propriétés sensorielles suite aux activités protéolytiques et lipolytiques des souches de *S. xylosus* et à l'activité acidifiante des souches de *L. plantarum.*

Références bibliographiques

Essid et al. (2007). Meat Sci., 77, 204-212 ; Essid et al., (2009). Meat Sci., 81, 203-208 ; Essid et al. (2013). Food Control, 32 (2013) 707-714 ; Garcia Fontan et al. (2007). Food Microbiol., 24, 52-58 ; Ruiz-Moyano, et al. (2011). Food Microbiol., 28, 839-845 ; Rubio, et al. (2007). Meat Sci., 76, 128-137 ; Yildiz-Trup,. (2008). Meat Sci., 78, 447-454.

EVALUATION DE LA PRODUCTION DES RADICAUX LIBRES DANS LES CONDITIONS PHYSICOCHIMIQUES DE LA VIANDE TRANSFORMEE

OUESLATI K., DAUDIN JD., GATELLIER P.

UR370 QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, INRA, F-63122 SAINT GENES CHAMPANELLE

khaled.oueslati@clermont.inra.fr

Abstract: Evaluation of free radical production in the physicochemical conditions of processed meat
During meat processing (chilled storage, curing, cooking…), the production of free radicals (superoxide $O_2^{\circ-}$ and hydroxyl HO°), in which iron in reaction with oxygen and peroxides plays a key role, leads to the accumulation of oxidative damage on proteins and lipids. The present study was designed to determine the kinetic laws governing the free radical production according to the physicochemical environment. Experiments were carried out on model systems which mimic the physicochemical conditions observed in meats during storage or cooking (pH 6, ionic strength of 0.24 M, and temperatures varying from 4 to 75°C). Oxidants (Fe^{2+} and H_2O_2) were added in the model in physiological concentrations. The free radical production was evaluated with the use of specific probes (Nitro Blue Tetrazolium for $O_2^{\circ-}$ and Terephthalate for HO°). The results show how much the amount of radicals trapped increases with increasing temperature and iron content. The addition of H_2O_2 promotes the formation of HO° to the detriment of $O_2^{\circ-}$.

Introduction

Les procédés de transformation (conservation, cuisson, salaison) permettent de préserver et/ou d'améliorer certaines qualités des produits animaux mais peuvent conduire aussi à l'oxydation des lipides et des protéines avec un impact négatif sur les qualités sensorielles (Haak *et al*., 2006) et nutritionnelles (Gatellier & Santé-Lhoutellier, 2009) des produits. La maitrise de la qualité des produits carnés nécessite une meilleure compréhension des mécanismes responsables des phénomènes oxydatifs et des lois cinétiques qui les régissent. Au cours des processus oxydatifs la phase d'initiation des oxydations est capitale. Cette phase se caractérise par la vitesse à laquelle l'oxygène et le peroxyde d'hydrogène, en interaction avec le fer (dont la viande est plus ou moins riche selon l'espèce), se transforment en radicaux libres, principalement le radical superoxyde ($O_2^{\circ-}$) et le radical hydroxyle (OH°). Afin de mieux connaitre l'impact des paramètres physicochimiques sur la production des radicaux libres nous avons réalisé une étude en milieu modèle mimétique de la viande, à pH 6 et à une force ionique de 0,24M. Ce modèle a été placé à différentes températures (de 4 à 75°C) pour représenter les conditions de conservation et de cuisson de la viande. La production radicalaire a été initiée par ajout d'oxydants (fer et peroxyde d'hydrogène) en concentrations physiologiques. L'emploi de sondes spécifiques a permis de caractériser la production radicalaire.

Matériels et méthodes

Le milieu réactionnel est constitué de tampon phosphate 0,40 mM à pH 6. Les oxydants ($FeSO_4$ et H_2O_2) sont dissous dans ce milieu à des concentrations variables (de 0,05 à 0,6 mM pour le fer et de 0,2 à 2 mM pour H_2O_2). Le taux d'oxygène dissous dans le milieu est déterminé avec une sonde à oxygène (HACH-LANGE). La sonde de détection des radicaux superoxydes (Nitro Blue Tetrazolium, NBT) est utilisée à la concentration de 0.5 mM et la sonde de détection des radicaux hydroxyles (téréphtalate) est utilisée à la concentration de 1 mM. La réduction du NBT en formazan est suivie par absorbance à 530 nm (Auclair et Voisin, 1985). L'hydroxylation du téréphtalate en hydroxytéréphtalate est mesurée par fluorescence (émission à 420 nm après excitation à 340 nm) (Saran et Summer, 1999). Les cinétiques de réaction sont suivies pendant 30 minutes. Différentes températures ont été testées de 4 à 75°C. Pour les mesures de fluorescence, le spectrofluorimètre étant équipé d'un Peletier, le chauffage et le refroidissement se font directement dans la cuve du spectrofluorimètre. Pour les mesures d'absorbance le chauffage est réalisé à l'extérieur du spectromètre à l'aide de bains chauffants ou réfrigérants.

Résultats

Les deux sondes utilisées se sont révélées stables aux températures testées, ainsi qu'en présence des oxydants.
Dans une première expérience nous avons étudié l'effet de la concentration en fer ferreux, sans ajout de peroxyde d'hydrogène, sur la production radicalaire à une température de 60°C. La figure 1 montre que la quantité de radicaux réagissant avec les sondes augmente avec la quantité de fer ajouté au milieu. Des différences importantes sont observées entre les deux types de radicaux libres. Le taux de radicaux $O_2^{\circ-}$ piégés est très nettement supérieur au taux d'OH° piégés. Une augmentation proportionnelle à la quantité de fer ajouté est observée dans le cas des radicaux $O_2^{\circ-}$ et non dans le cas des radicaux OH°.
Dans un deuxième temps nous avons fixé la concentration en fer à 0,2 mM et nous avons fait varier la température d'incubation. La figure 2 montre que la quantité de radicaux réagissant avec les sondes augmente avec la température. Des différences sont observées entre les deux types de radicaux libres avec, par exemple à 4°C, une très faible production d'$O_2^{\circ-}$ alors qu'à la même température la production d'OH° est déjà élevée. De plus L'ajout de peroxyde d'hydrogène au milieu favorise la formation de radicaux OH° au détriment des radicaux O2°- (résultats non montrés). Cette transition est d'autant plus importante que la teneur en H2O2 est élevée.

Figure 1 : Effet de la concentration en fer (de 0 à 0.6 mM) sur la quantité de radicaux ayant réagi avec les sondes.

Figure 2 : Effet de la température (de 4 à 75°C) sur la quantité de radicaux ayant réagi avec les sondes.

Discussion

Quand seul du fer est ajouté, il réagit avec l'oxygène dissous (ici à 0,25 mM) pour former des radicaux superoxydes ($Fe^{2+} + O_2 \rightarrow Fe^{3+} + O_2^{\circ-}$). Ce qui explique la forte teneur en O_2° ayant réagi avec le NBT. Mais, une partie des radicaux superoxydes peut aussi se dismuter en produisant de l'eau oxygénée ($O_2^{\circ-} + O_2^{\circ-} \rightarrow H_2O_2$). Le fer ferreux résiduel peut alors réagir avec le peroxyde d'hydrogène pour former des radicaux hydroxyles ($Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + OH^- + OH^{\circ}$) qui sont piégés par la sonde téréphtalate. La réactivité du fer vis-à-vis du peroxyde d'hydrogène étant supérieure à celle du fer vis-à-vis de l'oxygène, on observe, en présence de peroxyde d'hydrogène, une surproduction d'OH°. La chimie du fer en présence de dérivés oxygénés (chimie de Fenton) est complexe et ne se limite pas à ces 3 réactions. Afin d'explorer par des calculs de simulation l'incidence de chacune des réactions nous allons utiliser un modèle mathématique 'stoechio-cinétique' de la chimie de Fenton, développé précédemment dans le cadre du projet européen DREAM (Promeyrat, 2013). La comparaison des cinétiques simulées aux cinétiques expérimentales permettra d'estimer les constantes de certaines vitesses des réactions radicalaires et leur variation en fonction de la température et du pH. Notre modèle expérimental sera ensuite complexifié par ajout d'antioxydants, de protéines et de lipides. Ainsi, par couplage de modèles expérimentaux et mathématiques, nous pourrons alors prédire les niveaux d'oxydation des viandes en fonction de leur composition et des paramètres physicochimiques (pH, force ionique et températures) appliqués.

Conclusion

Ces travaux, qui s'insèrent dans le cadre du projet STABOXAL (Carnot Qualiment), vont permettre de mieux comprendre les mécanismes réactionnels impliqués dans l'oxydation des viandes. A terme, ceci permettra de donner aux industriels de la filière viande et aux consommateurs des conseils relatifs aux conditions de transformation, permettant de préserver au mieux les qualités sensorielles et nutritionnelles des produits. Les méthodes développées pourront être appliquées à divers produits biologiques d'origine animale ou végétale. C'est déjà le cas sur l'oxydation des huiles (STABOXAL) et sur la dégradation ligno-cellulosique (projet LYGNOXYL, Carnot 3BCAR).

Bibliographie

Auclair, C., & Voisin, E. (1985). Handbook of Methods for Oxygen.Radical Research. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Inc., pp.123–132.
Gatellier, P., & Santé-Lhoutellier, V. (2009). Meat Science, 81, 405-409.
Haak, L., Raes, K., & De Smet, S. (2006). Meat Science, 74, 476-486.
Promeyrat, A. (2013). Thèse, Université de Clermont-Ferrand.
Sarran, M., & Summer, K.H. (1999). Free Radical Research, 31, 429-436.

PREDICTION DE LA TENDRETE DE LA VIANDE D'AGNEAU PAR PENETROMETRIE

BECILA S. (1), HAFID K. (1), GAGAOUA M. (1), BOUDJELLAL A. (1), AGLI A. (1), OUALI A. (2)

(1) MAQUAV-BIOQUAL, INATAA, UNIVERSITE CONSTANTINE 1, ROUTE DE AIN EL BEY, 25000, ALGERIE
(2) UR370, QUAPA, INRA DE CLERMONT FERRAND THEIX, 63122 ST. GENÈS CHAMPANELLE, FRANCE

becila2002@yahoo.fr

Abstract: Predicting variability of toughness in lamb meat by penetrometry
Tenderness is the major palatability trait affecting consumer acceptance but there is no practical method to measure the tenderness of meat in the industry. The aim of this study was to elaborate a predicting method for lamb meat tenderness using a penetrometer. The penetrometer was calibrated against sensory tests. The variability of tenderness with animal age and muscle types was assessed. *Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Biceps femoris* and *Rectus femoris* muscles of six ELTEL breed lambs from 6 to 18 months were used. Globally, penetrometer values were positively correlated ($r = +0.98$; $p < 0.01$) with those of sensory tests. We also observed significant results for age, and muscle types factors (F: 7.91 and 25.45 respectively $p < 0.01$). The penetrometer should be used for an overall estimate of meat tenderness and can be advantageously used instead of sensory assesment. It can predict the toughness of raw and cooked meat from fresh lamb meat.

Introduction

La tendreté de la viande résulte des propriétés mécaniques des différentes structures du muscle mais également, des liens qui existent entre ces structures. La mesure des propriétés spécifiques à chacune des principales structures qui sont les fibres musculaires, les fibres du collagène et les fibres d'élastine, est possible dans le cas de la viande crue. Il est possible de définir des zones de déformation dans chacune desquelles une seule structure est sollicitée (Lepetit, 1991). Une telle approche est plus difficile à réaliser avec de la viande cuite (Grajales *et al.,* 1996). La plupart des instruments de mesure de la dureté de la viande sont destructifs et peu pratique à l'échelle industrielle. Cependant, le pénétromètre est un instrument simple, rapide, non destructif et peu coûteux. Il peut être aisément utilisé pour le classement des parties de carcasse en fonction de leur degré de dureté. Ainsi notre étude consiste à étalonner le pénétromètre à l'analyse sensorielle afin que, les mesures instrumentales soit facilement convertie en échelle de tendreté réelle. Deux facteurs de variation de la tendreté ont été introduits à savoir l'âge et le type de muscle

Matériel et méthodes

Six agneaux de race ELTEL (Algérienne) élevés dans la ferme pilote de Baaraouia (Constantine, Est Algérien) ont été abattus à différents âges de 6 à 18 mois. Le poids des carcasses évalué à l'abattage varie entre 14 et 21 kg. Après abattage des animaux, les carcasses ont été conservées pendant 20 heures à 12-18°C, afin d'éviter le phénomène de contracture par le froid, puis à 4°C. Les muscles *Semimembranosus* (SM), *Semitendinosus* (ST), *Biceps femoris* (BF) et *Rectus femoris* (RF) des cuisses gauche et droite ont été prélevés 24 h *postmortem*. Dix morceaux de forme parallélépipédique (2 * 2 *1 cm) ont été prélevés sur chaque muscle. La contrainte appliquée était perpendiculaire aux fibres musculaires. La profondeur de pénétration est mesurée en mm ou unité de pénétration (1 UP = 0,1 mm). Les échantillons ayant servi aux tests de pénétration (pénétromètre PETROTEST PNR 10 Germany) étaient ensuite cuits à l'eau : 400 ml, 95°C, 30min. En fin de cuisson leur température à cœur était égale à 80°C. Ces morceaux étaient alors évalués sur une échelle de tendreté de 1 à 10 par un panel de 10 dégustateurs entrainés. La mise en évidence de la corrélation entre la mesure instrumentale et l'âge des animaux a été réalisée par le calcul des régressions linéaires simples. L'analyse de la variance à un seul facteur a été effectué pour tester l'effet du facteur âge et type musculaire. La corrélation entre la mesure instrumentale et l'appréciation sensorielle de la tendreté de la viande a été calculée suivant le test de tendance générale utilisant le coefficient de corrélation des rangs de Spearman.

Résultats

Evaluation de l'effet des facteurs âge et type de muscle sur les mesures au pénétromètre. L'analyse de variance met en évidence un effet lié à l'âge de l'animal et au type de muscle hautement significatif ($p< 0.01$). Cet instrument de mesure permet donc de détecter une différence de tendreté en fonction de ces deux facteurs. Pour tous les muscles, la mesure instrumentale et l'âge des animaux sont fortement corrélés, mais négativent pour les quatre muscles. Plus l'âge des animaux augmente plus la profondeur de pénétration diminue (Figure 1).
Corrélation entre mesure instrumentale et le typage musculaire. Les muscles SM, ST et BF présentent des valeurs de mesure relativement proches. Alors que pour le muscle RF les profondeurs de pénétration mesurées sont faibles comparativement au trois autres muscles. On observe pour le même animal que les muscles SM, ST et BF sont plus tendres que le muscle RF (figure 2).
Corrélation entre mesure instrumentale et mesure sensorielle de la tendreté. Le test de Spearman, appliqué à l'ensemble des mesures effectuées sans distinction entre les quatre muscles étudiés de la cuisse, a révélé une forte corrélation ($r = 0.98$) entre les mesures instrumentales et les mesures sensorielles. Mais en appliquant le test de Spearman sur chaque muscle à part ; l'estimation de la tendreté par la mesure instrumentale est corrélée à la mesure sensorielle pour les muscles ST et BF, mais pas pour les muscles SM et RF au seuil de 5%.

Figure 1 : Evolution de la profondeur de pénétration en fonction de l'âge des agneaux.

Figure 2 : Evolution de la profondeur de pénétration des 4 muscles : (SM, ST, BF et RF) en fonction de l'âge

Discussion

De nombreux tests de laboratoire sont disponibles pour mesurer la dureté de la viande, tels que l'appareil de Salé et le Warner-Brazler qui sont surtout utilisé sur de la viande maturée et cuite. De nombreuse corrélation ont ainsi été mises en évidence entre les résultats obtenus par les mesures mécaniques et sensorielles sur la viande cuite (Wheeler et al., 2004). Cependant, leur inconvénient majeur est qu'elles sont des méthodes destructrices et difficiles à mettre en place a grande échelle. A travers cette étude nous avons pu mettre en place pour la première une méthode facile et non destructrice se basant sur la pénétration d'un corps pénétrant. Ces essais préliminaires de recherche de relation entre les mesures instrumentales et sensorielles de la tendreté de la viande, mettent en évidence une forte corrélation globale ne tenant pas compte du type de muscle. Cela est intéressant dans l'estimation globale, rapide de la tendreté de la viande de la cuisse. La faible corrélation entre la mesure instrumentale et l'analyse sensorielle pour les muscles SM et RF pourrait s'expliquer par le regroupement des données en moyenne dans l'analyse des données (n = 60). Le regroupement visant à minimiser les fluctuations a eu pour conséquence la réduction de la taille de l'échantillon à n = 6 et l'altération de la puissance du test de Spearman. Par ailleurs, cette faible corrélation peut être aussi expliquée par le fait que le pénétromètre ne mesure pas uniquement les propriétés des fibres musculaires mais également du tissu conjonctif dont la teneur est variable d'un muscle à l'autre (Valin, 1995). Il ressort ainsi que l'âge des animaux à l'abattage et le type de muscle sont des facteurs importants influençant la variabilité de la tendreté de la viande. L'augmentation de la dureté de la viande en fonction de l'âge peut être expliquée par i) la diminution de la solubilité du collagène (Nishimura, 2010) ; ii) diminution de la sensibilité de la structure contractile à l'action des protéases endogènes (Ouali, 1990) ; iii) la réduction de l'activité protéolytiques des calpaïnes ou autres systèmes protéolytiques récemment élucidés (Ou *et al.,* 1991 ; Ouali *et al.,* 2013).

Conclusion

D'après les résultats obtenus, le pénétromètre permet de discriminer les échantillons en fonction du type musculaire et de l'âge des animaux, car il mesure à la fois la résistance du tissu conjonctif et des protéines myofibrillaires à la contrainte appliquée. Le pénétromètre peut être utilisé pour une estimation globale de la tendreté de la viande d'agneau et peut donc remplacer la mesure sensorielle de la tendreté. D'un point de vue industriel, cela est intéressant dans l'estimation de la dureté à 24 h *postmortem* de la viande en utilisant le pénétromètre comme technique rapide, non destructive et peu coûteuse pour prédire à partir de la viande fraîche la tendreté de la viande cuite. Cette étude préliminaire mérite d'être approfondie sur d'autres espèces bouchères communéments consommées en Algérie. Pour ceci des tests sont en cours sur la viande de dromadaire au sein de notre équipe.

Références bibliographiques

Grajales A., Lepetit J. & Canistro J., 1996. Contraction au froid et chauffage de la viande bovine. *VPC*, 17 : 339-341.

Lepetit J., 1991. Theoretical Strain Ranges in Raw Meat. *Meat Science* 29, 271-283.

Nishimura T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. Anim Sci J 81, 21-7.

Ou B. R., Meyer H. H. & Forsberg N. E., 1991: Effects of age and castration on activities of calpain and calpastatin in sheep skeletal muscle J. Food Sci. 69. 1919-1924.

Ouali A., 1990. Meat tendirisation : possible causes and mechanisms. A review. J. Muscle Foods. 1, 129-165.

Ouali, A., Gagaoua, M., Boudida, Y., Becila, S., Boudjellal, A., and Sentandreu, M. A. 2013. Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. Meat Science, doi: 10.1016/j.meatsci.2013.05.010.

Valin C., 1995. Animal and muscle variability in tenderisation : possible causes. In : Expression of tissue protéinases and regulation of protéine degradation as related to meat quality. Ouali A, Deneyer D. I. & Smulders F. J. M. (eds), ECCEAMST, Utrecht, Pays-Bas, 435-442.

Wheeler T.L., Shackelford S.D., Koohmaraie M. 2004. The accurary and repeatability of untrained laboratory consumer penelists in detecting differences in beef longissimus muscle tenderness in bos taurus and bos indicus cattle. J.Anim.Sci.,82. 557-562.

ELABORATION ET EVALUATION DE NOUVELLES DECOUPES DE PORC DESTINEES A LA VENTE AU CONSOMMATEUR

PARAFITA E., CHENILLE C.

ADIV, 10 RUE JACQUELINE AURIOL, F-63039 CLERMONT-FERRAND CEDEX 2

emilie.parafita@adiv.fr

Abstract. Development and evaluation of new pork cuts for sale to the consumer
In 2012 and 2013, ADIV managed, with the involvement of CFBCT and FNICGV, a project supported by INAPORC. The objective was to propose new cuts of fresh pork for sale in butcher shops or supermarkets by changing some existing cuts to products corresponding to consumer expectations, or by changing the cutting area to obtain meat cuts that are more tasty and less dry. The study, whose results were published in early 2014, led to the development of 12 pieces which offer an alternative to the usual slices while improving the value of pork carcass. Models of these cuts were tested by panels of experts and by professionals and consumers from five butcher's shop in the region of Clermont-Ferrand. An estimate of yield and added-value for companies and butchers was then performed.

Introduction

La consommation de viande de porc fraîche, qui représente en France un quart de la consommation totale de porc (les trois quarts étant vendus en charcuterie), montre une érosion sensible ces dernières années. Les consommateurs français semblent en effet se détourner des morceaux classiques de porc comme les côtes, le filet et les escalopes pour s'orienter préférentiellement vers des produits de charcuterie plus rapides à cuire, plus juteux et sans os. Le choix qui leur est donné est en outre limité et les morceaux proposés peu valorisés. La production d'Unités de Vente Consommateur (UVC) repose surtout sur le travail de la longe, les autres pièces anatomiques comme le jambon et l'épaule étant principalement orientées en transformation pour la production de salaisons cuites ou sèches. Or la longe ne semble pas répondre au spectre des attentes des consommateurs en termes de jutosité et de tendreté, souvent hétérogènes.
En 2012 et 2013, l'ADIV a coordonné, avec la participation de la CFBCT et de la FNICGV, un projet financé par INAPORC visant à proposer de nouvelles découpes de porc frais au rayon traditionnel ou libre-service. Il s'agissait soit de réorienter ou d'adapter certaines pièces de découpe existantes vers des produits mieux adaptés aux attentes du consommateur, soit de modifier les zones de découpe pour obtenir des morceaux plus savoureux, moins secs.

Matériel et méthodes

Le protocole d'étude comportait une première étape d'enquête afin de rassembler différentes idées de nouvelles découpes de porc. Cette recherche s'est basée sur des documents techniques acquis par l'ADIV et sur des enquêtes de terrain menées par le pôle d'innovation de la Confédération Française de la Boucherie, Charcuterie, Traiteurs (CFBCT), l'Association de Recherche, Développement et Assistance Technologique pour les Métiers de la viande (ARDATmv) et de la Fédération Nationale de l'Industrie et du Commerce en Gros des Viandes (FNICGV).
La seconde étape a consisté à développer plus d'une dizaine de maquettes sur la plateforme de l'ADIV. Les rendements de découpe ainsi que la valorisation économique de la carcasse ont été estimés et la stabilité de ces nouveaux produits a été évaluée par des mesures de couleur et d'exsudats au cours de la conservation.
L'acceptabilité gustative des produits a été évaluée dans le cadre de la troisième étape au travers d'analyses sensorielles par des jurys entraînés et au travers de dégustations par des professionnels notamment des formateurs boucher de l'École Nationale Supérieure des Métiers de la Viande (ENSMV) et des membres de la FNICGV. L'acceptabilité par le consommateur des nouvelles découpes retenues a ensuite été évaluée à travers des ventes « test » en boucheries.

Résultats

Les enquêtes de terrain, menées en première partie de projet, ont montré que divers morceaux, comme l'épaule, la poitrine et la longe, pouvaient, selon la clientèle et selon la saison, souffrir de problèmes de ventes. Les découpes étrangères ou encore celles pratiquées sur d'autres viandes comme le boeuf, montrent un choix de produits relativement varié comparativement à ceux proposés pour le porc en France. Par ailleurs, l'étude des ventes a mis en évidence l'intérêt du consommateur pour des produits pratiques, savoureux et rapides à cuire. Le projet a abouti à l'élaboration de 12 morceaux offrant une alternative aux pièces habituelles tout en améliorant la valorisation de la carcasse porcine : rôti «jumeau», rôti «macreuse», rôti «paleron», escalope «bateau», escalope «dessus de palette», escalope «aiguillette», pièces à braiser «osso bucco», bavette d'aloyau, bavette de flanchet [cf photo 1], escalopines, échine PAD et escalope dans la pointe.
Conservation des produits : Les résultats de conservation sous atmosphère protectrice (70% N2 et 30% CO2) ont été très satisfaisants puisque seules les escalopes provenant de la pointe présentent une décoloration dès 7 jours de conservation. Pour les autres produits, une conservation jusqu'à 12 jours semble envisageable sans perte de qualité majeur du produit.
Rendement de découpe et valorisation de la carcasse : Le rendement en viandes fraîches obtenu avec les nouvelles découpes est supérieur de 10% par rapport à la découpe standard. Il est inférieur de 15% pour le rendement en viandes

destinées à la transformation [cf tableau 1]. Cependant, le prix de vente étant supérieur pour les viandes fraîches, la valorisation de la carcasse par les nouvelles découpes reste très intéressante.

Dégustation des produits : Les résultats de dégustation des produits ont confirmé que les nouvelles grillades constituaient des alternatives intéressantes aux côtes de porc souvent jugées trop sèches. Ils confirment également la qualité gustative de la bavette de flanchet en termes de tendreté et de jutosité. Le bateau qui apparaît un peu plus filandreux en analyse sensorielle mais qui avait par ailleurs été apprécié par les professionnels, pourra être destiné à la préparation d'émincés, ou détaillé en pièces à griller pour la plancha.

Concernant les rôtis, l'ensemble des morceaux utilisés a été jugé excellent à la dégustation par les professionnels. La présentation de ces rôtis a également été appréciée pour leur absence de gras interne et par leur tenue après cuisson. Parmi ces produits, le paleron est celui qui a été le plus apprécié d'un point de vue gustatif.

Acceptabilité par le consommateur : Le retour des bouchers sur la mise en vente des nouvelles découpes est très positif puisque les grillades et les rôtis sont bien acceptés par les clients. L'osso bucco, qui n'a pas été intégré aux analyses sensorielles, a également été mis en place dans certaines boucheries où il a reçu un accueil très positif des clients.

		poids en kg pour une demi-carcasse de 45 kg	poids en % pour une demi-carcasse
Nouvelle Découpe	bavette flanchet PAD	0.513	1.14%
	bavette aloyau PAD	0.229	0.51%
	pointe pad	0.709	1.58%
	escalopine	4.504	10.01%
	macreuse PAD	0.785	1.75%
	paleron PAD	0.327	0.73%
	jumeau PAD	0.534	1.19%
	dessus palette	0.534	1.19%
	aiguillette	0.393	0.87%
	bateau PAD	0.502	1.11%
	osso bucco	1.985	4.41%
	Total viande fraîche	22.053	49.01%
	Total viande destinée à la transformation	13.916	30.92%
Découpe Standard	Total viande fraîche	17.488	38.86%
	Total viande destinée à la transformation	20.427	45.39%

Tableau 1 : rendement de découpe (nouvelle méthode de découpe *vs* méthode de découpe standard)

Photo 1 : bavette de flanchet

Discussion

L'ensemble de maquettes développées dans ce projet présente de bonnes qualités gustatives et constitue un réel potentiel de diversification et de valorisation de la viande de porc. .

D'un point de vue de la rentabilité, la mise en place de ces nouvelles découpes n'engendre pas de temps opérationnel supplémentaire selon les bouchers qui les ont testées. Toutefois, en fonction des habitudes de vente et de la clientèle, le choix des nouvelles découpes peut varier d'une boucherie à l'autre.

Ainsi, les bouchers souhaitant conserver la vente de poitrine salée adoptent préférentiellement les découpes de rôtis. Les bouchers recherchant des produits à griller et qui commercialisent la palette à la diable ont préférentiellement mis en place les grillades.

Concernant les prix de vente, le positionnement des produits n'étant pas encore bien établi, il existe quelques fluctuations. Ainsi, en boucherie artisanale, les grillades sont vendues entre 12,80€ et 16,90€ et les rôtis sont vendus au prix de l'épaule moins cher que la longe. Il semble donc que les grillades soient très bien valorisées alors que les rôtis pourraient l'être davantage. Pour une meilleure valorisation de la carcasse, le prix du paleron pourrait en effet, se rapprocher du prix du filet mignon dans la mesure où leur tendreté est équivalente, et que le paleron présente l'avantage d'être plus juteux.

Concernant l'acceptabilité des morceaux par le consommateur, il semble important de pouvoir communiquer sur le mode de cuisson de ces produits qui présentent par ailleurs la particularité d'être plus rouges que les découpes classiques de porc.

Conclusion

L'étude, dont les résultats ont été publiés au début de l'année 2014, a abouti à l'élaboration de 12 morceaux qui ont fait l'objet d'une fiche technique comportant la note d'appréciation des professionnels, la présentation (rôti, escalope…), le mode de cuisson préconisé et les déclinaisons possibles (émincés, plancha…). Ces maquettes, mis à part l'osso bucco, remplissent les objectifs fixés au départ à savoir des pièces savoureuses, rapides à cuire, sans os ni déchet pour répondre aux attentes du consommateur. La filière peut désormais se saisir de ces innovations pour les proposer au consommateur. Une formation à la découpe de ces nouveaux morceaux peut être proposée par l'ADIV.

SENSIBILITÉ AU TRANSPORT : ÉVOLUTION DE LA QUALITÉ DE VIANDE DE DINDE – CARACTÉRISATIONS ET FRÉQUENCES DES VIANDES PSE

BOUKHRIS H. (1,2), NAJAR T. (1,2), DAMERGI C. (1,2), SAMET H. (3)

(1) INAT, LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE DES ALIMENTS, 1082 TUNIS, MAHRAJENE,
(2) IPEST, LABORATOIRE DES MATERIAUX, MOLECULES ET APPLICATIONS, UNIV.CARTHAGE, 2070 LA MARSA,
(3) SOCIETE ELMAZRAA-GROUPE POULINA, KM25 FONDEK JEDID, NABEUL, TUNISIE

boukhrishager@gmail.com

Abstract. Sensitivity to transport: evolution of the quality of turkey meat - characterization and frequency of pse meat

It has long been known that stress during the slaughter period may result in the production of meat with major quality defects, particularly PSE and DFD meat. Recent studies using behavioural, physiological and/or genomic approaches found that less extreme stress levels during slaughter may also influence technological and/or the sensory quality of meat. The present study was designed to evaluate the effect of preslaughter transport duration (15 vs. 90 vs. 120 min) on the quality of meat and on PSE frequency. A total of 300 turkeys were slaughtered after 2h recovery. Color (L, a*, b*), pH shear force, drip loss and cooking loss were significantly affected by the duration of transport ($p<0.001$). The kinetics of the pH fall is also affected by transport duration: the rate is faster and the extent is larger when transport time is greater than 90 minutes ($p <0.0001$).The frequency of occurrence of PSE meat increases with transport time 48% vs. 86%). A long-term recovery after transport can be beneficial to reducing muscle glycolysis and to improving turkey meat quality.

Introduction

L'industrie de volailles rapporte des pertes importantes au niveau du rendement des produits de viande suite à l'apparition de viande avec capacité de rétention d'eau faible, une texture molle et de couleur pâle. Ces caractéristiques sont semblables à celles observées sur des viandes à glycolyse rapide nommée viande PSE (pâle, molle, et exsudative). La littérature indique que le déterminisme de la qualité technologique et organoleptique de la viande est complexe, donnant l'apparition des défauts de qualité un caractère aléatoire. Aussi, il apparaît nécessaire de mieux identifier les facteurs d'influence, en particulier ceux liés au transport qui stesse les animaux selon plusieurs causes : température et humidité élevées, température basse (saison froide), vitesse, bruits, privation de nourriture et d'eau, vibration, accélération, mouvements brusques,… (Nielsen, 1981; Warriss, 1987 ; Mitchell et al., 1997). L'objectif de cette étude était d'évaluer l'effet de la durée de transport sur la qualité technologique et organoleptique de la viande de dinde et sur la fréquence d'apparition des viandes PSE.

Matériel et méthodes

Cet essai a été porté sur des dindes mâles de souches hybrides. Les animaux ont été abattus aux âges classiques de commercialisation de 16 semaines. Les animaux ont été transportés pendant 15min, 90 min et 120 min jusqu'au l'abattoir. Au total, 300 animaux ont été utilisés, soit 100 par traitement abattus après une durée d'attente de 2h sur quai. Cet essai a été effectué en hiver à une température 20/8 °C (jour/nuit). Les carcasses ont été mis dans une salle de ressuyage à une température de 0 à 1°C. Des mesures de pH, de couleur (L, a* et b*), de force de cisaillement et de rétention d'eau (pertes d'écoulement et pertes de cuisson) ont été effectués. Le pH initial 20 min, 3h et 6h post mortem ont été mesuré sur carcasses au niveau du pectoral. A partir de ces mesures, 2 groupes d'animaux sont formés. Le premier groupe (Glycolyse Normale, GN, n=12) est constitué des animaux ayant des valeurs de pH20min (6.37 ± 0.04) similaires à la valeur moyenne des 300 dindes mesurées. Le second groupe (Glycolyse Rapide, GR, n=12) est constitué des dindes ayant les plus basses valeurs de pH20min (5.98 ± 0.09) parmi les 300 mesurées. Après 24h de ressuyage, le pH ultime est de 5.78 ± 0.06 pour le groupe GR et 5.88 ± 0.07 pour le groupe GN.

Le pHu (à 24h), 3 jours et à 6 jours post mortem ont été mesuré à l'aide d'un pH-mètre sur 15 muscles pectoraux prélevés de chaque traitement. La couleur a été mesurée après 24h, 3jours et à 6 jours à l'aide d'un chromamètre. La force de cisaillement a été mesurée sur des morceaux de viande crue de 1cmx1cmx 5cm à l'aide d'un texturomètre TA6XT2i. La force est exercée perpendiculairement aux fibres musculaires sur une section de 1cm2 à raison de trois répétions. Les pertes à l'écoulement et à la cuisson ont été évaluées sur des échantillons de 100g de filets crus.

Résultats et discussion

Nous avons montré que la cinétique du pH est affectée par la durée du transport ($p<0,0001$). La vitesse et l'amplitude de chute de pH sont plus importantes chez les animaux subissant une durée de transport supérieur à 90 minutes ($p< 0.0001$). Ceci pourrait expliquer que les animaux qui subissent une durée de transport plus importante manifestent des signes de stress d'abattage plus évident que les autres animaux. Ces résultats pourraient être attribués l'accélération de la glycolyse chez les animaux ayant une durée de transport plus longue. En effet, nos résultats ont montré que la fréquence d'apparition des viandes à glycolyse rapide est de 86% pour les animaux qui ont subi une durée de transport

de 120 min et de 81% pour le lot transportés durant 90 min, contre une proportion de 48% pour les animaux transportés pendant 15 minutes. Contrairement aux travaux efféctués par Rémignon *et al*. (2007) dont la fréquence des viandes PSE peut ainsi être réduite par une durée de transport plus longue car les animaux ont alors le temps de se calmer ce qui diminuerait les bouleversements métaboliques associées au chargement/déchargement. La viande de type glycolyse rapide (GR) est plus claire et plus jaune que celle du type glycolyse normale (GN). En revanche, les viandes de type glycolyse normale sont plus rouge que les viandes de type glycolyse rapide. L'indice de jaune (b*) augmente au cours du temps. Par contre l'indice de rouge (a*) diminue. Aucune différence significative de pouvoir en rétention d'eau et de force de cisaillement entre les deux groupes étudiés (GN) et (GR) n'est mise en évidence dans cette étude. Lorsque le pH ultime est plus bas, la couleur jaune est plus élevée par contre la couleur rouge augmente avec l'augmentation de pH ultime.

Au cours de la maturation, les indices de couleur ont subi une variation plus ou moins importante au cours de la maturation. Ainsi l'indice de luminance et de jaune ont subi une augmentation alors que l'indice de rouge a diminué. Ces résultats pourraient renseigner sur une viande qui réfléchie plus la lumière avec une couleur plus pâle. En outre, cette évolution est affectée par la durée de transport. Ainsi les viandes des animaux transportés durant 90min sont caractérisées par une luminance et un indice de jaune les plus élevés. Cependant, un indice au rouge le plus faible, un pouvoir de rétention en eau faible et la force de cisaillement la plus forte. Ces viandes sont pâles et molles tendant à être des viandes PSE. Ces viandes à couleur pâle ne seront pas apprécier par le comsommateur.

Tableau 1 : Effet de la durée de transport sur les caractéristiques des viandes de dinde male de souche hybride

Durée de transport	15 min	90 min	120 min	Probabilité
pH_{20min}	6,19	6,04	6,09	****
pH_{24h}	5,76	5,84	5,77	NS
L^*_{24h}	51,64	51,62	51,97	NS
a^*_{24h}	14,13	14,19	13,61	NS
b^*_{24h}	7,47	7,69	7,47	NS
L^*_{j3}	53,11	52,78	54,17	NS
a^*_{j3}	13,27	13,26	13,08	NS
b^*_{j3}	10,10	11,08	11,55	**
L^*_{j6}	52,73	59,70	55,56	****
a^*_{j6}	12,553	15,78	14,14	****
b^*_{j6}	10,358	8,22	11,10	**
$Fmax_{j3}$	24,96	26,74	24,21	*
$Fmax_{j6}$	21,50	19,20	20,16	*
Pertes écoulement	4,06	3,55	3,59	**
Pertes cuisson	15,38	14,96	13,80	**

NS: non significatif ; (*) p<0,05 ; (**) p<0,01 ; (***) p<0,001 ; (****) p<0,0001

Conclusion

L'ensemble de ces résultats pourraient indiquer que l'apparition des viandes PSE est plus importante chez les animaux transportés pendant une durée de transport supérieur à une heure. Pour minimiser les fréquences d'apparition des viandes PSE, il est recommandé, d'une part d'introduire aux animaux une alimentation riche en antioxydant et en vitamine E. D'autre part il est nécessaire de prolonger la durée d'attente sur quai pour les animaux subissant plus qu'une heure de transport.

Références bibliographiques

Mitchell, M.A., Carlisle, A.J., Hunter, R.R. et Kettlewell, P.J. 1997. Proceedings of the 5th European symposium on poultry welfare,Working group IX of the European federation of the world's poultry science association (Eds P. Koene and H.J. Blokhuis), 49 - 52, Wageningen, TheNetherlands.

Nielsen, N. J. 1981. Proc. porcine stress and meat quality- causes and possible solutions to the problems. T. Froystein, E. SlindeetN. Standal. As, Norway, Agriculture and Food Research Society pp. 287-297.

Rémignon, H., Molette, C., Eadmusik, S. et Fernandez, X. 2007. XVIII th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, pp. 8 pages, Prague (Republic Czech), 2-5 Septembre.

Warris, P.D. et Brown, S.N. 1987. Meat Sci., 20: 65-74.

IMPACT DES SOLLICITATIONS MECANIQUES APPLIQUEES AUX VIANDES LORS DU SAUMURAGE-MALAXAGE SUR LA SOLUBILITE DES PROTEINES

SHAREDEH D., FAVIER R., GATELLIER P., DAUDIN J-D.

UR370 QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, INRA, F-63122 SAINT GENES CHAMPANELLE

jean-dominique.daudin@clermont.inra.fr

Abstract: Impact of mechanical treatment applied to meat during brining-tumbling on protein solubility.
In the manufacturing of processed meat, tumbling which is often performed prior to cooking in rotating drums is known to improve protein solubilisation and cooking yield. This study was designed to determine meat protein solubilisation in relation with the mechanical treatment applied on the muscle tissue. Experiments carried out with pork *Semimembranosus* or *Rectus femoris* pork muscles using a laboratory tumbling simulator that enabled the control of mechanical action intensity and frequency. In cases of unsalted samples, the mechanical action alone promoted an increase in protein solubility of at least 20% which could reach 50% for long and intense treatments. A comparison of samples brined without tumbling, so that their NaCl contents covered the range 0 to 6 %, with samples excised from brined-tumbled muscles showed that, whatever the NaCl content, the additional increase in protein solubility due to mechanical action was equivalent to that due to NaCl.

Introduction

De nombreux produits carnés cuits subissent une étape de malaxage ou « barattage » en cours de fabrication. Les barattes industrielles ont des tailles variables et il existe beaucoup de conditions de fonctionnement ; par exemple, le temps de malaxage varie de 2 à 12 h selon le type et la taille des produits et la vitesse de rotation varie de 4 à 16 tours par minute. De plus, le traitement mécanique des pièces de viande ne peut pas être caractérisé dans ces appareils. Un simulateur de laboratoire (Sharedeh et al., 2012) permettant de couvrir l'ensemble des conditions précédentes a été développé à l'INRA; il permet de contrôler le taux et la fréquence des déformations et de mesurer la force de réaction des pièces de viande. Il est bien connu que le saumurage-malaxage favorisent la pénétration du sel dans le produit (Siro et al., 2009), la formation d'un exsudat collant, ou limon (Ghavimi et al., 1987), le rendement de cuisson (Krause et al., 1987) et la tendreté et la jutosité du produit (Hullberg et Lundstrom, 2004).
La solubilisation des protéines est un facteur clé par rapport aux caractéristiques qualitatives précédentes mais il est actuellement impossible d'établir une loi reliant ce paramètre aux conditions de saumurage-malaxage. Le but de ce travail est de caractériser les effets respectifs de la présence du NaCl et des sollicitations mécaniques ; le premier étant bien connu pour les viandes non malaxées.

Matériels et méthodes

Les échantillons : un lot de muscles *Rectus femoris* (RF) et *Semimembranosus* (SM) de porc, ayant un pH moyen égal à 5,7 ± 0,15 4 jours après l'abattage, a été congelé et conservé à – 18°C en emballage sous vide. Avant un essai, un muscle était décongelé en une nuit à 4°C, puis sorti de son emballage.
Mesure de la solubilité des protéines : un échantillon de 0,2 g était broyé et homogénéisé dans 4 ml de tampon phosphate (0,24 M, pH 6) ayant la même teneur en NaCl, puis centrifugé (4500 rpm – 30 min). La masse de protéines contenue dans le surnageant et la masse totale ont été mesurées par la méthode de Biuret (Gornall et al., 1949) ; la solubilité est égale au ratio de ces deux mesures.
Courbe de référence de solubilité : en utilisant le protocole précédent une courbe de solubilité sans traitement mécanique a été obtenue avec 20 échantillons issus d'un même muscle pour des concentrations en NaCl ajouté permettant de couvrir la gamme 0,24 à 1,5 M. Ceci a été répété 4 fois afin de calculer une courbe moyenne.
Essai de saumurage-malaxage : le protocole de Sharedeh et al. (2012) a été appliqué à 4°C. Un muscle, en rotation dans le bac de saumurage, est comprimé plusieurs centaines de fois, perpendiculairement à son axe principal. Chaque compression dure 0,5 s et deux compressions sont séparées par une période de repos de 6,7 s. Deux concentrations en NaCl ont été retenues pour la saumure (5 et 13 % en masse de NaCl) et aucun autre additif n'a été ajouté. Pour chaque type de muscle et chaque concentration 4 traitements mécaniques ont été appliqués : (i) deux taux de compression TC (10 ou 30 % de l'épaisseur moyenne du muscle), et (ii) nombre de compressions et durée du traitement (L pour 5h et 2500 compressions) ou (C pour 45 min et 350 compressions). Chacune des 16 combinaisons a été répétée 3 fois. En fin de traitement, une tranche (épaisseur 1 cm), orthogonale à l'axe principal du muscle, a été découpée au milieu du muscle, puis une languette (largeur 1 cm) passant par le centre a été prélevée afin de réaliser des parallélépipèdes de dimensions 1x1x0,5 cm à 3 positions : près de la surface du muscle (S), à une position intermédiaire (I) et au milieu (M) du muscle. Ces prélèvements ont été stockés à -80°C jusqu'aux mesures de teneur en sel et de solubilité des protéines.

Résultats

A la fin des essais de saumurage-malaxage la teneur en NaCl dans les échantillons M, I et S était respectivement nulle, inférieure à 0,2 % et comprise entre 1 et 6%. L'effet du traitement mécanique seul peut donc être évalué sur les échantillons M et I par rapport à la solubilité des protéines d'échantillons prélevés sur les mêmes muscles avant les essais de saumurage-malaxage (Figure 1). Par rapport à ces échantillons témoins la solubilité des protéines augmente d'environ 20 % pour les deux types de muscles lors des malaxages courts. Cette augmentation est plus grande lors des malaxages longs et peut atteindre 50% ; le SM est plus sensible au traitement mécanique et un taux de compression 30 % est plus efficace qu'un taux de 10 %. L'effet additionnel du traitement mécanique des échantillons salés S peut être évalué par rapport à la courbe de référence moyenne du même type de muscle (Figure 2). La courbe de référence du SM indique un maximum à 1 M, en cohérence avec la littérature (Wirth, 1974). L'effet d'un traitement mécanique court avec un taux de compression de 10 % est faible mais, pour toutes les autres conditions, quelle que soit la teneur en sel, la solubilité des protéines est nettement plus grande.

Discussion

Nos résultats sont en accord avec des mesures technologiques qui ont montré que la quantité de protéines solubilisées augmente avec le temps de malaxage dans une baratte de type industrielle entre 4 et 8 heures (Theno et al., 1978) ainsi que la qualité du limon (Siegel et al., 1978). La plage jaune de la figure 2 correspond à des échantillons dont la teneur en sel est comprise entre 1 et 2% ; l'effet additionnel du traitement mécanique est alors du même ordre de grandeur que celui du sel. Il semble donc possible de compenser une réduction de la teneur en sel en modulant les conditions de malaxage. Les diagrammes force-compression enregistrés par le simulateur de malaxage permettent d'estimer l'énergie mécanique absorbée par le muscle à chaque compression et son évolution au cours malaxage. Des essais complémentaires sont nécessaires, en faisant varier la durée (nombre de compressions) et le taux de compression, pour déterminer une loi reliant l'augmentation de la solubilité à ce critère mécanique.

Figure 1 : Effet du traitement mécanique seul sur l'augmentation de la solubilité des protéines (échantillons M et I), par rapport à un témoin ni saumuré ni malaxé.

Figure 2 : Effet du malaxage-saumurage sur l'augmentation de la solubilité par comparaison à une courbe de référence en fonction de la teneur en NaCl. Echantillons S des muscles SM

Conclusion

Le traitement mécanique provoque en lui-même une augmentation de la solubilité des protéines, propriété connue pour moduler les qualités technologiques et qualitatives des viandes transformées. Cette augmentation est d'autant plus prononcée que le nombre et le taux de déformation sont grands ; elle varie de 20 à 50% par rapport à des échantillons non malaxés, salés ou non.

Références bibliographiques

Sharedeh, D., Favier, R., Auberger, J. M., Portangen, S., & Daudin, J. D., 2012. 58th ICoMST, paper 346, 1-4/08, Montréal.
Siro I., Ven C., Balla C., Jonas G., Zeke I., Friedrich L., 2009. Food Engineering, 91, 353-362.
Ghavimi B., Althen T.G., Rogers R.W., 1987. Food Sci., 52, 543-544.
Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. , 1949. J. Biol. Chem. 177, 751-766.
Krause R.J., Ockerman H.W., Krol B., Moerman P.C., Plimpton J.R., 1978. Food Sci., 43, 853-855.
Hullberg A., Lundstrom K., 2004. Meat Sci., 67, 409-419.
Siegel D.J., Theno D.M., Schmidt G.R., Norton H.W., 1978. Food Sci., 43, 331-333.
Theno D.M., Siegel D.J., Schmidt G.R., 1978. Food Sci., 43, 483-487.
Wirth F., 1974, Fleischwirtschaft, 1, 19-28.

COMPORTEMENT MECANIQUE DE DEUX MUSCLES DU JAMBON PENDANT LE MALAXAGE

FAVIER R.(1), SHAREDEH D.(1), OSSWALD V.(2), DAUDIN J-D. (1)

(1) UR370 QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, INRA, F-63122 SAINT GENES CHAMPANELLE
(2) UNITE GENIE DES PROCEDES FRIGORIFIQUES, IRSTEA, F-92761 ANTONY

raphael.favier@clermont.inra.fr

Abstract: Mechanical behaviour of two ham muscles in relation with tumbling
In the manufacturing of cooked ham, tumbling is applied to the muscles before moulding and cooking in rotating drums equipped with baffles. This promotes a mechanical action on meat pieces due to hundreds of successive falls and is known to determine cooking yield and ham quality. However little information is available on the effect of this mechanical action on the basic phenomena like salt migration, protein solubilisation and denaturation... It is, however, too complicated to study the mechanical behavior of the muscles in industrial tumblers. Both the dynamic and rate of muscle deformation were estimated from high-speed films (1000 frames/s) during the end of a fall against a rigid surface. The fall height was varied from 25 cm to 1 m and two types of pork muscles were used: *Semimembranosus* (SM) and *Rectus femoris* (RF). Image analysis of about 50 films shows that the duration of muscle deformation and the maximum muscle strain varied from 20 to 120 ms and from a few % to 40%.

Introduction

Les muscles du jambon subissent une étape de malaxage ou « barattage » après injection de la saumure et avant moulage puis cuisson. La rotation des barattes industrielles provoque des centaines, voire des milliers, de chutes successives pendant une période d'une dizaine d'heures. Il en résulte un traitement mécanique, plus ou moins intense selon les propriétés rhéologiques des muscles, la dimension de la baratte et son taux de charge, qui, combiné à celui du saumurage, affecte le rendement de cuisson (Krause et al., 1987) et la tendreté et la jutosité du produit (Hullberg et Lundstrom, 2004). La dynamique et le taux de déformation des muscles en fin de chute sont totalement inconnues et ceci ne peut pas être analysé dans les appareils industriels. Le but de ce travail était d'estimer ces deux paramètres par analyse d'images de films rapides.

Matériels et méthodes

Les muscles de porc : 3 muscles *Rectus femoris* (RF, P = 450g ± 20g) et 3 muscles *Semimembranosus* (SM, P = 1250g ± 180g), ayant un pH moyen égal à 5,7 ± 0,15 4 jours après l'abattage, ont été parés tel qu'habituellement lors de la préparation des jambons, puis congelés et conservés à – 18°C en emballage sous vide. Ils ont été décongelés en une nuit à 4°C, puis sortis de leur emballage avant les essais.
Les essais : un essai consistait à laisser tomber un muscle d'une hauteur HC sur une surface rigide : 25, 50, 75 et 100 cm de façon à couvrir les hauteurs de chute existant dans des barattes industrielles de dimensions variées. Le muscle était positionné pour qu'au moment du contact avec la surface rigide cette dernière soit approximativement parallèle à l'axe de plus grande dimension du muscle. La prise de vue avec la caméra rapide était déclenchée environ 0.5 seconde avant ce contact. Chaque muscle a été testé lors de 3 répétitions pour chacune des hauteurs de chute.
Les films et le traitement des images : les films ont été réalisés avec une caméra rapide (HighSpeedStar 4G, Lavision ®), munie d'un objectif 105, à 1000 image/s avec une résolution de 1024*1024 pixels ; la résolution spatiale était de 0,34 mm/pixel. La capacité mémoire de 4 Go permettait de stocker 2,7 s de film en noir et blanc. La partie concernant la déformation était extraite, puis examinée image par image. Pour chaque image, le taux de compression (TC) vertical, égal au ratio de l'épaisseur par rapport à l'épaisseur juste avant le contact, était calculé en 3 sections, orthogonales à l'axe principal du muscle et séparant ce dernier en quatre parties d'égale longueur. La durée de déformation (Dd) correspond au temps nécessaire pour que le muscle retrouve son épaisseur initiale.

Résultats

La figure 1 présente à titre d'exemple les cinétiques moyennes de déformation, calculées pour 3 répétitions, d'un des muscles RF pour les HC minimale et maximale testées. La déformation se traduit par une compression verticale, concomitante à un étirement horizontal préférentiellement selon la section droite du muscle. Le TC maximum (TCmax) est atteint après 1/3 de Dd. Il faut logiquement plus de temps pour que le muscle retrouve sa forme initiale du fait que la viande a un comportement viscoélastique (Lepetit et Salé, 1985).
La figure 2 montre que TCmax est approximativement une fonction linéaire de la hauteur de chute. Toutefois, il faut noter le caractère éminemment variable de cette valeur ; l'écart type normé calculé à partir des valeurs

relatives à trois muscles et trois répétitions est en effet en moyenne de 26 et 44 % respectivement pour les muscles RF et SM. La variabilité plus marquée relative au SM s'explique par une moindre régularité de forme.

Figure 1 : Exemple de cinétiques de déformation d'un muscle RF pour des chutes de 25 cm (symboles blancs) et 100 cm (symboles noirs). Ecart-types relatifs à 3 répétitions.

Figure 2 : TCmax mesuré en fonction de la hauteur de chute pour les muscles RF (symboles noirs) et SM (symboles blancs). Ecart-types relatifs à 3 muscles et 3 répétitions par condition.

Discussion

Les deux critères caractéristiques de la déformation, TCmax et Dd, sont extrêmement variables. Tous essais confondus, les valeurs de Dd (minimale, moyenne ± écart-type et maximale) sont respectivement égales à (17, 28 ± 7 et 41 ms) et (31, 59 ± 19 et 127 ms) pour RF et SM. Dd est environ deux fois plus court pour le RF que pour le SM. Dd n'a cependant pu être corrélé ni au poids du muscle, ni à la hauteur de chute. Ceci suggère que la durée de déformation est indépendante de l'énergie potentielle dissipée en déformation en fin de chute, mais plutôt dépendante des propriétés rhéologiques du muscle. Il apparait en effet que l'élasticité du SM est environ 20% plus grande que celle du RF (www.porcine.unl.edu) et il est probable que la composante visqueuse soit aussi différente.

Il est surprenant que les deux muscles suivent en moyenne la même loi TCmax = f(HC) (Figure 2) alors que le SM était en moyenne 2,7 fois plus lourd que le RF. Là encore, il est probable que la différence d'élasticité compense le fait que l'énergie potentielle soit plus grande ; une élasticité supérieure requiert en effet d'appliquer une contrainte supérieure pour obtenir un même taux de déformation.

Si les valeurs de TCmax sont listés dans le même ordre que celles de Dd, elles sont respectivement égales à (3, 14 ± 5, 26 %) et (3, 15 ± 8, 42 %) pour le RF et le SM. Le simulateur de malaxage construit par notre laboratoire (Sharedeh et al., 2012) permet de contrôler TC et d'évaluer son effet sur les transferts de matière et les modifications biochimiques et structurales. Compte tenu de la grande variabilité de TCmax il parait prudent de faire varier TCmax au-delà de la valeur maximale moyenne de 20% et d'aller jusqu'à 30%.

Conclusion

La chute des muscles provoque des déformations rapides et conséquentes. Le taux de déformation maximum qui caractérise l'intensité de l'action mécanique varie selon la hauteur de chute et donc en fonction du diamètre et du taux de charge des barattes industrielles. C'est sans doute pourquoi il est si difficile de déduire les meilleures conditions de fonctionnement des appareils industriels à partir d'observations faites lors d'essais de saumurage-malaxage dans des appareils pilotes de petites dimensions.

Références bibliographiques

Hullberg A., Lundstrom K., 2004. Meat Sci., 67, 409-419.
Krause R.J., Ockerman H.W., Krol B., Moerman P.C., Plimpton J.R., 1978. Food Sci., 43, 853-855.
Lepetit J., Salé P.,1985. Sciences Alim., 5, 521-540.
Sharedeh, D., Favier, R., Auberger, J. M., Portangen, S., & Daudin, J. D., 2012. 58th ICoMST, paper 346, 1-4 August, Montréal, Canada.

DEVELOPPEMENT D'UN MODELE DE « JAMBON SEC NUMERIQUE »

HARKOUSS R. (1), CHEVARIN C. (1), DAUDIN J.D. (1), MIRADE P.S. (1)

(1) INRA, UR370 QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE

pierre-sylvain.mirade@clermont.inra.fr

Abstract: Development of a "numerical dry-cured ham" model
Since salting is essential during the dry-cured ham elaboration process, reducing salt content could affect the final product quality. The aim of this study was to build a 3D numerical model which estimates the biochemical evolution (proteolysis) as well as the distribution of salt and water contents during the first stages of dry-cured ham process: salting and post-salting stages. The simulation showed a very good prediction of profiles of salt and water content in the ham. The accuracy of the model was evaluated by comparing the predicted values of the proteolysis index (PI) at the end of the post-salting stage with the experimental PI values measured in samples extracted from Bayonne dry-cured hams. The 3D "numerical ham" built can be considered as an original software tool that could be useful to reduce the final salt content in dry-cured hams, without altering their final quality.

Introduction

Du fait de problèmes de santé publique (hypertension, maladies cardiovasculaires…), l'une des problématiques actuelles de l'industrie alimentaire, et donc des industriels de la charcuterie, est de réduire la quantité de sel dans les produits transformés, sans altérer leur qualité microbiologique et organoleptique. Toutefois, lors de la fabrication d'un jambon sec, une réduction du taux de sel se traduit par des problèmes de texture dus à une intensification de la protéolyse, pouvant nuire ensuite à l'étape finale de tranchage. Dans ce contexte, le développement d'outils basés sur la simulation numérique couplant, en fonction du temps et de l'espace, l'ensemble des phénomènes physiques et biologiques se produisant tout au long de la fabrication d'un jambon sec (transferts de chaleur et de matière, évolutions biochimiques, évolution des propriétés structurales, texturales, voire microbiologiques) est indispensable. Cet article présente le modèle de « jambon sec numérique » qui a été développé, permettant de prédire, en 3D, la dynamique d'évolution de la protéolyse et des concentrations en eau et en sel, à l'intérieur d'une géométrie réelle de jambon. Un focus sur la période de fabrication qui se déroule à basse température (3°C, salage et repos) est réalisé dans cet article.

Matériel et méthodes

A partir d'une série de 181 images 2D d'un jambon acquises par tomographie à rayons X (source IFIP), une géométrie 3D de jambon, comportant plusieurs domaines différents (grosse noix, sous-noix, nerveux-jarret, noix pâtissière, couenne, gras, os) a été construite et maillée avec le logiciel Mimics®. Sur la base de cette géométrie, les modèles permettant de calculer les vitesses de protéolyse ont ensuite été intégrés et combinés avec des modèles physiques de transferts de chaleur et de matière, sous le logiciel Comsol® Multiphysics, conduisant au modèle de « jambon numérique ». Le calcul de la protéolyse est fait en résolvant l'équation (1), où IP est l'indice de protéolyse (%) :

$$\frac{d\,IP}{d\,t} = R_i \qquad (1) \qquad \text{où :}$$

$$R_i = 8.286.10^{-4} - 1.024.10^{-2}.T + 1.147.10^{-4}.S + 1.466.10^{-4}.W - 2.62.10^{-4}.T.S + 3.254.10^{-4}.T.W - 1.746.10^{-6}.S.W$$

R_i est un terme réactionnel, donné par l'équation du modèle phénoménologique choisi pour calculer la vitesse de protéolyse en fonction des valeurs locales de température (T), de teneurs en eau (W) et en sel (S) (Harkouss *et al.* 2014). Le transfert de chaleur est simulé au moyen de la loi de Fourier. A l'interface air-jambon, une condition limite thermique particulière a été imposée de façon à calculer la densité du flux de chaleur à la surface, en tenant compte des phénomènes de convection thermique et d'évaporation de l'eau. Les transferts de matière (diffusion du sel et migration de l'eau) ont été considérés comme Fickiens. Le coefficient de diffusion du sel dans la viande maigre a été considéré comme constant (5.10^{-10} $m^2.s^{-1}$), tandis que celui de l'eau a été considéré comme variant en fonction de la teneur locale en eau (Ruiz-Cabrera *et al.*, 2004). Le modèle de « jambon numérique » a été utilisé pour modéliser les transferts de sel et d'eau, ainsi que l'évolution de la protéolyse pendant les étapes de salage réalisé selon la méthode par apport limité (durée : 15 jours) et de repos à basse température (durée : 62 jours). Le salage a été modélisé au travers de l'application sur la surface considérée d'une saumure constituée d'une masse de sel variable (655 g initialement) ajoutée à un volume d'eau constant (100 mL). Enfin, la condition limite appliquée sur la surface de salage a consisté à écrire l'égalité des a_w entre la saumure et la première couche de viande salée en contact avec cette saumure. La résolution des équations, conduite sur un PC doté de 8 processeurs, 48 Go de RAM et cadencé à 3 GHz, a nécessité un temps de calcul de 3,5 h.

Résultats

La Figure 1 montre la distribution des valeurs des teneurs en eau, en sel et d'IP prédites par le modèle lors du repos, après 5 et 11 semaines. Sur cette figure, chaque vue présente la distribution de la teneur en eau, dans une gamme 50%-75% par rapport à la matière totale (MT), sur la section située en partie basse de la géométrie du jambon, la distribution de la teneur en sel, dans une gamme 0%-10% MT, sur la section située au milieu de la géométrie, et celle de l'IP, dans une gamme 2,5%-12,5%, sur la section située en partie supérieure de cette géométrie. Pendant la phase de repos, les

résultats de simulation montrent que, quelques semaines après la fin du salage, une certaine homogénéité a commencé à s'établir dans les différentes parties du jambon. Le sel a fini par pénétrer profondément à l'intérieur du jambon. Après 5 semaines de procédé, des teneurs en sel, atteignant 4-5% MT au milieu du jambon et 2-3% dans les zones les plus profondes, ont été prédites par le modèle. Pendant ce temps, la teneur en eau du jambon a baissé progressivement dans les zones internes (68-70% MT), alors qu'une zone très sèche est apparue à proximité de la surface de salage. Du fait des évolutions des teneurs en sel et en eau, les valeurs d'IP sont logiquement plus élevées à l'intérieur du jambon, avec des IP compris entre 7 et 9%, ce qui entraîne l'apparition d'un gradient d'IP entre la zone interne du jambon et la zone située près de la surface de salage où le salage et le séchage inhibent la protéolyse (Figure 1).

Figure 1 : Exemple de distributions de teneurs en eau (W), en sel (S) et en indices de protéolyse (IP) prédites par le modèle de « jambon numérique », au cours de la phase de repos lors de la fabrication d'un jambon sec.

A la fin de la phase de repos (après 11 semaines), la distribution du sel apparaît de plus en plus homogène dans le volume du jambon, avec des valeurs d'environ 4-5% MT. Du fait de la diffusion, la teneur en sel a même diminué à proximité de la surface de salage où les valeurs de teneurs en sel les plus élevées sont maintenant prédites uniquement dans les premiers millimètres. Pendant cette période, la teneur en eau du jambon a continué à diminuer, du fait du séchage. Onze semaines ont été finalement nécessaires pour augmenter les valeurs d'IP prédites de manière très significative, notamment à l'intérieur du jambon où l'IP dépasse les 10% (Figure 1). A la fin de la phase de repos, une comparaison des valeurs d'IP prédites par le modèle avec des valeurs expérimentales mesurées sur des muscles *Biceps Femoris* (BF) et *Semimenbranosus* (SM) extraits de jambons de Bayonne a révélé un très bon accord entre les deux. Les valeurs d'IP mesurées étaient égales à 12% +/- 1% et 9% +/- 1% pour les muscles BF et SM, respectivement, soit des valeurs très proches de celles calculées (12,5% et 9,0%), démontrant ainsi la fiabilité du modèle développé.

Discussion

Le modèle développé a été utilisé pour prédire l'évolution de la protéolyse sur une période de 360 jours. Les résultats (non présentés) ont mis en évidence (1) des valeurs d'IP dépassant les 40%, soit des valeurs plus élevées que celles mesurées sur des jambons de Bayonne (environ 25%), et (2) une évolution de la protéolyse plus « linéaire » que la réalité expérimentale. A ce propos, il est intéressant de noter que l'allure de la courbe décrivant l'évolution de l'IP mesurée est similaire à l'allure de l'évolution de la concentration en produit apparu au cours d'une réaction chimique catalysée par une enzyme dite « michaélienne ». La protéolyse pourrait donc être assimilée à un mécanisme enzymatique de type michaélien. La modélisation de ce phénomène devrait donc prendre en compte la diminution de la vitesse de protéolyse avec le temps, qui résulte de la diminution de la concentration totale en protéines hydrolysables.
De plus, la version actuelle du modèle ne tient pas compte de la rétractation du jambon due au séchage (environ -40%). Cela ne permet pas de prédire correctement les dynamiques d'évolution de teneurs en sel mesurées dans les jambons industriels, qui montrent, qu'au-delà de 30 semaines, la teneur en sel du muscle BF situé en profondeur devient supérieure à celle du muscle SM situé en surface. En réalité, le sel migrant dans l'eau, la diffusion du sel s'opère jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint dans tout le volume du jambon. Ce délai long s'explique par le fait que le séchage plus important du muscle situé en surface accentue les différences de concentration en sel entre la surface et l'intérieur, ce qui provoque des gradients forts et donc une intensification du transport du sel vers les zones profondes du jambon.

Conclusions

L'outil permet de prédire, en 3D, l'évolution de la protéolyse, des teneurs en eau et en sel, mais aussi celle de l'a_w, à l'intérieur d'une géométrie réelle de jambon. Toutefois, la version actuelle du modèle a des limites, du fait de la non-prise en compte de la diminution importante du volume du jambon lors du séchage et d'une surestimation des vitesses de protéolyse. Une fois que ces améliorations auront été réalisées, le modèle de « jambon numérique » pourra être considéré comme un simulateur de procédé, permettant d'identifier le chemin technologique conduisant à la fabrication de « bons » jambons secs à teneur réduite en sodium.

Références bibliographiques

Harkouss R., Safa H., Gatellier P., Lebert A., Mirade P. S. 2014. Food Chem., 151, 7-14.
Ruiz-Cabrera M. A., Gou P., Foucat L., Renou J. P., Daudin J. D. 2004. Meat Sci., 67, 169-178.

Ce travail a été financé par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du projet ANR-09-ALIA-013-01 "Na-".

Les 15èmes Journées
Sciences du Muscle
et Technologies des Viandes

Session
« Différenciation de l'offre par la qualité »

COMPARAISON DE METHODES D'EVALUATION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DE LA CARCASSE CHEZ LES BOVINS PAR META-ANALYSE

AL-JAMMAS M. (1,2), VERNET J. (1,2), AGABRIEL J. (1,2), ORTIGUES-MARTY I. (1,2)

(1) INRA UMR1213, HERBIVORES, THEIX, F63122 ST GENÈS CHAMPANELLE.
(2) CLERMONT UNIVERSITÉ, VETAGRO SUP, UMR 1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND, FRANCE

marwa.al-jammas@clermont.inra.fr

Abstract: Comparison of evaluation methods of carcass chemical composition in cattle by meta-analysis
The most accurate determination of beef carcass quality involves chemical analyses of cut or the entire carcass. This, however, is very costly and cumbersome. An indirect approach to carcass evaluation involves proxy traits. The objective of this study was to derive quantitative relationships between measured carcass chemical composition and indirect carcass traits. A meta-analysis was applied to 24 publications in cattle. The selected indirect traits were USDA yield grade, fat thickness and marbling. USDA yield grade was the best indicator of the variations of the carcass chemical composition. Similarly, fat thickness was also a good indicator of changes in carcass chemical composition. Marbling was strongly correlated with changes in protein proportion, but not with changes in fat and moisture proportions. These results show that changes in the chemical composition of the carcass due to dietary conditions for example can be estimated from changes in carcass traits.

Introduction

La qualité de la carcasse des bovins est évaluée par une diversité de méthodes, chacune pouvant faire appel à des techniques différentes. Les méthodes directes déterminent la composition (tissulaire ou chimique) de la carcasse. L'analyse chimique (Powell et al, 1968) a été initialement appliquée sur le continent américain. La dissection tissulaire de la carcasse, principalement appliquée en Europe, permet de déterminer les rendements (Lunt et al, 1985) ou le développement tissulaire (Robelin, 1986). Elles se basent sur la dissection complète ou partielle ou sur des mesures réalisées sur des zones anatomiques ciblées (6, 10 ou 12ème côtes), suivies dans ce dernier cas d'un calcul à partir d'équations de prédiction (Hanckin and Hows, 1946). Ces mesures sont difficiles et coûteuses à mettre en oeuvre dans la pratique. Des méthodes indirectes sont couramment utilisées. En Europe il s'agit des notes de conformation et d'état d'engraissement déterminant classement et prix/kg de la carcasse. Dans d'autres pays, l'épaisseur de gras sous-cutané, le persillé, la note USA de rendement de viande et la surface du muscle Long Dorsal sont utilisés. Les notations utilisent différents barèmes (ex : sur 8, 10 ou 30 points pour le persillé). Cette diversité d'approches rend difficile la comparaison des résultats quantitatifs publiés. Les méthodes directes et indirectes ont été comparées, mais de façon très partielles (ex. Powell et al., 1973 ; O'Mara et al., 1998). L'objectif de cette étude était de déterminer les relations quantitatives entre les variations d'indicateurs indirects de la composition de la carcasse et les variations de mesures directes chez les bovins à partir de l'ensemble des résultats publiés. Cette comparaison cible ici la composition chimique de la carcasse.

Matériel et méthodes

Une base de données ALICAR (Alimentation–Carcasse) a été mise en place pour regrouper les données publiées à l'échelle mondiale concernant la composition du corps et de la carcasse des ruminants en relation avec leur alimentation. Les publications rapportant des résultats de composition chimique de la carcasse [teneurs en lipides, protéines et eau, exprimées en % du poids de carcasse froide (PCF)] obtenus à la fois par des méthodes directes et indirectes ont été sélectionnées (n=24). Des méthodes de méta-analyse (Sauvant et al, 2008) ont été appliquées en intra-expérience pour s'affranchir des autres facteurs de variation (race, sexe...). Des modèles GLM de variance-covariance ont été établis, en incluant le facteur expérience dans le modèle. Les indicateurs indirects de composition chimique de la carcasse, disponibles, étaient :

1- la note USA de rendement de viande (NtRV, apparue en 1965 pour prédire le rendement en viande rouge de la carcasse). Elle varie de 1 à 5, 1 étant la valeur la plus souhaitable. Elle est calculée à partir de cette formule :

NtRV = 2.5 + (0,098 x épaisseur gras sous-cutané, mm) + (0,0084 x Poids carcasse chaude, kg) + (0,2 x gras périrénal, pelvien et cardiaque, %) – (0,0496 x Surface Muscle LD, cm2)(USDA, 1965)

2- l'épaisseur de gras sous-cutané (EpG) en mm mesuré au niveau lombaire.

3- la note de persillé (NPer) sur 10 points après harmonisation de l'échelle de notes (3-léger, 4-faible, 5-modeste…).

Résultats

Les données utilisées sont issues de 32 expériences réalisées sur bovins, soit au total 165 traitements. La majorité des expériences (n=31) a été conduite aux USA. Les animaux différaient par leur sexe (83% de mâles castrés, implantés ou non) ou leur race (67% de races à viande). Les valeurs moyennes et la dispersion des données de composition chimique mesurée et d'indicateurs sont rapportées (Tableau 1). Pour chaque constituant chimique, trois indicateurs ont été sélectionnés pour établir les modèles intra-expérience (Tableau 2). Les proportions de lipides de la carcasse varient positivement avec tous les indicateurs (Modèles I, II, III), alors que les proportions de protéines et d'eau varient négativement (modèles IV, V, VI, VII, VIII, IX). Les variations de pourcentage de lipides sont mieux reliées aux

variations de NtRV (modèle I) et EpG (Modèle II) qu'aux variations de NPer (modèle III), en raison d'écart-types résiduels plus faibles et de coefficients de détermination R^2 plus élevés. Toutefois NtRV conduit à une pente plus élevée que EpG et explique 72 contre 56 % de la variance du modèle. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus pour les pourcentages de protéines et d'eau (modèles IV, V, VII, VIII). NPer explique mieux les variations de pourcentage de protéines de la carcasse que celles de pourcentage de lipides (modèles VI, III), Cela s'explique par le fait que le persillé est mesuré au niveau musculaire et qu'il varie plus avec le dépôt protéique qu'avec le dépôt adipeux.

Tableau 1: Valeurs moyennes, écarts-types (ET), minimum (Min), maximum (Max) et médiane (Med) des poids de carcasse, composition chimique et indicateurs indirects de la carcasse.

Variable	Moyenne	ET	Min	Max	Med
Poids carcasse chaude, kg	303,6	40,3	187,5	413,3	305,0
Poids carcasse froide, kg	297,4	39,7	182,9	405,0	298,9
Protéines en % poids carcasse froide	15,7	2,3	13,9	25,0	15,1
Lipides en % poids carcasse froide	30,2	3,8	13,7	38,8	30,8
Eau en % poids carcasse froide	52,5	1,8	47,0	56,1	52,1
Epaisseur de gras sous-cutané, mm	11,1	3,2	3,3	19,8	11,4
Note de persillé /10	4,1	0,7	2,6	6,4	3,9
Note USA de rendement de viande	2,8	0,4	1,8	4,1	2,9

Tableau 2: Relations intra-expérience entre la composition chimique de carcasse (lipides, protéines et eau en % du PCF) et les indicateurs indirects [note USA de rendement de viande (NtRV), épaisseur de gras sous-cutané (EpG, mm), et note de persillé (NPer/10)].

Modèle	Réponse,Y	N expé	N trait	α (ET)	β prédicteurs (ET)			R^2 ajusté	ETR
					NtRV	**EpG**	**NPer**		
I	**Lipides**	27	137	14,66 (0,83)	5,55 (0,29)			0,90	1,04
II		30	154	20,06 (0,56)		0,88 (,05)		0,92	1,15
III		26	142	18,10 (1,37)			3,05 (0,32)	0,74	1,66
IV	**Protéines**	20	89	19,79 (0,25)	-1,55 (0,09)			0,96	0,25
V		22	101	18,44 (0,14)		-0,25 (0,01)		0,99	0,26
VI		19	94	19,75 (0,37)			-1,01 (0,08)	0,91	0,35
VII	**Eau**	20	89	65,68 (0,71)	-4,72 (0,25)			0,90	0,71
VIII		18	72	59,25 (0,56)		-0,63 (0,05)		0,84	0,72
IX		19	94	64,97 (1,10)			-2,96 (0,25)	0,79	1,05

Expé : expérience ; trait : traitement ; α: ordonnée à l'origine; β: pente; ET(R): écart type (résiduel), PCF : poids carcasse froide

Discussion

Dans notre travail, NtRV et EpG semblent les mieux reliés aux variations de composition chimique de la carcasse. Pour NtRV, cela s'explique par son calcul réalisé à partir d'une combinaison de variables qui expriment la quantité de muscles et de tissus adipeux périrénal, ce dernier étant lié aux tissus adipeux du 5ème quartier. Ces résultats confirment ceux de O'Mara et al. (1998) qui ont montré à partir de données individuelles que NtRV est le meilleur prédicteur de la composition tissulaire de la carcasse. EpG est également un bon prédicteur des variations de composition chimique de la carcasse malgré une moindre sensibilité (indiquée par les pentes). Cela découle de la prise en compte de EpG dans le calcul de NtRV. EpG exprime la quantité des tissus adipeux sous-cutanés qui est positivement liée au pourcentage de lipides totaux (Robelin et Casteilla, 1990). EpG est liée négativement aux proportions de protéines et d'eau de la carcasse, en raison des corrélations négatives entre protéines et lipides à même poids de carcasse. Nos résultats obtenus à partir de données publiées de moyennes de lots d'animaux présentent une meilleure précision que ceux de Powell et al.(1973) obtenus sur données individuelles et concerne une plus grande variété de situations (types d'animaux, condition d'élevage …) grâce à une méta-analyse en intra-expérience. Le fait que NPer soit le prédicteur le moins satisfaisant s'explique par sa subjectivité relative, comme le souligne O'Mara et al. (1998).

Conclusion

Nos résultats ajustés sur des animaux très engraissés montrent que des indicateurs indirects peuvent être de bons prédicteurs des variations de composition chimique de la carcasse. L'exploration de ces relations devra être complétée en prenant en compte d'autres facteurs (race, sexe, état…). Selon les données disponibles, cette analyse devra, être élargie aux indicateurs Européens afin de les relier également aux variations de composition tissulaire..

Références bibliographiques

Hankins, O. G., and P. E. Howe. 1946. USDA Tech. Bull. 926, Washington, DC.
Lunt, D. K., Smith, G. C., McKeith, F. R., Savell, J. W., Riewe, M. E., Horn, F. P., et al. 1985. J. Anim Sci. 60, 1201-1207.
O'Mara, F. M., Williams, S. E., Tatum, J. D., et al. 1998. J. Anim. Sci.76: 1594-1603.
Powell, W. E., and Huffman, D. L. 1968. J. Anim.Sci. 27. 1554-1562.
Powell, W. E., and Huffman, D. L. 1973. J.Anim.Sci. 36, 1069-1076.
Robelin J (1986) Thèse d'état, Université de Clermont Il.
Robelin, J., and L. Casteilla. 1990. Prod. Anim. 3:243–252.
Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J.J., St-Pierre N.P. 2008.J.Anim Sci. 2.1203-1214.

L'IMAGERIE APPLIQUEE A LA MESURE DE COMPOSITION EN TISSUS DE LA 6EME COTE DU BOVIN

MEUNIER B., BONNET M., PICARD B., ORTIGUES-MARTY I., AGABRIEL J., DE LA TORRE A., SEPCHAT B., MICOL D.

INRA, UMR 1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GENES CHAMPANELLE
CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR 1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND

bruno.meunier@clermont.inra.fr

Abstract

An imagery system for measuring the major constituents from the 6th rib of bovines

The meat industry, consumers, and researchers on muscle science, are interested in rapid, non-destructive and precise instruments to characterise the entire beef carcass or a simple piece of meat. Imaging techniques are able to separate and quantify major constituents of interest, such as muscle and fat. In this paper we describe a new device allowing visible and fluorescent imaging of a cross section of the 6th rib in association with an algorithm of virtual dissection. This software calculates the area of tissues (different muscles, intramuscular and intermuscular fat, bone, etc) and the percent of their spatial occupation (e.g. marbling). We analysed samples from 29 young bulls and this demonstrated that our tool and the measuring method was reproducible, being potentially more interesting than the real dissection (weight) and finally able to predict overall carcass adipose tissues.

Introduction

Les filières de production de viande bovine, les consommateurs, mais aussi les instituts de recherche du secteur, sont demandeurs d'instruments rapides, précis et non invasifs capables de caractériser les constituants majeurs d'une pièce de viande (muscle, gras, os…). De tels outils seraient utiles pour des besoins aussi variés que la prédiction de la composition des carcasses (paiement de l'éleveur, orientation de la carcasse…) ou bien, plus finement, l'estimation de la quantité des lipides intramusculaires d'un morceau (qualité nutritionnelle, phénotypage…). Différentes modalités d'imagerie (multispectrales, échographiques...) ont déjà été explorées pour répondre à certains de ces objectifs (Craigie et al. 2013), mais aucune n'est réellement satisfaisante pour appréhender tant la diversité des tissus que leur répartition spatiale ou leur géométrie. Nous avons donc conçu un instrument couplant imagerie dans le visible et imagerie de fluorescence de la 6ème côte du bovin, morceau accessible lors de la découpe et potentiellement représentatif de la carcasse (Nade et al., 2007). Associé à un traitement semi automatique des images, cet outil a été évalué sur sa capacité à mesurer la proportion des constituants tissulaires qui composent la 6ème côte. En outre, sa capacité à mesurer des différences individuelles de composition tissulaire a été évaluée sur des bovins différant par leur composition corporelle (Sepchat et al., 2013). Nous proposons ici de décrire l'outil, et de fournir quelques éléments de ses performances ainsi que de validation, à la fois technique et biologique.

Matériel et méthodes

Vingt neuf jeunes bovins charolais (poids vif vide moyen 641 kg à l'abattage) ont été sélectionnés sur leurs différences de poids en tissus adipeux du 5ème quartier et de proportion en tissu adipeux dans la carcasse (Sepchat et al., 2013) estimée par intégration du poids de certains tissus ou os dans des équations de prédiction (Robelin et Geay, 1976). A 24h après l'abattage, leur 6ème côte a été prélevée et positionnée dans un banc d'imagerie macroscopique étanche équipé d'un rétro-éclairage diffus dans le visible (4000K) et d'une épi-illumination à 45° dans l'UV (365nm). L'ensemble de ce dispositif permet de créer les contrastes nécessaires pour envisager un traitement semi-automatisé des images. Une caméra numérique couleur Sony DFW-SX900 a permis l'acquisition simultanée de 2 images, (1) dans le visible et (2) en fluorescence (figure 1A, 1B), en conditions contrôlées. Les couples d'images ont été analysés grâce à une application que nous avons développée sous Visilog 6.9 (© FEI-VSG, France). La segmentation finale (figure 1C), réalisée pour certains tissus par classification de pixels (automatique) et pour d'autres par seuillage et découpe de l'image (manuel), a permis de calculer, entre autres, les surfaces (cm²), les épaisseurs (cm) et les pourcentages d'occupation des divers tissus présents dans le plan de la coupe. Il s'agit de huit muscles entiers (M8 à M15) et leurs gras intramusculaires, un gras sous-cutané (GSC), un gras intermusculaire (G89) localisé entre les muscles M8 et M9, le reste des gras intermusculaires et des muscles incomplets après application d'un masque de standardisation sur les échantillons, et enfin l'os, le cartilage, le tendon et des zones de tissus conjonctifs. Le même échantillon a été disséqué par un boucher et chaque élement a été pesé (g). Afin d'évaluer la reproductibilité de la dissection virtuelle, les résultats obtenus par deux opérateurs ont été comparés par test-t et coefficient de corrélation de Pearson (r). Les relations entre dissection virtuelle, dissection bouchère et estimation des poids de tissus adipeux totaux ont également été évaluées (r).

Résultats

L'analyse semi automatisée des images a nécessité en moyenne 9 min par échantillon. Les résultats de dissection virtuelle obtenus par les deux opérateurs n'étaient pas significativement différents hormis pour le cartilage et le gras intramusculaire des muscles M8, M9 et M14, ce qui peut s'expliquer par l'application d'un seuil de séparation du gras significativement différent entre les 2 opérateurs. Cette différence n'a néanmoins pas impacté la majorité des autres mesures puisque nous observons une différence moyenne de 2% sur la mesure de surface des muscles et de 0,8% pour les gras intermusculaires. Les corrélations les plus élevées, entre les deux opérateurs, ($r > 0,8$) ont été observées pour les tissus dont les frontières étaient le plus visuellement marquées (M8, M9, M11, M12, G98, GSC). Les corrélations entre dissection virtuelle et bouchère ont été assez fortes ($r > 0,7$) exception faite pour l'os et les déchets. Les surfaces des muscles, os, tendon et cartilage de la 6ème côte n'étaient pas différentes entre les 29 taurillons, par contre les surfaces de tous les tissus adipeux (sous cutané et intermusculaires) étaient différentes ($P \leq 0,05$). En outre, la surface totale des tissus adipeux de la 6ème côte est corrélée ($P < 0,05$, figure 1 D et 1E) avec des données de composition en tissus adipeux mesurées au niveau des carcasses : les poids relatifs des tissus adipeux du 5ème quartier (internes et sous-cutané partiel) et la proportion estimée des tissus adipeux totaux dans la carcasse. Les surfaces totales des muscles sont corrélées aussi ($P < 0,05$, $r = 0,72$) avec la proportion de muscle estimée dans la carcasse.

Figure 1 : Couple d'images brutes acquises à partir d'une 6éme côte dans le visible (A) et dans l'UV (B). Image résultat (C) obtenue après segmentation semi-automatique (M8 : trapezius thoracis, M9 : rhomboideus, M10 : spinalis dorsi, M11 : longissimus thoracis, M12 : semispinalis capitis ,M13 : serratus dorsalis cranialis, M14 : iliocostalis, M15 : multifidi cervicis). Relations entre surface totale (cm²) des dépôts adipeux (sous-cutané et intermusculaires) de la 6ème côte mesurée par imagerie et poids des dépôts adipeux du 5ème quartier (D) ou poids des dépôts adipeux totaux (E) exprimés en % poids de la carcasse chaude (%PCC)

Discussion

L'utilisation de cet outil s'avère intéressant du fait de ces performances (temps d'analyse, mesures morphologiques normalisées et reproductibles) qui restent améliorables (résolution de la caméra et algorithme). Contrairement à la dissection bouchère, il n'est pas sujet à certaines sources de variabilité (ex : épaisseur de la côte) et n'est potentiellement pas destructif. Il nécessite néanmoins une certaine expertise pour distinguer les tissus. La segmentation du tissu adipeux reste fastidieuse et subjective mais pour autant n'impacte pas fortement nos résultats, hormis ceux de gras intramusculaires. Ce biais pourrait néanmoins être évité en automatisant entièrement cette étape d'analyse. Les relations significatives entre les surfaces des tissus adipeux sous-cutanés et intermusculaires de la 6ème côte mesurées par imagerie, et les poids en tissus adipeux sous-cutané, abdominaux et internes (5ème quartier) ou totaux estimés dans la carcasse indiquent que l'imagerie optique est une technique efficace pour estimer la composition tissulaire des carcasses, exception faite de l'os pour lequel d'autres techniques sont plus appropriées (tomographie RX).

Conclusion

Cet outil d'imagerie estime la composition en tissus de la 6ème côte, elle-même indicatrice de la composition en tissus de la carcasse. L'utilisation de cet outil pour estimer la composition en tissus des carcasses requiert maintenant la définition d'une grille de correspondance ou d'équations pour passer des surfaces à des teneurs en tissus. Enfin, cet outil, non destructeur de la 6ème côte, mesure le persillé de la viande et possède des perspectives de mesures additionnelles (ex : colorimétrie, texture).

Les auteurs remercient les bouchers de l'abattoir expérimental de l'INRA-UERT, Nicolas Prugne et Jean-Luc Montel.

Références bibliographiques

Craigie et al., 2013. Livestock Science, 158, 169-178.
Nade et al., 2007. Animal Science Journal, 78, 567-574.
Robelin et Geay, 1975.Bulletin technique CRZV Theix, INRA., 22, 41-43.
Sepchat B et al., 2013. Rencontre Recherche Ruminant, 20, 169-172

CONSTRUIRE DE NOUVELLES METHODES D'ANALYSE SENSORIELLE POUR APPRECIER LES PRODUITS CARNES OVINS ET BOVINS AQUITAINS SOUS LABEL ROUGE

ELLIES-OURY MP. (1), ROUSSEAU G. (1), PAPILLON S. (1), DAUVERGNE A. (2), ARRANZ JM. (3), RECONDO X. (4), JACOB H. (1), MICOL D. (5,6)

(1) BORDEAUX SCIENCES AGRO, CS 40 201, 33 175 GRADIGNAN CEDEX
(2) GIE HERBIVORES AQUITAINE, 3 BIS AV. LEONARD DE VINCI, 33 608 PESSAC CEDEX
(3) GIS-ID64 LABORARIEN ETXEA 64120 SAINT PALAIS
(4) INSTITUT JEAN ERRECART, BP 44, 64 120 SAINT PALAIS
(5) INRA, UMR1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE
(6) VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000, CLERMONT-FERRAND,

marie-pierre.ellies@agro-bordeaux.fr

Abstract
Establishment of a sensory grid to prove sensory superiority of Label Rouge beef from Aquitaine

The Defense and Management Organisation are allowed to use an alternative COFRAC method (program 133) to prove the sensory superiority of Red Label (LR) products. In Aquitaine, there are 4 beef LR and 1 milk-lamb LR. At first, a jury of qualified people from each link of the supply chain (breeders, slaughterers, butchers) was established and trained. The jury was trained to generate vocabulary, select descriptors and identify cuts and samples the most adapted to highlight sensory gaps. Secondly, a sensory grid was established to highlight intrinsic characteristics of the LR meat samples and their sensory superiority in comparison with a standard product. Thirdly, the grid has also been tested (beef) or will be tested (lamb) by a mixed panel made up of professionals of the supply chain, together with diligent consumers, successfully validating descriptor relevance and the better performances of LR products.

Introduction

Depuis février 2009, l'INAO a offert aux Organismes de Défense et de Gestion (ODG) la possibilité d'utiliser une méthode alternative au programme 133 du COFRAC pour prouver la supériorité sensorielle des produits Label Rouge (LR). Cette méthode vise à définir de nouvelles grilles d'analyse sensorielle qui permettront de mettre en évidence les spécificités des produits sous LR et de prouver leur qualité supérieure lors d'un test les comparant à un produit standard. En Aquitaine, il existe un LR en agneau de lait : l'Agneau de Lait des Pyrénées (ALP) et quatre LR en viande bovine : Bœuf Blond d'Aquitaine, Bœuf Excellence, Bœuf de Chalosse et Bœuf de nos Campagnes.
Deux études similaires, l'une sur la viande d'agneau de lait et l'autre sur la viande bovine, ont donc été engagées à l'initiative des ODG en charge des LR cités précédemment afin de proposer une méthode alternative plus adaptée aux caractéristiques des produits que ne l'était le programme 133 du COFRAC et d'identifier éventuellement des modifications à apporter dans les différents cahiers des charges LR. La présente communication vise à faire état de la méthodologie utilisée dans chacune des deux espèces et des résultats obtenus aux différentes étapes.

Matériel et méthodes (Tableau 1)

Un premier état des lieux des caractéristiques spécifiques des viandes LR a été réalisé par enquêtes auprès d'experts connaissant parfaitement ces produits. Un jury de personnes qualifiées représentant les différents maillons de chacune des filières a ensuite été constitué et formé aux évaluations sensorielles. Pendant 15 heures de formation dispensées lors de séances thématiques, les deux jurys ont généré du vocabulaire, sélectionné les descripteurs, donné des définitions à ces termes et identifié les muscles / échantillons les plus adaptés pour mettre en évidence les écarts sensoriels. Puis, une grille d'évaluation sensorielle des viandes qui permette de mettre en évidence les caractéristiques intrinsèques des viandes sous LR et leur spécificité en comparaison avec un produit standard a été co-construite avec les professionnels de terrain. Il a également été nécessaire de formaliser un protocole d'évaluation reprenant les modalités de choix, de cuisson et de présentation des échantillons. Enfin, cette grille a été (ou sera) soumise à un jury mixte constitué à la fois d'opérateurs de la filière et de consommateurs avertis, afin de valider d'une part la pertinence des descripteurs retenus pour caractériser les produits LR, de mettre en évidence leur spécificité et in fine de prouver leur supériorité.

Résultats

Travail sur la viande d'agneau de lait des Pyrénées (ALP). Si les descripteurs semblent communément partagés par les experts enquêtés (la viande est très claire, suave, fondante, moelleuse, avec un goût peu prononcé et des arômes doux), il n'y a en revanche pas de consensus sur le morceau à utiliser (épaule, gigot, carré présenté entier ou en côtelette), son mode de cuisson (2h à 60°C ou 20 minutes à 300°C ; four ou poêle) ou de préparation (avec ail et thym, avec thym ou sans aromate) et l'animal standard auquel comparer l'ALP (agneau de 80 ou de 150 jours).
La grille mise en évidence (Tableau 2) permet d'indiquer que visuellement, la côtelette d'ALP est significativement ($p<0,05$) plus claire, avec un gras plus blanc et moins de gras intra et intermusculaire. Les dégustations en lumière

blanche ont permis de noter que l'écart entre ALP et agneau standard de 150 jours est marqué sur le gigot et la côtelette, l'ALP étant plus clair, plus fondant, plus tendre/moelleux, avec un grain plus fin, avec une mâche plus délicate / moins caoutchouteuse, avec moins de nerfs, une chair plus juteuse et un goût plus fin. Mais il a également été évalué plus déstructurée et manquant de tenue. Présentés « en aveugle » (lumière bleue), les échantillons des trois morceaux sont identifiés comme significativement différents, les écarts étant plus marqués sur le gigot.

Travail sur la viande bovine Label Rouge. Les caractéristiques spécifiques et les descripteurs communs des viandes de chaque LR déterminés par enquêtes mettent en évidence les points suivants: avant dégustation, la couleur et la tenue sont des aspects importants ; à la dégustation, l'accent est porté sur le « goût de viande », les arômes persistants, la tendreté et le « goût de noisette » du gras. En parallèle, les animaux les plus représentatifs de chacun des LR ont été identifiés par traitement des données issues des abattoirs. La vache Blonde d'Aquitaine U3, de 460 à 510 kg de carcasse, représente plus de 80 % des animaux dans chacun des quatre LR. Après avoir généré du vocabulaire et caractérisé les spécificités du produit LR, les jurés ont été formés aux évaluations sensorielles afin d'être capables de tester et le cas échéant de valider la grille proposée.

Tableau 1 : Méthode mise en œuvre pour construire la nouvelle approche sensorielle

	Travail sur les LR bovins	**Travail sur le LR ALP**
Etape 1 : enquête sur les spécificités du produit	**18 experts** : 4 à 5 opérateurs de chaque ODG (éleveurs, bouchers, abatteurs, commerciaux, chevillards)	**15 professionnels** de la filière ALP (éleveurs, opérateurs de la filière) **ou utilisateurs** du produit (restaurateurs, traiteurs)
Etape 2 : constitution du jury	**16 jurés** (4 opérateurs par ODG : 1 éleveur, 1 abatteur, 1 commercial et 1 boucher)	**12 jurés issus de différents horizons** (éleveurs, opérateurs de la filière, restaurateurs, traiteurs, bénévoles investis dans d'autres signes de qualité)
Etape 3 : formation aux évaluations sensorielles et formalisation d'une grille	**15 heures de formation** / jury **35 tests** différents par jury (monadiques, comparatifs, triangulaires) objectifs : co-construction d'une grille et formalisation d'un protocole	
Etape 4 : validation de la grille	**jury mixte constitué 21 jurés** : 8 des 16 jurés professionnels et de 13 consommateurs	à réaliser

Tableau 2 : Principaux éléments du protocole à utiliser pour la suite des travaux

	Travail sur les LR bovins	**Travail sur le LR ALP**
identification du support à utiliser lors des séances	1 évaluation visuelle sur entrecôte entière crue 1 évaluation visuelle sur entrecôte entière cuite 1 dégustation sur entrecôte ou rumsteck	1 évaluation visuelle sur côtelette entière crue 1 évaluation visuelle sur côtelette entière cuite 1 dégustation sur gigot (en lumière bleue)
identification du mode de préparation des échantillons	cuisson au grill double face entre feuilles d'aluminium steak de 1,5 cm d'épaisseur, 90 secondes à 300 °C pour une température de 55°C à cœur	cuisson sous vide à basse température (60°C – 2 h) dans un four à chaleur humide avec réchauffage au bain-marie légère aromatisation avec une pointe de thym
identification de l'animal standard	une vache laitière peu conformée et maigre : notée P2, maturée moins de 5 jours	agneau de 150 jours (pour ce travail, l'ensemble des agneaux témoins avaient été nés, élevés et abattus en France)

Discussion

Travail sur la viande d'agneau de lait des Pyrénées (ALP). Différents modes de cuissons ont été testés et donnent des résultats équivalents. Aussi est-il préférable de choisir une méthode facile à mettre en œuvre et répétable telle que la cuisson à basse température avec réchauffage au bain-marie. L'ALP étant à l'origine d'une viande aux arômes doux et au goût peu prononcé, la préparation des morceaux avec quelques aromates (léger assaisonnement avec du thym) sans excès toutefois afin de ne pas marquer la viande avec des goûts « parasites » doit être préférée. Concernant l'évaluation sensorielle, si la présentation en lumière bleue permet de gommer les à-priori positifs des jurés sur la viande qu'ils savent « à l'œil » être de l'ALP, il n'en ressort pas moins que l'ALP est significativement mieux noté que l'agneau standard dans les trois morceaux (1 à 3 points sur 10), ayant un goût beaucoup plus fin / léger en bouche et étant perçu comme plus doux, plus délicat, plus onctueux et plus subtil.

Travail sur la viande bovine Label Rouge. La grille validée comporte 3 volets : 1) une évaluation visuelle sur viande crue, 2) une évaluation visuelle sur viande cuite, 3) une évaluation gustative sur viande cuite. Pour exacerber les écarts sensoriels entre viandes LR et Standard, il est important de se mettre dans des conditions optimales en choisissant de façon pertinente l'animal standard, le muscle et la cuisson les plus appropriés (Tableau 2). Mise à l'épreuve d'un jury mixte au cours de 2 séances successives, cette grille s'avère effectivement opérationnelle. Les viandes LR sont en moyenne mieux notées (de 0,5 à 1,5 point sur 10) que les viandes Standard pour plusieurs descripteurs ; elles ressortent notamment significativement plus vives, plus brillantes et avec un grain plus fin.

Conclusion

Outre la création et la validation des deux grilles d'évaluation spécifiques aux produits LR d'Aquitaine, les travaux réalisés ont permis une meilleure caractérisation sensorielle des viandes. Dans la continuité, des travaux sont en cours afin d'affiner la caractérisation sur les plans physicochimiques et nutritionnels.

Ce travail a pu être réalisé grâce au soutien financier de la région Aquitaine. Les auteurs remerciement A. Richard, P. Cavard et M. Dayde ainsi que les jurés dont l'assiduité et la rigueur ont permis la réalisation de ce travail.

LES LIGNEES ISOGENIQUES : UN MODELE D'ETUDE DE LA QUALITE CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL

LEFEVRE F. (1), KERNEIS T. (2), DUPONT-NIVET M. (3), JOUQUAN A. (1), LEBRET V. (1), LABBE L. (2), QUILLET E. (3), BUGEON J. (1)

(1) INRA, UR1037 LPGP, CAMPUS DE BEAULIEU, 35042 RENNES CEDEX FRANCE
(2) INRA, UE0937 PEIMA - LE DRENNEC - 29450 SIZUN, FRANCE
(3) INRA, UMR1313 GABI, DOMAINE DE VILVERT, 78352 JOUY-EN-JOSAS CEDEX, FRANCE

Florence.Lefevre@rennes.inra.fr

Abstract:
Isogenic lines: A model to study quality of rainbow trout
Among fish quality traits, flesh texture is an important sensory quality trait for consumers as well as for processing plants during filleting or slicing. Ten rainbow trout isogenic lines were screened for quality criteria (morphology, yields, fillet color and texture). Differences between lines were observed for all quality related traits, but were more pronounced for fish morphology and fillet color and texture. Preliminary analysis of muscle characteristics (histology, expression of candidate genes) in some lines show that fillet firmness is associated with smaller white fibers and higher level of expression for some genes coding extracellular matrix compounds. Differences in quality parameters between lines will have to be confirmed with larger fish.

Introduction

Parmi les paramètres de qualité, la texture de la chair est une qualité essentielle, non seulement pour les propriétés sensorielles du produit, mais aussi pour l'aptitude à la transformation des filets (filetage, tranchage). La texture de la chair de poisson est, comme celle des viandes, un caractère complexe dépendant des caractéristiques des différentes tissus du muscle (adipeux, conjonctif, fibres musculaires) et de leur développement relatif. Les bases biologiques de la texture restent toutefois mal connues (Lefèvre et al., 2008). Des travaux préliminaires ont montré que des paramètres de résistance mécanique des filets, mesurés dans les heures qui suivent l'abattage, présentaient des héritabilités moyennes (0.25-0.47) (Dupont-Nivet et al., 2012) ce qui permet de suspecter l'existence d'une variabilité génétique notable de ces propriétés. La disponibilité d'un modèle d'étude de groupes génétiques présentant des performances contrastées peut permettre de mieux comprendre les bases biologiques de ces caractères complexes. Néanmoins, l'obtention de lignées sélectionnées pour des textures différentes serait un processus long et coûteux. Une alternative est d'exploiter la diversité phénotypique et génétique représentée dans la collection de lignées isogéniques de truite arc-en-ciel développées à l'INRA (Quillet et al., 2007). En effet, ces lignées et leurs croisements, constitués d'individus génétiquement identiques, ont déjà montré une grande variabilité phénotypique pour des caractères très divers (reproduction, utilisation de l'aliment, résistance aux maladies). L'objectif de ce travail était donc de les caractériser pour différents critères de qualité afin d'identifier les plus divergentes qui permettront de mieux comprendre les déterminants de la qualité des produits.

Matériel et méthodes

Dix lignées isogéniques hétérozygotes ont été obtenues par croisement entre une lignée maternelle unique et les néomâles de 10 autres lignées, ce qui permet de limiter les biais liés aux effets maternels. Chaque lignée est élevée en triplicats. Au stade portion (1 an, 300g), la morphologie des animaux (mesures de poids, longueur, épaisseur), les rendements de transformation (rendement carcasse, rendements en viscères, rendement en filets), l'état d'engraissement (évaluation fat-meter® à l'abattage et mesure de la teneur en matières sèches (MS) musculaire à 48h *post-mortem*) et la qualité de leur chair (mesures instrumentales de la couleur et de la texture) ont été évalués à l'abattage et à 48 h *post-mortem* sur les filets crus. Des prélèvements de muscle ont été réalisés, fixés dans du Carnoy avant déshydratation et inclusion dans la paraffine pour les analyses histologiques, ou congelés dans l'azote liquide puis conservés à -80°C pour l'analyse du niveau d'expression de gènes d'intérêt par qPCR. Les données ont été analysées en ANOVA après vérification de la normalité des distributions.

Résultats et discussion

Au sein d'une lignée isogénique, tous les poissons sont porteurs du même génome (variabilité génétique nulle), et la variabilité observée sur les paramètres mesurés résulte donc uniquement d'effets de l'environnement au sens large. On s'attend donc à une variabilité phénotypique à l'intérieur de chaque lignée plus faible que dans des populations standard. La variabilité entre lignées correspond aux différences de fond génétique entre lignées. Un effet "lignée" significatif a été observé pour tous les paramètres de qualité, ce qui confirme l'existence d'un déterminisme génétique pour ces paramètres. Les différences mesurées sont d'autant plus nettes que la variabilité intra-lignée est effectivement faible (voir le CV dans le tableau 1), plus faible que le CV inter-lignée ou les CV généralement mesurés sur des cohortes de poissons standard au même stade. On peut toutefois noter que le CV est, pour un même paramètre, très variable d'une lignée à l'autre.

Les principaux paramètres pour lesquels les différences inter-lignées sont importantes sont la morphologie, la couleur et les paramètres de texture des filets (tableau 1). Un écart relatif de 21% a été observé entre la valeur la plus faible et la plus élevée du coefficient de condition (K=poids/longueur^3), ce qui révèle des différences marquées de conformation (poissons "allongés" ou "trapus"). L'adiposité des poissons, évaluée, d'une part par une mesure de Fat-meter®, et d'autre part par une mesure de la teneur en MS musculaire, n'a par contre révélé que peu d'écart entre lignée (1.6% sur la valeur de Fat-meter® et 2% sur la teneur en MS, en valeurs absolues), alors qu'une sélection divergente peut conduire à un écart de plus de 6% sur la teneur en MS après 7 générations de sélection. En ce qui concerne la qualité de la chair, la luminosité (L*) des filets varie assez peu entre lignées, en revanche les composantes colorimétriques rouge (a*) et jaune (b*) sont très différentes d'une lignée à l'autre. La pigmentation de la chair chez les salmonidés est liée à la capacité de ces espèces à fixer des pigments caroténoïdes, apportés par l'alimentation, au niveau du tissu musculaire (Choubert, 1992). Les différences de couleur que nous mesurons peuvent être dues à des variations de quantité de pigments fixés au niveau musculaire, ou à des variations de structure musculaire (taille des fibres, teneur en lipides).
Un des objectifs majeur de ce travail était d'identifier des lignées avec des textures des filets très distinctes. Nous avons obtenu des différences de 20 à 30%; entre les lignées les plus extrêmes, sur les paramètres de texture (tableau 1). Nous disposons donc d'un modèle permettant d'explorer les bases biologiques sous-jacentes à ces différences de résistance mécanique. Les premières analyses sur les deux lignées les plus extrêmes montrent une différence significative pour la distribution de taille de fibres entre ces deux lignées. Par exemple la lignée la plus ferme a un diamètre moyen des fibres du muscle blanc de 52.6±2.6µm contre 59.9±1.8µm pour la lignée la moins ferme (n=10, $p<0.001$). Une telle relation entre une plus grande fermeté associée à la présence de petites fibres musculaires est souvent observée (Lefèvre et Bugeon, 2008) mais les écarts mesurés ici entre ces deux lignées sont plus importants que ceux communément mesurés. Enfin, la mesure du niveau d'expression de gènes préalablement identifiés comme marqueurs de fermeté sur trois lignées présentant des différences de texture (une "ferme", une "moyenne" et une "molle") a validé un différentiel d'expression de ces gènes associé à la différence de fermeté. Ainsi, le niveau d'expression du gène ColVα1 est corrélé aux paramètres de résistance mécanique des filets crus à l'abattage ou à 48h *post-mortem*, avec des coefficients de corrélation, r, allant de 0.55 à 0.79 (n=10, $p<0.001$).

Tableau 1 : Caractéristiques des poissons et paramètres de qualité de la chair de 10 lignées isogéniques, moyenne ± écart-type, coefficient de variation entre parenthèses, n=60 pour les paramètres mesurés à l'abattage et n=30 pour les paramètres mesurés à 48h *post-mortem* (pm). Les lignées "min" et "max" diffèrent selon les paramètres.

	Moy. des 10 lignées	Lignée min	Lignée max	Ecart min-max
K=P/L^3	2.08±0.17 (8%)	1.87±0.13 (7%)	2.37±0.10 (4%)	21.0%
Rdt filets (%)	62.2±2.4 (4%)	60.7±2.1 (3%)	63.3±1.9 (3%)	2.6%
F-M (%)	6.3±0.9 (14%)	5.5±0.6 (11%)	7.1±0.6 (8%)	1.6%
MS J2 (%)	26.6±1.1 (4%)	25.8±0.9 (3%)	27.8±0.9 (3%)	2.0%
L* Ab	40.3±1.8 (4%)	37.8±1.5 (4%)	42.0±1.3 (3%)	9.9%
a* Ab	7.6±1.1 (15%)	6.2±0.8 (13%)	8.9±1.0 (12%)	30.2%
b* Ab	10.0±1.8 (18%)	8.4±1.2 (14%)	12.4±1.5 (12%)	32.1%
Ferm. Ab. (EqJ/mm)	113±13 (12%)	96±6 (6%)	130±8 (6%)	26.2%
Ferm. J2 (N/g)	16.4±2.2 (14%)	14.5±1.2 (8%)	19.9±2.2 (11%)	27.1%

Moy.: moyenne; min: minimum; max: maximum; K=coefficient de condition=Poids/(longueur)^3; Rdt filets = Rendement en filets bruts = Poids filets bruts/poids total; F-M: évaluation Fat-Meter®, MS: teneur en matières sèches, L*: luminosité, a*: composante rouge, b*: composante jaune, Ferm. Ab : Résistance mécanique mesurée à l'abattage (<2h pm) par un test de pénétromètrie simple; Ferm. J2: Résistance mécanique mesurée à 48h pm par un test de compression-cisaillement en presse de Kramer.

Conclusions

Ce projet nous a permis d'identifier des lignées aux caractéristiques qualitatives distinctes pour tous les paramètres mesurés. Ce modèle, disponible de façon pérenne par simple croisement, est donc pertinent pour obtenir des phénotypes distincts de qualité. Il ouvre donc la voie à des études plus approfondies des lignées de texture distinctes afin d'identifier des "biomarqueurs" de fermeté de la chair de truite. Ces marqueurs devront ensuite être validés dans d'autres expérimentations. Par ailleurs, les différences de qualité, mesurées ici au stade "portion" devront être confirmées à un stade ultérieur (Grande Truite, 1,2 kg) pour vérifier la stabilité du classement entre lignées en fonction de l'âge.

Références bibliographiques

Choubert G., 1992. INRA-Prod. Anim., 5:235-246.

Dupont-Nivet M., Bugeon J., Le Boucher R., Paboeuf G., Le Calvez J-M., Goardon L., Labbé L., Vandeputte M., Quillet E., Lefèvre F., 2012. Aqua 2012, Prague, Czech Republic, 1-5 Septembre.

Lefèvre F., Bugeon J., 2008. Sci. Alim., 28: 365-377

Quillet E., Dorson M., Le Guillou S., Benmansour A., Boudinot P., 2007. Fish Shellfish Immunol., 22: 510-519.

Travaux financés par une ACI Département INRA-PHASE et par le Département INRA-GA.

DES BIOMARQUEURS AUX EQUATIONS DE PREDICTION DES QUALITES SENSORIELLES DE LA VIANDE DE VACHES DE REFORME

PICARD B. (1,2), MICOL D. (1,2), DUNOYER N. (1,2), HARDIT V. (3), DENOYELLE C. (4), RENAND G. (5),CASSAR-MALEK I. (1,2), JOURNAUX L. (4), CAPEL C. (4)

(1) INRA, UMR 1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GÈNES CHAMPANELLE,
(2) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR 1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND,
(3) INSTITUT DE L'ELEVAGE, ROUTE D'EPINAY, 14310 VILLERS BOCAGE,
(4) INSTITUT DE L'ELEVAGE 149 RUE DE BERCY, 75012 PARIS,
(5) INRA, UMR1313 GENETIQUE ANIMALE ET BIOLOGIE INTEGRATIVE, 78352 JOUY EN JOSAS

brigitte.picard@clermont.inra.fr

Abstract
From biomarkers to prediction equations of meat sensory qualities of cows from several breeds
In this study we used a list of proteins previously identified as biomarkers of tenderness in the *Longissimus thoracis* of young bulls from several breeds. The objective was to verify if these biomarkers could be used to predict tenderness and other sensory qualities in cows from three French breeds: Holstein, Normand and Blond d'Aquitaine. Partial Least Squares (PLS) analysis between protein relative abundances evaluated by dot-blot and sensory qualities estimated by trained panels was used in order to establish prediction equations. The predictions obtained varied from 50 to 83% according to the quality and breed studied.

Introduction

Au cours des dernières années, plusieurs projets de recherche combinant des approches de biochimie, génétique, transcriptomique et protéomique ont porté sur la mise en évidence de biomarqueurs de la tendreté de la viande bovine (Picard et al., 2012). Ainsi, une liste de protéines associées à la tendreté dans plusieurs projets, a été établi (Guillemin et al., 2011). La seconde étape a porté sur l'évaluation de la relation entre l'abondance relative des protéines biomarqueurs et la tendreté évaluée par mesure mécanique et/ou par un jury d'analyse sensorielle (Picard et al., 2013). Dans ce contexte, l'objectif de la présente étude a été d'évaluer cette relation chez des vaches de réforme de races laitières, mixtes et viande. En effet, les biomarqueurs de tendreté ont été mis en évidence dans des études portant sur des mâles, essentiellement des taurillons, de diverses races bovines. Il est donc important de vérifier d'une part si ces biomarqueurs pouvaient être utilisés pour la prédiction de la tendreté de la viande de vaches, et d'autre part d'étendre l'analyse à la prédiction des autres qualités sensorielles issues des tests de dégustations : jutosité, flaveur et appréciation globale.

Matériel et méthodes

L'étude a porté sur le muscle *Longissimus thoracis* (LT, Long dorsal, noix d'entrecôte) prélevé 24 heures après abattage sur 21 vaches de chacune des 3 races Holstein (Ho), Normande (No) et Blonde d'Aquitaine (BA). Une partie de l'échantillon a été découpée en cubes de 8 cm^3 environ congelés directement dans l'azote liquide pour les analyses protéiques. Une tranche de 3 cm d'épaisseur a été mise sous vide, une partie a été laissée à mâturer pendant 14 jours à 4°C puis congelée à -20°C pour analyse sensorielle. Après une cuisson à 55°C à cœur, un jury d'analyse sensorielle a noté la tendreté, jutosité, flaveur et appréciation globale sur une grille de 0 à 10. A partir des échantillons congelés à 24 heures post-mortem, les protéines musculaires ont été extraites selon la technique décrite dans Bouley et al., (2004). L'abondance relative de 14 protéines a été évaluée par dot-blot selon la méthode de Guillemin et al., (2009) sur 21 LT de chacune des 3 races. Les protéines analysées sont relatives au stress et à l'apoptose (αB-Crystalline, Hsp20, Hsp27, Hsp40, Hsp70-1B, Hsp70-8, Hsp70/Grp75), au métabolisme glycolytique (Enolase 3), à la structure et contraction du muscle (MyLC-1F, MyBP-H, MyHC IIx), à la résistance au stress oxydatif (PRDX6, SOD1, PARK7). Des équations de prédiction des qualités sensorielles ont été établies en appliquant la procédure PLS (régression des moindres carrés partiels) à l'ensemble des données de qualités et d'abondance de protéines (SAS 9.2). La validation de ces équations sur un jeu indépendant de données est en cours.

Résultats

Les résultats obtenus (Figure 1) montrent de bonnes prédictions des 4 qualités sensorielles pour les vaches des 3 races. Il apparaît que ce sont les notes de jutosité qui sont les moins bien prédites avec des corrélations de 50 à 60%. La flaveur est particulièrement bien expliquée chez les vaches BA et No. Chez ces dernières la tendreté globale est expliquée à plus de 80%. En revanche, la tendreté est le plus faiblement expliquée pour la race Holstein (50%). Le nombre de protéines retenues dans chaque équation de prédiction varie de 4 à 8. Ces protéines sont différentes selon le critère sensoriel et la race considérés. La protéine MyL-C1F (chaîne légère de myosine) impliquée dans la régulation de la contraction musculaire est associée négativement à toutes les qualités sensorielles chez les vaches No. On la retrouve associée à la tendreté et l'appréciation globale chez les vaches BA mais de manière positive. Cette relation inverse entre races se retrouve également pour GRP75 qui est associée positivement à la tendreté chez les vaches BA et négativement

chez les Ho. Pour SOD1 et Eno3, le contraire est observé (positivement chez No et négativement chez BA). La protéine Hsp27 considérée comme marqueur d'intérêt (voir Cassar-Malek et al., JSMTV 2014) apparaît corrélée à la tendreté plus particulièrement en race Holstein.

Figure 1 : Résultats des analyses PLS réalisées à partir de l'abondance relative des 14 protéines mesurées par dot-blot dans la noix d'entrecôte de vaches de réforme (Ho=Holstein, No=Normandes, BA=Blonde d'Aquitaine).
n= nombre de protéines retenues dans l'équation avec un score de « variable importance plot » supérieur à 1
TG : tendreté globale, JUT : jutosité, FLAV : flaveur, APP : appréciation globale.
Le nom des protéines impliquées dans les équations de prédiction n'est volontairement pas mentionné car il fait l'objet d'une démarche de protection.

Discussion

Jusqu'à présent la recherche de biomarqueurs en viande bovine a porté essentiellement sur la prédiction de la tendreté. Nos travaux montrent que le jeu de protéines biomarqueurs de tendreté peut aussi être appliqué à la prédiction d'autres qualités sensorielles. Des analyses de bioinformatique sont en cours afin de bien comprendre les mécanismes biologiques impliquant ces protéines dans les différentes qualités considérées.

Conclusion

Ces résultats montrent que les biomarqueurs de tendreté identifiés chez les mâles peuvent aussi être utilisés pour la prédiction de la tendreté et plus largement des qualités sensorielles du muscle LT de vaches de réforme. Toutefois, ces résultats obtenus sur des lots de 21 vaches doivent être maintenant validés sur des effectifs plus conséquents.

Références bibliographiques

Bouley J., Chambon C., Picard B., 2004. Proteomics, 4, 1811-24.
Guillemin N, et al., 2009. Journal of Physiology and Pharmacology, 60, 91-97.
Guillemin N., Bonnet M., Jurie C., Picard B., 2011. Journal of proteomics, 75(2), 352-365.
Picard B., et al., 2012. Viandes et produits Carnés, Numéro Hors Série, 127-134.
Picard B., et al., 2013. In Proceedings of the 59th International Congress of Meat Science and Technology (pp. 4). Izmir, Turkey.

Remerciements

Les auteurs remercient APIS-GENE pour le financement de ces travaux, les responsables des projets Metagénome (Diego Morgavi) et Lipivimus (Dominique Bauchart) pour la fourniture des échantillons de muscles. Ils remercient Allan Bellet et Elodie Doutard pour leur expertise dans la mise en œuvre des analyses PLS, Bruno Meunier pour son aide dans l'exploitation des données de dot-blot, le personnel de l'UERT pour la conduite et l'abattage des vaches, Catherine Méteau (Inra le Magneraud) pour les analyses sensorielles

QUELS FACTEURS DE RISQUE POURRAIENT FAVORISER L'APPARITION DE L'OXYDATION DES BROCHETTES DE DINDE ?

BERRI C. (2), MAUDOUIT A. (1), BAEZA E. (2), GODET E. (2), MIKA A. (1), CHARTRIN P. (2), BOURIN M. (1)

(1) INSTITUT TECHNIQUE DE L'AVICULTURE, URA, BP, F-37380 NOUZILLY, FRANCE
(2) INRA, UR83 RECHERCHES AVICOLES, F-37380 NOUZILLY, FRANCE

berri@tours.inra.fr

Abstract

What are the risk factors that favor the onset of oxidation of turkey red meat

Our study was aimed at identifying the factors behind the oxidation defects that develop during storage on red turkey meat through an approach combining surveys in a slaughterhouse and laboratory analyses. By comparing several types of muscle, it was shown that increased lipid and heme contents promote oxidation processes in muscle. This was confirmed by the epidemiological study in which the apparition of oxidation defects during storage was associated with increased AGS, AGMI and iron content in muscle as well as animal average daily gain during the last week before slaughter. Oxidation was also higher in acid meat as already reported in chickens. Therefore nutritional or production strategies that limit fat deposits and muscle glycogen at the end of breeding can be efficient in reducing the occurrence of oxidation defects on red turkey meat.

Introduction

Ces dernières années, des problèmes récurrents d'oxydation ont été constatés en production de viande de dinde. La conséquence est l'apparition de zones de décoloration qui s'intensifient au cours du stockage et entraîne le retrait systématique des produits comme les brochettes ou les sautés issus des muscles rouges de la cuisse. Jusqu'à présent, les facteurs à l'origine de ces problèmes n'ont pu être identifiés même si l'alourdissement généralisé des animaux (en particulier des mâles) pourrait être un facteur aggravant. La difficulté pour la profession d'identifier l'origine des problèmes suggère un déterminisme multifactoriel faisant intervenir des facteurs d'amont (génétique, alimentation) mais aussi d'aval (abattage) qui ne sont peut-être plus totalement adaptés aux nouvelles caractéristiques de la production. Grâce à une approche combinant des enquêtes en abattoir et des analyses de laboratoire, notre étude avait pour objectif d'identifier les facteurs à l'origine des défauts observés pour permettre aux abatteurs de mettre en œuvre des mesures préventives pour limiter l'apparition de ces défauts et réduire les pertes économiques associées.

Matériel et méthodes

Analyses biochimiques : Afin d'estimer les liens qui existent entre le degré d'oxydation et d'autres paramètres physico-chimiques du muscle des mesures de TBARS (oxydation lipides), groupements SH libres et carbonyles (oxydation des protéines), fer héminique (teneur en myoglobine), teneur en lipides et composition en acides gras (saturés, AGS ; mono-insaturés AGMI ; poly-insturés, AGPI ; n-6/ n-3) ont été réalisées sur 7 muscles de la cuisse et un muscle du filet.

Etude épidémiologique : Les enquêtes ont été réalisées entre juillet et septembre 2013 dans quatre abattoirs. Au total 18 lots d'abattage ont été suivis. Pour chaque lot, différents paramètres liés à l'animal et son itinéraire d'élevage mais aussi aux conditions d'abattage, au traitement des carcasses et au conditionnement de la viande ont été renseignés. Il s'agissait de la fiche d'élevage ICA, d'informations sur l'aliment finition et des données d'ambiance (T°, luminosité du quai jusqu'au poste de saignée), de temps (entre accrochage et fin de saignée), de suivi de T° pendant le ressuage (carcasse), de qualité de viande mesurée au moment de la découpe (T°, pH, couleur L*, a*, b*) et de conditionnement (gaz injectée dans les barquettes). Cinquante barquettes de 4 brochettes par lot ont été prélevées après leur fabrication à J+1, puis transportées à 4°C de l'abattoir vers l'INRA de Nouzilly. Les brochettes ont été stockées pendant 10 jours à 4°C puis pendant 5 jours à 8°C (fin de la DLC). Le suivi de l'apparition des défauts d'oxydation a été fait visuellement à J+6, J+10 et J+15 en prenant en compte la présence et l'intensité (3 niveaux) des zones de décoloration sur les brochettes et d'exsudat dans les barquettes. Des prélèvements de viande ont été réalisés à J+1 pour caractériser la viande sur le plan physico-chimique.

Analyses statistiques : Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée avec le logiciel SPAD pour estimer les liens éventuels entre les différents paramètres caractérisant le lot et la fréquence d'apparition des défauts. Les corrélations de Pearson ont été estimées entre les différents paramètres biochimiques mesurés sur les 8 types de muscle.

Résultats

Analyses biochimiques : L'analyse de 8 muscles présentant des caractéristiques biochimiques différentes a permis d'évaluer les relations entre les différents paramètres étudiés. Ainsi, l'oxydation des lipides (TBARS) est positivement liée à l'oxydation des protéines évaluée par la mesures des groupements carbonyles (r=0,57**) ou SH libres (r=-0,48*), au pourcentage de lipides intramusculaires (LIM, r=0,83***) et à la teneur en fer héminique (r=0,67*). La teneur en AGPI n-6 est corrélée à l'apparition des groupements carbonyles (r=0,86**) induite par l'oxydation des protéines.

Etude épidémiologique : L'apparition des premiers défauts a été observée à J+6 pour 6 lots sur 18. Ces défauts s'accentuaient au cours du temps et concernaient 15 lots sur 18 à J+10 et J+15. Le nombre de barquettes concernées par lot étaient compris entre 4 et 54% à J+6, 3 et 98% à J+10 et 20 et 100% à J+15 selon les lots étudiés.
L'ACP a mis en évidence plusieurs variables discriminantes pour expliquer les différences d'oxydation qui existaient entre les lots (Figure 1). Ainsi, des corrélations positives ont été mises en évidence entre l'apparition précoce (J+6) des zones de décoloration et plusieurs paramètres physico-chimiques ou biochimiques du muscle : la teneur en AGS de type C16:0 (r=0,61) et en AGMI de type C16:1 (r=0,59) ou C14:1 (r=0,69), le rapport n-6/n-3 (r=0,61), la teneur en fer héminique (r=0,59) et l'indice de jaune b* (r=0,44) de la viande. Des corrélations négatives existent en revanche avec les teneurs en AGPI de type C18:2 (r=-0,56) et C18:3 (r=-0,59) et avec le pH ultime moyen (r=-0,47) de la viande. Les niveaux d'oxydation à J+10 et J+15 sont quant à eux positivement reliés au gain moyen quotidien (GMQ) des animaux mesuré la dernière semaine d'élevage (r=0,57 et 0,54, respectivement). L'analyse des corrélations entre paramètres biochimiques indique que l'indice TBARS des brochettes augmente avec la teneur en AGMI (r=0,66) qui pourrait être le signe d'une lipogenèse accrue favorisant l'engraissement des animaux et de leurs muscles. D'ailleurs les muscles présentant les teneurs en matière sèche les plus fortes sont aussi ceux qui ont le pourcentage de lipides, les teneurs en AGMI et l'indice TBARS les plus élevées (r=0,70, 0,69, 0,72, respectivement). Concernant les données d'abattoirs, l'ACP révèle une corrélation positive entre le degré d'oxydation à J+6 et le nombre d'animaux abattus par lot (r=0,46) et une corrélation négative avec le temps d'accrochage (r=-0,50).

Figure 1 : Analyse en Composantes Principales des variables associées au niveau de décoloration des brochettes.

Discussion

Si les analyses biochimiques ont confirmé l'importance de facteurs tels que la teneur en lipides intramusculaires, Fer héminique ou encore AGPI dans l'apparition des problèmes d'oxydation lipidique ou protéique, l'étude épidémiologique a permis de révéler d'autres facteurs de risque qui conduisent au développement de zones d'oxydation sur les brochettes de dinde. Selon nos résultats, l'oxydation serait favorisée chez les animaux dont le GMQ et l'engraissement sont accentués en fin d'élevage et dont le pH ultime musculaire est le plus acide. Chez le poulet, la production de viande acide a déjà pu être associée à un statut métabolique favorisant le stockage énergétique (lipides, glycogène) au détriment de la synthèse protéique (Jlali et al., 2012 ; Guardia et al., 2014) et par ailleurs à une plus forte susceptibilité à l'oxydation (Le Bihan-Duval et al., 2013) du fait du rôle prooxydant du glycogène (Traore et al., 2012). Il est donc probable que, chez la dinde, des itinéraires de production favorisant aussi le stockage énergétique au détriment du développement musculaire accroissent le risque d'oxydation post-mortem. Parmi les pistes d'amélioration, il peut être proposé de rééquilibrer les rations en finition mais aussi de réduire l'âge à l'abattage des animaux pour limiter les dépôts de lipides mais aussi de glycogène dans les muscles en fin d'élevage.

Conclusion

Cette étude se poursuit en 2014 afin de valider sur un plus grand nombre de lots les premier résultats obtenus mais aussi d'évaluer l'efficacité de mesures correctives mises en place au niveau de la production pour réduire les phénomènes d'oxydation sur la viande de dinde.

Références bibliographiques

Guardia S. et al. 2014. Poult. Sci., in press.
Jlali M. et al. 2012. J. Anim. Sci., 90, 447-455.
Le Bihan-Duval E. et al. 2013. In : Egg Meat Symposia, Bergamo, Italy, 15-19/09/2013, WPSJ, 69 suppl.
Traore S. et al. 2012. Meat Sci., 91, 14-21.

VALIDATION D'UN INDICATEUR QUALITE QUANTITATIF POUR LES PRODUITS DE TYPE «RILLETTE» : GRANULOMETRIE DES MARQUANTS DE MUSCLE PAR ANALYSE D'IMAGES HISTOLOGIQUES

SIFRE-MAUNIER L. (1), COATELEN J. (1), ANDRE B. (1), COTON J.P. (1)

(1) HISTALIM 126 RUE EMILE BAUDOT 34000 MONTPELLIER

lsifre@histalim.com

Validation of a quantitative quality index for "rillette" products: granulometry of muscle pieces by histological image analysis.

Abstract
The aim of this study was to set up and validate an analysis method to objectively quantify and assess the "rillette" products quality. Since the product microstructure is directly linked to the chewing properties of the product, a histological image analysis method was set up to assess the granulometry of muscle pieces. The assay shows that the most effective index, which differentiates the products as observed on the histological sections, is the ratio between the sum of small surface and the sum of the large surfaces, called IGR.

Introduction
Afin de définir un cahier des charges d'achat, le CESCOF (Centre d'Expertise et de Soutien du Combattant et des Forces) nous a demandé de définir un critére qualitatif et objectif pour sélectionner des produits de type « rillettes », entrant dans la composition des rations de combat. Une rillette est définie comme une préparation obtenue par cuisson dans de la graisse de maigre de porc, de veau, de mouton de volaille ou de gibier, constituant une phase continue « bien collée », issue de la cuisson dans laquelle sont répartis de façon homogène des morceaux et/ou fibres de maigre (1).
La microstructure des aliments est directement reliée aux qualités organoleptiques de ces derniers (2). Selon le CESCOF, lors de la dégustation d'un produit de type 'rillette', le soldat-consommateur s'attend à percevoir des morceaux de viande, conférant de la consistance au produit. Nous avons donc mis au point et validé une méthode d'analyse histologique permettant de quantifier de manière objective cette attente consommateur sur la base d'un indice de granulométrie des morceaux de viande (également appelé marquants).

Matériel et méthodes
Cet essai a évalué 12 rillettes à base de porc ou de volaille rassemblant un panel varié des produits en conserve du marché français. Trois prélèvements (5 g) ont été effectués, uniformément répartis dans le produit. L'ensemble des prélèvements a été traité en automate TP1020 (Leica) pour déshydratation et inclus en paraffine selon la norme NF V04-417 (3). A partir de chaque bloc, une coupe de 3 à 5 µm d'épaisseur a été colorée selon la méthode de Calléja (3). Les lames ont été numérisées au Nanozoomer (Hamamatsu), afin d'obtenir une lame virtuelle de chaque bloc de paraffine (Figure 1).
Chaque image, représentant une lame, a été soumise à un algorithme d'analyse d'images, qui a segmenté les marquants de muscle, les différenciant des autres ingrédients composant le produit. L'algorithme a pu mesurer leur surface respective. Un histologiste a vérifié chacune des segmentations afin de supprimer certains éléments segmentés par erreur et regrouper des éléments faisant partie d'un même marquant.
Puis une analyse granulométrique a été effectuée pour représenter la distribution des marquants en fonction de leur surface, en calculant l'effectif de chaque classe de surface. La définition des classes a été faite au cours du traitement statistique en fonction de la distribution des marquants afin de discriminer au mieux les échantillons. Toutes les données de surface ont été poolées pour avoir une vision globale de la répartition des tailles des particules dans un produit de type rillette. Puis on a recherché la valeur de surface-seuil (S) permettant, sur cette population globale, d'obtenir une égalité entre la somme des surfaces des particules dont la taille est inférieure à ce seuil (S_{inf}) et la somme des surfaces des particules dont la taille est supérieure à ce seuil (S_{sup}), soit S tel que $S_{sup} = S_{inf}$.
A partir de cette valeur-seuil S, la largeur des classes de la granulométrie (c) a été définie, comme c = 2 x S /10.
Le nombre de particules par classes a été établi pour chaque image (correspondant à un prélèvement, soit 3 images par produit). Enfin, pour chaque image, on a calculé S_{inf} et S_{sup} et l'Indice Granulométrique Rillette (IGR) qui est le rapport de ces deux valeurs S_{sup}/S_{inf}.

Résultats
La valeur seuil (S) définie ci-dessus a été déterminée à 30 000 µm². Ainsi, des classes de granulométrie ont été définies avec une largeur de c = 2 x 30 000 /10 = 6000 µm². Cependant, la répartition des nombres de particules en fonction des classes n'est pas très discriminante. Si on élimine les très petites particules (inférieures à 6000 µm²) en très grand nombre, on dilate un peu l'échelle des ordonnées ce qui permet de mettre ne évidence des différences plus fines sur les effectifs des surfaces plus importantes. Cela permet d'observer que certains échantillons présentent moins de petites particules que d'autres. Cependant cela ne permet pas de discriminer facilement les échantillons. Si en étudiant les surfaces cumulées plutôt que les effectifs, des tendances apparaissent par échantillon mais la discrimination n'est

toujours pas évidente. Par contre, le calcul de l'Indice Granulométrique Rillette (IGR) ($=S_{sup}/S_{inf}$) permet d'observer plus facilement des variations qui sont corrélées avec les observations des images globales des prélèvements (Figure 2).

Figure 1 : Coupes histologiques de rillette après coloration Calleja, vues d'ensemble. A : rillettes de porc avec un IGR élevé, B : rillettes de porc avec un IGR faible, C : rillettes de canard avec un IGR élevé, D : rillettes de canard avec un IGR faible.

Figure 2 : Variabilité de l'Indice granulométrique rillette (IGR) intra-échantillon (histogrammes de la même couleur) et entre échantillons (histogrammes de couleurs différentes). Une couleur représente un échantillon regroupant 3 images analysées (gauche : différentes rillettes de porc ; droite : différentes rillettes de canard). L'IGR seuil égal à 1 est indiqué par la ligne horizontale.

Discussion

En considérant que le critère IGR de chaque prélèvement doit être supérieur ou égal à 1, c'est-à dire que la somme des surfaces des petites particules (inférieures à 30 000 µm²) est égale à la somme des surfaces des grosses particules (supérieures à 30 000 µm²), seuls 5 produits peuvent être considées comme conformes à ce critère : les échantillons 2 et 6 pour les rillettes de porc et les échantillons 1, 2 et 3 pour les rillettes de volaille (Figure 2). On observe que l'échantillon 2 est largement au-dessus du seuil de 1, par rapport à 6 qui est plus proche du seuil (Figure 2).

Si l'on applique une autre règle de conformité qui est que le IGR moyen des 3 prélèvements doit être supérieur à 1, les échantillons 1, 2 et 6 sont conformes, pour les rillettes de porc et 1, 2 et 3 pour les rillettes de volaille (Figure 2). L'échantillon 1 de porc est jugé conforme grâce à l'un de ces prélèvements qui présente un gros marquant de viande. cette règle parait donc un peu mois pertinente car un échantillon qui présenterait globalement que quelques marquants pourrait être conforme grâce à une seule très grosse particule.

Conclusion

L'indice IGR semble pertinent pour pouvoir différencier les produits en fonction de la taille des marquants de viande présents dans les rillettes. En effet, il semble corrélé avec l'appréciation visuelle des images globales des lames.

Maintenant il appartient au CESCOF d'arbitrer sur la règle la plus pertienente pour sélectionner des produits en fonction de sa politique de marketing des achats. Il apparait que la règle « les 3 prélèvements présentent un IGR supérieur à 1 » est plus exclusive que « la moyenne des IGR de 3 prélèvements est supérieure à 1 » pour les produits testés.

Remerciements à Mr Romain PAVONI CESCOF (Centre d'expertise et de soutien du combattant et des forces) Section vivres opérationnels

Références bibliographiques

1. Code des usages de la charcuterie, de la salaison et des conserves de viandes. IFIP 2011
2. Aguilera J. 2005.Why food microstructure ?Journal of Food Engineering, vol 67, pp 3-11.
3. Norme AFNOR NFV04-417 Viandes et produits à base de viande –Préparation d'une coupe histologique –Technique en paraffine

LA CLASSIFICATION COMMUNAUTAIRE DES CARCASSES BOVINES REFLETE PEU LA QUALITE DES VIANDES EN BOUCHE

BONNY S.P.F. (1,2,3), HOCQUETTE J-F. (1,2), LEGRAND I. (4), POLKINGHORNE R. (5), WIERZBICKI J. (6), ALLEN P. (7), PETHICK D.W. (3), GARDNER G.E. (3)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES ET (2) CLERMONT UNIVERSITÉ, VETAGRO SUP, UMR1213, HERBIVORES, F-63122 SAINT GENÈS CHAMPANELLE
(3) MURDOCH UNIVERSITY, 90 SOUTH ST, MURDOCH, 6150, AUSTRALIA
(4) INSTITUT DE L'ELEVAGE, SERVICE QUALITE DES VIANDES, MRAL, 87060 LIMOGES CEDEX 2
(5) POLKINGHORNES PTY LTD, 431 TIMOR ROAD, MURRURUNDI, NSW 2338, AUSTRALIA
(6) POLISH BEEF ASSOCIATION, UL. KRUCZKOWSKIEGO 3, 00-380 WARSZAWA
(7) TEAGASC FOOD RESEARCH CENTRE ASHTOWN, DUBLIN 15, IRELAND

Abstract:
European carcass grades don't predict the eating quality of beef for untrained consumers

European conformation and fat scores are used to determine carcase value. Using MSA protocols 1775 French, Polish and Irish consumers evaluated 16 muscles from 203 carcasses for tenderness, juiciness, flavour liking and overall liking. These scores were then combined to generate a synthetic term MQ4. There was no relationship between MQ4 and conformation score. The relationship between fat score and MQ4 was only present for two muscles: +8.49 points in MQ4 for the tenderloin between fat score 1 and 3 and + 7.92 points for the outside between fat score 3 and 4. There was no difference between the MQ4 scores for carcasses with fat scores of 1, 2, 4, and 5. These results show there is no relationship between eating quality and conformation score and a possible positive trend between eating quality and fat score for only two muscles. European conformation and fat scores, initially set up to assess carcass quality, have no utility for predicting eating quality for the consumer as there is no clear relationship between these two kinds of assessments.

Introduction

La qualité des viandes en bouche appréciée par le consommateur final est d'une grande importance pour la filière bovine. Actuellement, dans l'Union européenne, la qualité des carcasses bovines est estimée par les scores de conformation et d'engraissement des carcasses. Le score européen d'état d'engraissement est positivement associé au persillé des viandes et au pourcentage de gras intramusculaire (Indurain 2009). Compte tenu de la relation positive entre le persillé et la qualité en bouche (Thompson, 2004), nous faisons l'hypothèse d'une relation positive entre l'engraissement des carcasses et la qualité en bouche appréciée par des consommateurs non entraînés.
Le score européen de conformation est positivement lié avec la tendreté estimée par un panel d'experts, mais négativement avec la flaveur (Guzek, 2013). En conséquence, nous faisons l'hypothèse d'une absence de relation entre la conformation des carcasses et la qualité en bouche appréciée par des consommateurs non entraînés.

Matériel et méthodes

Pour cet essai, la qualité en bouche de 16 muscles différents issus de 203 bovins français, polonais ou irlandais a été évaluée par 1784 consommateurs français, polonais et irlandais. Les bovins ont été abattus selon les pratiques locales standard des différents pays respectifs, et les carcasses a été classées selon les scores communautaires de conformation et d'engraissement. Des consommateurs naïfs ont évalué la qualité en bouche des steaks grillés à point et leur ont attribué des notes comprises entre 0 et 100 pour la tendreté, la jutosité, l'appréciation de la flaveur et l'appréciation globale. Ces critères ont été pondérés (30% ; 10% ; 30% ; 30%) et combinés en un score de qualité appelé MQ4 (Watson 2008). La variabilité du score MQ4 a été analysée avec un modèle linéaire mixte. Un modèle de base a été développé avec un effet fixe correspondant au type de muscle et des effets aléatoires correspondant au groupe d'abattage le même jour dans un même lieu et au classificateur des carcasses. Le pays d'origine, la durée de maturation et le sexe de l'animal ont été combinés en raison d'effets confondus entre ces facteurs. Ce facteur combiné ainsi que le numéro de l'animal ont été introduits dans le modèle comme des effets aléatoires. Les scores E.U.R.O.P de conformation et d'état d'engraissement des carcasses ont ensuite été introduits séparément dans le modèle de base comme des effets fixes ainsi que leurs interactions avec le type de muscle pour évaluer leur association éventuelle avec les scores sensoriels des viandes. Dans tous les cas, les termes non significatifs ($P > 0,05$) ont été éliminés pas à pas. La signification des covariables « note d'ossification », « note de persillé », pH ultime, âge de l'animal et poids de carcasse a été testée dans les modèles afin d'évaluer leurs effets sur la relation entre la qualité de la carcasse (conformation, engraissement) et les scores sensoriels des viandes.

Résultats

Il n'y a pas de relation significative entre le score MQ4 de qualité en bouche de la viande et le score E.U.R.O.P de conformation et d'engraissement de la carcasse. La liaison entre l'état d'engraissement des carcasses et le score MQ4 varie selon le muscle et n'est significative que pour deux des 16 muscles étudiés : le *biceps femoris* (gîte noix) et le *psoas major* (filet). Quand la classe d'engraissement des carcasses passe de 3 à 4, le score MQ4 augmente de 7,92 points pour le gîte noix. Il y a également une augmentation de 8,49 points du MQ4 pour le filet entre des carcasses dont l'état d'engraissement passe de 1 à 3. Cependant, dans les deux cas, il n'y a pas de différence significative de scores MQ4 pour des carcasses classées 1, 2, 4 et 5 pour l'engraissement (Tableau 1).
Le classement d'engraissement des carcasses n'est plus associé à l'appréciation globale des viandes, ni à leur MQ4 quand les covariables « note d'ossification » ou âge de l'animal sont introduites dans le modèle.

Tableau 1 : Moyennes ajustées (± erreur type) de la note d'engraissement des carcasses (classes 1 à 5) pour différentes valeurs du score de qualité de la viande en bouche pour les muscles *biceps femoris* (gîte noix) et *psoas major* (filet) issus de 203 bovins polonais, irlandais ou français.

	MQ4				
Note d'engraissement des carcasses	1	2	3	4	5
Gîte noix	42.9±3.58[ab]	41.2±2.41[ab]	36.9±1.34[a]	44.8±3.47[b]	47.1±10.48[ab]
Filet	71,0±3.02[a]	73.4±1.98[a]	79.5±1.36[b]	78.5±3.18[ab]	81.4±10.48[ab]

Les moyennes avec différentes lettres en exposant sont significativement différentes entre elles ($p<0.05$). Les effets testés dans le modèle statistique sont le type de muscle, la note d'engraissement et leurs interactions. L'identité de l'animal, le classificateur des carcasses, et le groupe d'abattage le même jour dans un même lieu ont été combinés avec la durée de maturation et le sexe en un terme aléatoire.

Discussion

L'hypothèse selon laquelle il n'y aurait pas de relation entre la note de conformation des carcasses et la qualité en bouche de la viande est confortée par nos résultats. Cette conclusion est en accord avec les résultats de Guzek (2013). Cela indique que le score E.U.R.O.P. de conformation des carcasses n'est en rien utile à la prévision de la qualité en bouche de la viande bovine.
L'hypothèse selon laquelle il y aurait une relation positive entre le classement d'état d'engraissement des carcasses et la qualité en bouche de la viande n'a été que partiellement confirmé par nos résultats. En effet, cette association n'a été observée que pour le gîte noix et le filet, et encore pas systématiquement. Cependant, cette relation n'est plus présente quand les données sont corrigées pour l'âge des animaux ou leur score d'ossification. Le tissu adipeux se dépose tardivement dans la carcasse (Harper et Pethick 2004). De ce fait, une augmentation de l'âge de l'animal se traduit tout naturellement par un engraissement plus élevé de la carcasse avec un effet positif potentiel sur la qualité en bouche de la viande. L'absence de relation entre le classement d'engraissement des carcasses et la qualité en bouche de la viande contraste avec les conclusions de Indurain (2009). Cette différence pourrait être due au fait que nous avons travaillé avec des consommateurs, par définition non entraînés, donc moins aptes à détecter de faibles relations que des panels d'experts entraînés. De plus, Indurain (2009) n'a étudié que des bouvillons alors que notre étude incluait également des génisses, des vaches et des jeunes bovins.

Conclusions

La filière viande se doit de fournir au consommateur un produit avec une qualité élevée, régulière et garantie. Le système de classement communautaire des carcasses ne semble pas pertinent pour prédire la qualité en bouche de la viande perçue par le consommateur final. Si la production de viande bovine d'une qualité régulière et garantie doit être encouragée, il est nécessaire de considérer une méthode différente de classement de la viande. Le système australien (système MSA) est exemple intéressant pour prédire la qualité en bouche de la viande bovine au niveau du consommateur final (Pethick et al., 2013).

Références bibliographiques

Guzek, D., et al., 2013. Austral. J. Anim. Sci. **26**: 716-722.
Harper, G. S. and D. W. Pethick 2004. Aust. J. Exp. Agr. **44**(7): 653-662.
Indurain, G., et al., 2009. Meat Sci. **82**(2): 155-161.
Pethick, D.W., et al., 2013. 64th EAAP Annual Meeting, Nantes, France.
Thompson, J. M. 2004. Aust. J. Exp. Agr. **44**(7): 645-652.
Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., Porter, M., 2008. Aust. J. Exp. Agr. **48**(11): 1360-1367.

RELATIONS ENTRE LES PRATIQUES D'ELEVAGE ET LES CARACTERISTIQUES DE LA CARCASSE ET DU MUSCLE *LONGISSIMUS THORACIS* CHEZ LES BOVINS ALLAITANTS

SOULAT J. (1, 2), PICARD B. (2, 1), MONTEILS V. (1, 2)

(1) CLERMONT UNIVERSITÉ, VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, BP 10448, 63000, CLERMONT-FD, (2) INRA, UMR1213 HERBIVORES, 63122 SAINT-GENÈS-CHAMPANELLE

julien.soulat@vetagro-sup.fr

Abstract : Relationships between breeding cattle practices and characteristics of carcass and *Longissimus Thoracis* muscle. To determine the relationships between breeding practices and carcass characteristics, and between breeding practices and *Longissimus Thoracis* (LT) muscle characteristics, a data set obtained from 262 cattle was analyzed. In total, 27 variables on breeding practices during the fattening period, carcass, and LT characteristics, were studied. There were high correlations between the carcass weight and composition (muscles, fat and skeleton) with cattle live weight. Differences appeared between male and female cattle. For male cattle, carcass weight and composition were highly correlated with feeding source during the fattening period whereas no high correlations were observed for females. The lactate dehydrogenase (LDH) activity in LT was highly correlated with breeding practices. LDH activity was negatively correlated with forage amount in the fattening diet and positively with concentrate amount. Furthermore, LDH activity was correlated with the duration of the fattening period only for male cattle.

Introduction

En France, la production de viande bovine issue de races allaitantes est très diversifiée en termes de races et de types d'animaux. La filière bovine est confrontée à une forte variabilité de la qualité des carcasses et de la tendreté des viandes. La détermination de ces qualités est multifactorielle, ce qui rend son contrôle difficile. Différentes études ont montré l'influence des pratiques d'élevage mises en œuvre lors de la phase de finition sur la composition de la carcasse (Huuskonen et al., 2010), le métabolisme musculaire (Gatellier et al., 2004) et la qualité sensorielle de la viande (Oury et al., 2007). L'objectif de cette étude est d'identifier, à partir des données issues de plusieurs expérimentations, les pratiques de la phase de finition les plus influentes sur ces différentes composantes de la qualité.

Matériel et méthodes

L'étude a porté sur les données de 262 bovins, provenant de 6 expérimentations conduites à l'Inra, concernant la phase de finition. Quatre types d'animaux (taurillons (n = 165), vaches de réforme (n = 57), bœufs (n = 32), génisses (n = 8)) et 4 races allaitantes (Limousine (n = 95), Salers (n = 85), Charolaise (n = 53), Aubrac (n = 29)) sont représentés. La composition des carcasses (muscles, tissus adipeux et squelette) a été obtenue par dissection totale. Au total 27 variables, sur les pratiques d'élevage, les caractéristiques de la carcasse et du muscle *Longissimus thoracis* (LT, entrecôte), ont été considérées. Les variables concernant les pratiques d'élevage (n = 11) étudiées sont : la durée de finition (j), le poids avant abattage (kg), l'âge à l'abattage (mois), le gain moyen quotidien (kg/j), la quantité journalière de matière sèche ingérée (MSI, kg/j), la part (%) de fourrages (foin, ensilage de maïs et pulpe de betterave), de concentrés (maïs grain, soja et urée) et de minéraux dans la ration, ainsi que les valeurs nutritives de la ration (UFV, kg MS, PDIN et PDIE, g/kg MS). Les variables caractérisant la carcasse (n = 7) sont : les poids (kg) de la carcasse froide, du *diaphragma crus* (onglet), du *diaphragma* (hampe), la composition de la carcasse (%) et le rendement commercial (i.e. poids de la carcasse froide/ poids vif avant abattage, Rdt). Enfin, les variables descriptives du muscle LT (n = 9) sont : la surface (µm²) des fibres SO (slow oxydative), FOG (fast oxydo-glycolytic) et FG (fast glycolytic) et la surface moyenne de l'ensemble des fibres ; la proportion (%) de chaque type de fibres ; l'activité de la lactate déshydrogénase (LDH, µmol/min/g, glycolytique) et de l'isocitrate déshydrogénase (ICDH, µmol/min/g, oxydative). Les coefficients de détermination (r de Pearson) ont été déterminés avec le logiciel Minitab entre les variables des pratiques d'élevage et les caractéristiques des carcasses d'une part, et entre les pratiques d'élevage et les caractéristiques du muscle LT d'autre part. En complément, dans le but de recherche d'indicateur de la qualité des carcasses, des corrélations entre le poids et la composition de la carcasse froide et le poids de la hampe d'une part et de l'onglet d'autre part ont été réalisées.
Seuls les $|r| > 0,50$ ont été considérés lorsque la probabilité est significative ($P < 0,05$), pour cette étude.

Résultats

Les résultats obtenus montrent qu'il existe de fortes corrélations entre la nature et les valeurs nutritives de la ration et la composition et le poids de la carcasse froide (Tableau 1). Ces corrélations diffèrent en fonction du sexe. Les poids de la hampe et de l'onglet sont fortement corrélés avec la part de fourrages et les valeurs nutritives de la ration et la quantité de MSI, pour l'ensemble des animaux et les mâles. De plus, le poids de l'onglet est corrélé, respectivement pour l'ensemble des animaux, les mâles et les femelles, au poids de la carcasse froide (r = 0,74 ; 0,77 et 0,72), à la part de tissus adipeux (r = 0,40 ; 0,45 et 0,47), de muscle (r = -0,29 ; -0,28 et -0,25) et de squelette (r = -0,22 ; -0,28 et -0,36). Le poids de la hampe est corrélé, respectivement pour l'ensemble des animaux, les mâles et les femelles, au poids de la carcasse froide (r = 0,80 ; 0,87 et 0,35), à la part de tissus adipeux (r = 0,50 ; 0,47 et 0,49), de muscle (r = -0,34 ; -0,24

et -0,22) et de squelette (r = -0,32 ; -0,38 et -0,46). Le rendement commercial quant à lui est corrélé avec la durée de finition chez les mâles (r = 0,46) et avec l'âge à l'abattage chez les femelles (r = -0,59). Parmi l'ensemble des variables caractérisant le muscle LT, seule l'activité de la LDH est fortement corrélée avec les pratiques d'élevage.

Tableau 1 : Principales valeurs de r de Pearson entre les pratiques d'élevages et les caractéristiques de la carcasse et l'activité de la LDH du muscle *Longissimus Thoracis*

			Composition de la carcasse						
		Carcasse froide	Tissu adipeux	Muscles	Squelette	Rdt	Onglet	Hampe	LDH
Poids avant abattage	E	**0,97***	0,46*	-0,30*	-0,35*	0,05	**0,80***	**0,86***	**-0,60***
	M	**0,98***	**0,51***	-0,26*	-0,42*	0,15*	**0,81***	**0,89***	**-0,65***
	F	**0,95***	0,31*	0,33*	0,10	-0,22	**0,72***	**0,74***	-0,12
Fourrages	E	**0,51***	**0,64***	**-0,56***	-0,09	-0,33*	0,44*	**0,60***	**-0,72***
	M	**0,72***	**0,53***	-0,39*	-0,16*	-0,02	**0,52***	**0,63***	**-0,80***
	F	0,09	0,10	-0,35	**0,62***	-0,38*	0,17	0,08	**-0,71***
Concentrés	E	**-0,50***	**-0,64***	**0,57***	0,07*	0,34*	-0,44*	-0,59*	**0,72***
	M	**-0,70***	**-0,53***	0,41*	0,13	0,05	**-0,52***	**-0,61***	**0,81***
	F	-0,09	-0,13	0,35	**-0,62***	0,38*	-0,17	-0,08	**0,71***
MSI	E	**0,54***	**0,56***	**-0,50***	-0,06	-0,40*	**0,64***	**0,70***	**-0,52***
	M	**0,63***	**0,55***	-0,48*	-0,01	-0,30*	**0,70***	**0,70***	**-0,62***
	F	0,48*	-0,08	0,12	-0,11	0,10	0,44*	0,45*	0,28*
UFV	E	**0,67***	**0,57***	-0,46*	-0,20*	-0,26*	**0,67***	**0,75***	**-0,60***
	M	**0,77***	**0,56***	-0,39*	-0,22*	-0,09	**0,73***	**0,77***	**-0,63***
	F	0,45*	-0,05	0,03	0,04	-0,12	0,40*	0,39*	-0,22
PDIN	E	**0,69***	0,43*	-0,32*	-0,20*	-0,13*	**0,66***	**0,67***	**-0,51***
	M	**0,72***	**0,54***	-0,39*	-0,19*	-0,09	**0,69***	**0,71***	**-0,59***
	F	0,39*	-0,17	0,25*	-0,22	0,11	0,31*	0,35*	0,31*
PDIE	E	**0,68***	0,46*	-0,34*	-0,23*	-0,15*	**0,65***	**0,69***	**-0,51***
	M	**0,72***	**0,52***	-0,36*	-0,20*	-0,09	**0,69***	**0,71***	**-0,59***
	F	0,43*	-0,11	0,23	-0, 31*	0,17	0,33*	0,38*	0,35*

E : Ensemble des animaux, M : Mâles, F : Femelles, Rdt : rendement commercial, |r| > 0,50 en gras, * : P < 0,05

Discussion

La nature de la ration durant la phase de finition a un impact moins marqué sur la carcasse des femelles comparativement aux mâles. Le fait que les femelles soient majoritairement des vaches de réforme (en moyenne = 71,7 mois) pourrait expliquer cette absence de relation. En revanche chez les mâles, principalement représentés par des jeunes bovins en croissance (en moyenne = 17,2 mois), une augmentation de la part de concentrés dans la ration tend à augmenter la part de muscles de la carcasse et diminuer celle du tissu adipeux en accord avec les résultats de McGregor et al., (2012). Un allongement de la période de finition engendre une augmentation du rendement de la carcasse pour l'ensemble des animaux. Cependant, les femelles qui sont abattues plus âgées tendent à avoir un moins bon rendement de carcasse. Il semblerait que l'âge de l'animal ait un effet négatif sur le rendement au-delà de sa phase de croissance.

Facile à prélever et non dépréciatif de la carcasse, les poids de la hampe et de l'onglet permettent de faire le lien entre les pratiques d'élevage et la composition de la carcasse. La mesure du poids de ces 2 muscles pourrait constituer un indicateur simple et rapide à réaliser en abattoir pour estimer la composition de la carcasse et pour apprécier sa qualité.

La diminution de l'activité de la LDH du LT lors d'une augmentation de la part de fourrages dans la ration est favorable à la tendreté de ce muscle (Picard et al., 2006). Une augmentation du poids vif conduit à une diminution de la LDH dans le LT alors que la durée de finition croissante a un effet inverse. Un compromis entre la durée de finition et la vitesse de croissance apparait indispensable pour ne pas impacter négativement la tendreté de la viande.

Conclusion

Cette analyse intégrative de nombreuses données individuelles issues de plusieurs expérimentations permet de valider et surtout quantifier des relations entre pratiques d'élevage, caractéristiques des carcasses et activité de la LDH du LT, durant la phase de finition. Ces résultats permettent d'envisager d'apporter des conseils aux éleveurs sur les pratiques d'élevage à mettre en œuvre durant la phase de finition. De plus, l'utilisation des poids de l'onglet et de la hampe comme indicateurs de la composition de la carcasse est un point à approfondir afin de valider ces premiers résultats. L'étape suivante sera de construire des modèles de régressions multivariées afin de prédire les qualités des carcasses et des viandes à partir des pratiques d'élevage. Un intérêt particulier sera porté à la période d'étude qui devra être plus large que la phase de finition et sur le nombre de variables explicatives.

Références bibliographiques

Gatellier, P., Mercier, Y., Renerre, M., 2004. Meat Sci. 67, 385–394.

Huuskonen, A., Jansson, S., Honkavaara, M., Tuomisto, L., Kauppinen, R., Joki-Tokola, E., 2010. Livest. Sci. 131, 125–129.

Oury, M.-P., Picard, B., Istasse, L., Micol, D., Dumont, R., 2007. Prod. Anim. 20, 309–325.

McGregor, E.M., Campbell, C.P., Miller, S. P. Miller, Purslow, P.P., Mandell, I.B., 2012. Can. J. Anim. 92, 327-341.

Picard, B., Jurie, C., Bauchart, D., Dransfield, E., Ouali, A., Martin, J.F., Jailler, R., Lepetit, J., Culioli, J., 2006. JSMTV. 183-190.

RELATIONS GENETIQUES ENTRE QUALITES BOUCHERES DE VACHES ADULTES ET CELLES DE TAURILLONS EN RACE BOVINE CHAROLAISE

AVILES C. (1), VINET A. (1), SAINTILAN R. (2), PICARD B. (3), OURY M.P. (4), DUMONT R. (4), KRAUSS D. (5), MAUPETIT D. (5), RENAND G. (1)

(1) INRA GABI JOUY EN JOSAS, (2) UNCEIA JOUY EN JOSAS, (3) INRA HERBIVORES THEIX, (4) AGROSUP DIJON, (5) INRA DOMAINE DE BOURGES

ugengre@dga2.jouy.inra.fr

Abstract

Genetic correlations between beef traits of adult cows and similar traits of young bulls in Charolais beef cattle

In a purebred Charolais herd, 546 cows and 1,386 young bulls, progeny of 72 sires, were slaughtered on average at 7 years and 17 months of age respectively. Carcass yield (Rdt), muscularity (Conf), internal fat weight (DAi) and 6th rib fat content (DA6c) were measured on all animals among which 468 cows and 806 young bulls were genotyped with the Illumina BovineSNP50® Beadchip. In addition muscle intramuscular lipid (Lip) and collagen (Coll) contents were measured on 193 and 734 animals respectively. The close genetic correlations estimated between both genders for Rdt and DA6c were consistent with a number of common QTL among which a very strong one in the region of the *myostatin* gene on chromosome 2.

Introduction

Alors que les ¾ de la viande bovine rouge consommée en France est de la viande de femelles, les études génétiques menées jusqu'à présent sur les qualités des carcasses et des viandes le furent sur des productions de taurillons (Allais et al., 2010) beaucoup plus faciles à maîtriser. Afin d'éventuellement extrapoler sur vaches adultes les résultats des études réalisées sur taurillons, il faut disposer d'estimations des corrélations génétiques entre ces deux types de production. L'objectif de ce travail est d'analyser le déterminisme génétique (polygénique et QTL) des qualités bouchères mesurées sur des vaches adultes en comparaison avec celles mesurées sur des taurillons.

Matériel et méthodes

Sur l'élevage de Bourges, 1 386 taurillons de race Charolaise furent engraissés jusqu'à 15 ou 19 mois. Les femelles de ce troupeau furent systématiquement réformées à 6-8 ans et 546 d'entre elles engraissées. Soixante douze taureaux furent utilisés pour procréer les animaux expérimentaux. Ces animaux furent abattus à Theix, où le rendement (Rdt), la conformation (Conf) et les dépôts adipeux internes (DAi) de la carcasse furent enregistrés. La 6ème côte fut prélevée pour en estimer la teneur en dépôts adipeux (DA6c). Les teneurs du muscle en lipides (Lip) et en collagène (Coll) furent mesurées sur le muscle *Longissimus thoracis* (LT) de 193 vaches adultes et 734 taurillons.

Les six qualités bouchères des deux types d'animaux furent analysées conjointement dans un modèle mixte prenant en compte l'effet du groupe de contemporains, l'âge à l'abattage et l'effet aléatoire des 1 932 animaux avec performance complétés de 4 030 ascendants sans performance. Les paramètres génétiques furent calculés à l'aide du logiciel VCE-6 (Neumaier et Groeneveld , 1998).

En sus des 72 pères, 806 taurillons et 468 vaches adultes furent génotypés à l'aide de la puce BovineSNP50®. Après validation, 45.160 SNP sur les 29 chromosomes autosomiques furent retenus pour les analyses d'association. La détection des QTL fut réalisée à l'aide du logiciel GEMMA sous un modèle mixte Bayésien (BSLMM) considérant que chaque SNP peut être décomposé en un faible effet aléatoire et un possible effet fixe détectable (Zhou et al, 2012). Un facteur de Bayes (BF) a été calculé pour chaque SNP. Un SNP est considéré associé à un QTL avec une forte probabilité ou une très forte probabilité respectivement pour BF> 6 ou BF>10. Le même QTL pouvant être associé à plusieurs SNP en déséquilibre de liaison, les SNP inclus dans une région de 4 Mb et significativement associés au même caractère sont supposés en association avec un seul et même QTL.

Résultats et discussions

Les carcasses des vaches adultes ont un rendement et une conformation sensiblement inférieurs (-7% et -1,2 pt respectivement) à ceux des taurillons, mais des dépôts adipeux nettement plus élevés: + 10 kg et + 5,5% respectivement pour DAi et DA6c (Tableau 1). Par contre, le muscle LT des vaches contient deux fois plus de lipides que celui des taurillons (Tableau 2). L'adiposité plus marquée des vaches différencie donc nettement ce type de production de celui de taurillons.

Les coefficients d'héritabilité rapportés dans les tableaux 1 et 2 sont pour la plupart compris entre 0,20 et 0,37, indiquant que ces caractères sont moyennement héritables pour les deux types de production, en conformité avec les valeurs moyennes trouvées dans la littérature (Burrow et al., 2001). Les coefficients d'héritabilité de la conformation des carcasses et de la teneur en lipides du muscle LT des taurillons sont toutefois plus faibles alors que celui de la teneur en collagène des vaches est particulièrement élevé. Il n'existe pas de résultats similaires pour comparaison dans la littérature.

Presque tous les caractères sont génétiquement corrélés entre les deux types d'animaux : modérément (+0,4 à +0,6) pour Rdt et Conf et très étroitement (+0,7 à +0,9) pour DA6c, Lip et Coll. Par contre le poids des dépôts adipeux internes (DAi) des vaches est indépendant de celui des taurillons. De plus (résultats non rapportés dans les tableaux) les DAi des vaches sont indépendants (de -0,2 à +0,3) des autres critères d'adiposité (DA6c et Lip) mesurés sur les vaches comme sur les taurillons alors que ceux-ci sont génétiquement bien corrélés entre eux (+0,4 à +0,9). Ces résultats soulignent que la biologie du stockage des dépôts adipeux internes par la vache adulte diffère notablement de celle des autres dépôts adipeux.

Tableau 1 : Qualités des carcasses des vaches et des taurillons : moyennes, coefficients d'héritabilité (h^2) et corrélations génétiques, nombre de QTL† par type d'animal et nombre de QTL communs

		Vaches			Taurillons			Corrélation	QTL
Caractère		Moyenne	h^2	QTL†	Moyenne	h^2	QTL†	génétique	communs
Rdt	%	54,5	0,34	75 (8)	58,8	0,37	68 (7)	+0,59	18
	*s.d / s.e.**	*1,8*	*0,07*		*2,0*	*0,03*		*0,06*	
Conf	/18	9,1	0,30	57 (3)	10,3	0,14	4 (1)	+0,38	1
	*s.d / s.e.**	*1,1*	*0,07*		*1,3*	*0,03*		*0,10*	
DAi	kg	26,2	0,28	0	16,3	0,20	0	0,00	0
	*s.d / s.e.**	*6,6*	*0,06*		*6,0*	*0,03*		*0,09*	
D6c	%	21,9	0,28	88 (8)	16,1	0,35	64 (11)	+0,89	19
	*s.d / s.e.**	*4,8*	*0,04*		*4,2*	*0,03*		*0,04*	

† nombre de QTL fortement probable (nombre de QTL très fortement probables)
** s.d. = écart-type pour les moyennes ; s.e. = erreur standard pour les paramètres génétiques estimés*

Le nombre de QTL fortement probables varie considérablement entre caractères : plus de 64 pour Rdt et DA6c des vaches comme des taurillons, mais aucun pour DAi (Tableaux 1 et 2). Pour Rdt et DA6c on trouve qu'environ ¼ des QTL sont communs entre les deux types d'animaux, participant ainsi au niveau élevé des corrélations génétiques observées entre vaches et taurillons. Trop peu de QTL furent détectés pour les caractéristiques musculaires (Lip et Coll) pour espérer expliquer l'origine des fortes corrélations génétiques entre les deux types d'animaux pour ces caractères.

Tableau 2 : Caractéristiques musculaires des 193 vaches et des 734 taurillons : moyennes, coefficients d'héritabilité (h^2) et corrélations génétiques, nombre de QTL† par type d'animal et nombre de QTL communs

		Vaches			Taurillons			Corrélation	QTL
Caractère		Moyenne	h^2	QTL†	Moyenne	h^2	QTL†	génétique	communs
Lip	mg/g	40,0	0,36	23 (1)	18,1	0,15	7 (0)	+0,68	1
	*s.d / s.e.**	*15,6*	*0,08*		*8,5*	*0,03*		*0,09*	
Coll	mg/g	4,4	0,70	19 (1)	4,4	0,26	0	+0,69	0
	*s.d / s.e.**	*0,5*	*0,10*		*1,0*	*0,04*		*0,07*	

† nombre de QTL fortement probable (nombre de QTL très fortement probables).
** s.d. = écart-type pour les moyennes ; s.e. = erreur standard pour les paramètres génétiques estimés*

Parmi les QTL communs détectés, il faut noter celui qui est situé sur le chromosome 2 entre 5,54 et 6,61 Mb et qui affecte aussi bien Rdt, Conf, DA6c et Lip des vaches que des taurillons. Or cette région héberge le gène de la myostatine, connu pour présenter en race Charolaise une mutation qui affecte ces caractères (Allais et al., 2010). Tous les taureaux furent alors génotypés pour cette mutation (Dunner et al., 2003). Il s'avéra que 40% des taureaux étaient effectivement porteurs d'une copie de l'allèle muté.

Conclusion

Le déterminisme génétique de la qualité des carcasses (rendement, conformation et dépôts adipeux dans la 6ème côte) et des caractéristiques musculaires (lipides et collagène) des vaches adultes est donc largement lié au déterminisme génétique des mêmes caractères sur taurillons en fin d'engraissement, mise à part la capacité des vaches à stocker du gras dans la cavité de la carcasse qui doit être considérée comme un caractère spécifique des vaches adultes.
Pour les qualités des carcasses, les corrélations génétiques élevées observées entre les deux types d'animaux résultent en partie de régions QTL communes. On peut conclure qu'une sélection polygénique ou sur marqueurs moléculaires associés aux QTL communs pratiquée sur taurillons permettrait d'améliorer la qualité des carcasses des vaches adultes. Par contre, pour les caractéristiques musculaires le dispositif expérimental n'a pas permis de mettre en évidence le rôle des QTL sur leur déterminisme génétique et donc de conclure sur l'éventuel intérêt d'une sélection sur marqueurs moléculaires pour améliorer les qualités de la viande.

Références bibliographiques

Allais, A., Levéziel, H., Payet-Duprat, N., et al. (2010). J. Anim. Sci., 88, 446-454.
Burrow, H.M., Moore, S.S., Johnston, D.J., et al (2001). Aust. J. Exp. Agric., 41, 893-919.
Dunner S., Miranda, E., Amigues, Y., et al. (2003). Genet. Sel. Evol., 35, 103-118.
Neumaier, A., and Groeneveld, E. (1998). Genet. Sel. Evol., 30, 3–26.
Zhou, X., Carbonetto, P., and Stephens, M. (2012). PLoS Genetics, 9, e1003264

EFFET DE LA TENEUR EN LIPIDES SUR LE PROFIL EN COMPOSES VOLATILS ET LA SENSIBILITE A L'OXYDATION DE LA VIANDE DE CANARD

CHARTRIN P. (1), RATEL J. (2), ENGEL E. (2), BERNADET M.D. (3), BORDEAU T. (1), GODET E. (1), BAEZA E. (1)

(1) INRA, UR 083, RECHERCHES AVICOLES, 37380 NOUZILLY
(2) INRA, UR 370, QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, THEIX, 63122 SAINT-GENES CHAMPANELLE
(3) INRA, UE 089, PALMIPEDES A FOIE GRAS, ARTIGUERES, 40280 BENQUET

baeza@tours.inra.fr

Abstract: Effect of lipid content on the profile of volatile compounds and oxidation susceptibility of duck meat

Lipid content in duck meat can largely vary then influencing its nutritional and sensory attributes but probably also susceptibility to oxidation during cold storage of fresh or processed meat. By combining the duck genotype (Muscovy, Pekin and mule) and nutritional level (*ad libitum* or overfed) we were able to obtain duck fillets exhibiting a large variation in lipid content and to distribute them into 3 classes (2.0 to 3.5%, 4.0 to 5.5% and 5.9 to 7.9%). Storage at +4°C or -20°C of fresh meat or +4°C of dried salty fillets did not affect the colour and fatty acid composition of meat nor its susceptibility to lipid or protein oxidation. However, the study of the content in volatile constituents shows that several compounds were influenced by lipid content for both raw and processed samples.

Introduction

La teneur en lipides intramusculaires influence fortement la qualité de la viande, en particulier ses caractéristiques nutritionnelles et sensorielles et son aptitude à la conservation (Ruiz et al., 2001). Les lipides sont également des précurseurs des composés volatils des produits carnés impliqués dans la flaveur de la viande après cuisson et/ou transformation (Gandemer, 2002). Plus la teneur en lipides de la viande est élevée, plus le nombre de composés volatils formés, en termes d'espèces chimiques, est important (Gandemer, 2002). A notre connaissance, l'effet de la teneur en lipides intramusculaires sur la formation de ces composés volatils dans la viande de canard n'a jamais été analysé. Notre étude a donc pour premier objectif de décrire cet effet dans le filet/magret de canard. De nombreux travaux ont démontré que l'aptitude à la conservation de la viande dépendait surtout de sa teneur en acides gras insaturés plus sensibles à l'oxydation, et en pigments héminiques riches en fer (Gray et al., 1996). Dans la viande de canard, la proportion d'acides gras insaturés est d'environ 60% des acides gras totaux (Chartrin et al., 2006a) et sa teneur en hémoglobine et myoglobine est élevée (Baéza et al., 2002). L'augmentation de la teneur en lipides intramusculaires se traduit chez les volailles par une augmentation de la teneur en acides gras mono-insaturés et ce quelle que soit leur alimentation (Klasing, 1998). Par ailleurs, chez le canard, il est possible, en combinant le niveau d'alimentation (gavés vs. à volonté) et le génotype (Barbarie, Pékin, mulard), de faire varier la teneur en lipides du filet/magret sur une large plage (Chartrin et al., 2006b). Notre projet a donc pour deuxième objectif d'analyser l'effet de la variation de la teneur en lipides intramusculaires sur la sensibilité à l'oxydation des filets/magrets de canards lors de leur conservation en froid positif (+4°C) et négatif (-20°C) et après transformation en produits salés et séchés.

Matériel et méthodes

Des canards de Barbarie, Pékin et mulards mâles (110 par génotype) produits par la société Grimaud Frères (Roussay, France) ont été élevés séparément (1 génotype par parquet) mais dans les mêmes conditions d'élevage et d'alimentation à l'UEPFG INRA de Benquet. A l'âge de 12 semaines, 55 canards mulards, 70 canards Pékin et 40 canards de Barbarie ont été mis en gavage. Les animaux restant ont été alimentés à volonté. Tous les canards ont été abattus à l'âge de 14 semaines à l'UEPFG. Après 24 h de ressuage à +4°C, soit J+1, les filets/magrets ont été prélevés sur l'ensemble des carcasses. Le pHu a été mesuré sur tous les filets/magrets droits. Tous les filets/magrets (droits et gauches) ont été emballés individuellement sous vide avec leur identification et stockés à +4°C. Entre J+2 et J+4, la teneur en lipides de tous les échantillons a été estimée par spectrométrie dans le proche infra-rouge (SPIR). Les filets/magrets ont été répartis en 3 classes de teneurs en lipides (2 à 3,5% - 4 à 5,5% - 5,9 à 7,9%) et conservés en frais à +4°C jusqu'à J+15, à -20°C pendant 9 mois ou transformés par salage-séchage au lycée agricole de Périgueux et stockés à +4°C jusqu'à J+60. Nous avons donc conservé 22 filets droits et 22 filets gauches par classe et par modalité de conservation En début et fin de date limite de consommation (DLC), nous avons mesuré pour chaque modalité, la couleur avec un spectrocolorimètre dans le système CIE L*, a*, b*, l'indice TBARS, la teneur en lipides avec la méthode de référence (Folch et al., 1957), la composition en acides gras (CPG) et la teneur en composés thiols et carbonyles. Pour une modalité donnée, ce sont les filets droits puis gauches des mêmes animaux qui ont été utilisés pour réaliser les mesures en milieu et fin de DLC. Les profils en composés volatils ont été déterminés pour les magrets frais en fin de DLC après conservation à +4°C et pour les magrets salés, séchés et emballés sous vide en fin de DLC. Une fois les échantillons de magrets réduits en poudre au moyen d'un broyeur à bille sous azote liquide, les composés volatils ont été extraits par micro-extraction en phase solide (SPME) puis séparés et identifiés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM).

Résultats

La teneur en lipides n'a pas influencé le pHu des filets/magrets dont la valeur moyenne pour chaque classe était comprise entre 5,82 et 5,87. L'utilisation du SPIR permet une bonne prédiction de la teneur en lipides des filets/magrets de canards. La corrélation entre la teneur en lipides estimée par SPIR et celle mesurée avec la méthode de référence (Folch et al., 1957) en début et fin de DLC pour chaque modalité de conservation était comprise entre 0,72 et 0,92. Plus la teneur en lipides augmente dans la viande, plus la teneur en acides gras monoinsaturés augmente et plus la teneur en acides gras polyinsaturés diminue. Les filets/magrets les plus gras sont aussi les plus rouges et les plus jaunes. Leur capacité de libération des groupements thiols est moindre. Par comparaison avec les filets/magrets frais, la transformation diminue la coloration jaune et rouge de la viande qui est également plus foncée. L'indice TBARS et le taux de carbonyles sont plus élevés et le taux de thiols libres plus faible. La teneur en lipides est pratiquement doublée. Quelle que soit la teneur en lipides, la conservation à +4°C et -20°C de filets/magrets crûs et la conservation à +4°C des filets/magrets transformés et emballés sous vide n'ont pas affecté la composition en acides gras ni l'oxydation des lipides et des protéines (Figure 1). Enfin, l'étude des profils en composés volatils des magrets en fin de DLC suggère que l'abondance de certains composés volatils pourrait être modulée par la teneur en lipides des échantillons, que les magrets soient frais ou salés et séchés, emballés sous vide et conservés à +4°C.

Discussion

Nos résultats confirment l'effet de la teneur en lipides sur la couleur de la viande. En effet, Chartrin et al. (2006b) avaient montré que l'augmentation de la teneur en lipides du filet/magret de canard se traduisait par un accroissement de la clarté et de l'intensité de jaune de la viande crue. L'effet de la teneur en lipides sur l'abondance de certains composés volatils pourrait expliquer les modifications de flaveur décrites aussi par Chartrin et al. (2006b). Plusieurs études conduites sur le jambon salé et séché de porc ont montré que ces composés volatils étaient surtout des alcanes, des aldéhydes, des alcools, des esters et des acides carboxyliques (Gandemer, 2002). Plus de 100 composés volatils ont été identifiés provenant pour l'essentiel de l'oxydation des lipides. Ceci pourrait être également le cas pour les filets/magrets de canards salés et séchés dont la sensibilité à l'oxydation semble supérieure à celle de la viande crue. Dans notre étude, la conservation au froid n'a pas eu d'impact sur la sensibilité à l'oxydation des lipides et des protéines des filets/magrets de canard.

Conclusion

Quelle que soit la teneur en lipides, la conservation à +4°C et -20°C de filets/magrets crûs et la conservation à +4°C des filets/magrets transformés et emballés sous vide n'ont pas affecté la composition en acides gras ni l'oxydation des lipides et des protéines. Il semblerait que la viande de canard soit dotée de systèmes antioxydants intrinsèques efficaces.

Figure 1. Effet de la teneur en lipides sur la sensibilité à l'oxydation des lipides et des protéines de filets/magrets de canards emballés sous vide et conservés à -20°C (n=22)

A, B, C : Classes de lipides. A = 2,0 à 3,5% ; B = 4,0 à 5,5% ; C = 5,9 à 7,9%
a, b : différence significative entre lots à P<0,05

Références bibliographiques

Baéza E., Dessay C., Wacrenier N., Marché G., Listrat A. 2002. British Poultry Science, 43, 560-568.
Chartrin P., Bernadet M.D., Guy G., Mourot J., Duclos M.J., Baéza E. 2006a. Animal Research, 55, 231-244.
Chartrin P., Méteau K., Juin H., Bernadet M.D., Guy G., Larzul C., Rémignon H., Mourot J., Duclos M.J., Baéza E. 2006b. Poultry Science, 85, 914-922.
Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. 1957. Journal of Biological Chemistry 226,497-509.
Gray J.I., Gomaa E.A., Buckley D.J. 1996. Meat Science, 43 supplement, S111-S123.
Klasing K. (1998). In Comparative Avian Nutrition, CAB International, Davis, USA, 171-200.
Ruiz J.A., Guerrero L., Arnau J., Guardia M.D., Esteve-Garcia E. 2001. Poultry Science, 80, 976-982.

QUALITES SENSORIELLES DE LA VIANDE ET STRESS OXYDANT EN RACE ANGUS

GAGAOUA M. (1,3), DURAND D. (1,2), MICOL D. (1,2), SANTE-LHOUTELLIER V. (4), TERLOUW C. (1,2), ELLIES-OURY M.P. (5), BOUDJELLAL A (3)., HOCQUETTE J.F. (1,2), PICARD B. (1,2)

(1) INRA, UMR 1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GENES CHAMPANELLE, FRANCE ; (2) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR 1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND, FRANCE ; (3) EQUIPE MAQUAV, LABORATOIRE BIOQUAL, INATAA, UNIVERSITE CONSTANTINE 1, ROUTE DE AIN EL-BEY, 25000, ALGERIE ; (4) INRA, UR370 QUAPA, 63122 SAINT GENES CHAMPANELLE, FRANCE ; (5) BORDEAUX SCIENCES AGRO, DNSFA, 1 COURS DU GENERAL DE GAULLE, CS 40201, 33 175 GRADIGNAN CEDEX, FRANCE

gmber2001@yahoo.fr

Abstract: Biomarkers of meat sensory qualities of Angus beef breed: towards the development of prediction equations

The development of accurate biomarkers of meat quality represents an important technological challenge in meat science. This study presents prediction equations of meat sensory qualities using a list of protein markers combined with other indicators of lipid peroxidation, protein oxidation and oxidative stress. The compilation of different biochemical process indicators allowed us to significantly improve the prediction power. For the Angus breed, whose muscles are known to have relatively high levels of oxidative metabolism, models were able to predict over 60% of the variability of the sensory attributes, reaching 75% for overall liking. The prediction equations obtained include biomarkers belonging to the oxidative stress proteins.

Introduction

Depuis le début des années 90, des études scientifiques cherchent à identifier des marqueurs biologiques (ou biomarqueurs) des qualités des viandes qui permettraient la classification des carcasses après abattage en termes de qualités sensorielles. Ce défi suscite un grand intérêt des industriels afin de répondre aux exigences des consommateurs qui attendent une qualité constante et satisfaisante. De nombreuses équipes de recherche ont mené des projets transversaux afin de comprendre les mécanismes sous-jacents impliqués dans le déterminisme des qualités des viandes. Pour atteindre ces objectifs, différentes techniques de génomique, transcriptomique, protéomique,….ont été utilisées pour comparer des groupes de tendreté forte ou faible constitués a *posteriori*. Grâce à cette stratégie, notre équipe a pu identifier une série de biomarqueurs potentiels des qualités sensorielles de la viande bovine, en particulier de la tendreté (Guillemin *et al.,* 2011; Picard *et al.,* 2012; Picard *et al.,* 2013). L'étape actuelle consiste à valider ces biomarqueurs sur différents types d'animaux et plusieurs muscles de différents niveaux de qualité sensorielle. Par exemple, dans le cadre du projet européen « ProSafeBeef » (www.prosafebeef.eu), nous avons récemment validé la relation entre 21 biomarqueurs protéiques et la tendreté de la viande sur trois races différentes par leur précocité : Blonde d'Aquitaine, Limousine et Aberdeen Angus (Picard *et al.,* 2013). Cette étude vise à tester la pertinence d'autres variables, tels que des indicateurs de la peroxydation des lipides, de l'oxydation des protéines et du stress oxydant, dans les équations de prédiction des qualités sensorielles de la viande de la race Aberdeen Angus aux muscles de type rouge lent oxydatif.

Matériel et méthodes

L'expérimentation a porté sur 21 taurillons de race Aberdeen Angus (une race précoce et grasse) en finition à l'Unité expérimentale du Centre de recherche de l'INRA de Theix. Les animaux ont été abattus à un âge moyen de 17 mois. Des échantillons du muscle *Longissimus thoracis* (LT : entrecôte), ont été prélevés au niveau de la 6ème côte de la carcasse 30 minutes (pour le Dot-Blot) ou à 24h après la mort de l'animal (pour les autres analyses). Les échantillons de muscles ont été coupés en petits cubes, immédiatement congelés dans l'azote liquide et conservés à -80°C jusqu'à la quantification des 18 protéines par Dot-Blot (Guillemin *et al.,* 2009). Les protéines analysées sont relatives au stress (αB-Crystalline, Hsp20, Hsp27, Hsp40, Hsp70-1B, Hsp70-8, Hsp70/Grp75), au métabolisme énergétique (Lactate déshydrogénase, Malate déshydrogénase 1, Enolase 3), à la structure du muscle (CapZ-β, α-actine, MyLC-1F, MyBP-H), aux mécanismes de défense contre le stress oxydant (PRDX6, SOD1, PARK7) et à la protéolyse (μ-calpaïne). La proportion des différentes isoformes de chaînes lourdes de myosine (MyHC : *Myosin Heavy Chains*) a été évaluée suivant Picard *et al.* (2011). L'oxydation des protéines a été mesurée par le dosage des carbonyles protéiques après 1 et 14 jours de maturation (Mercier *et al.,* 1998). L'oxydation des lipides a été évaluée avant et après cuisson par la mesure du malondialdéhyde (MDA) (Mercier *et al.,* 1998). L'extraction des lipides totaux a eu lieu à partir d'un broyat de viande suivant la méthode de Folch *et al.* (1957). Puis l'analyse de la composition en acides gras a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse (Gobert *et al.,* 2010). Les contenus en antioxydants de type vitamine E et A ont été déterminés sur la poudre homogène de viande avant et après cuisson par chromatographie en phase liquide à haute performance (Gobert *et al.,* 2010). L'analyse sensorielle a été effectuée par un panel de dégustation (12) en attribuant sur une échelle non structurée (de 0 à 10) une note de : tendreté globale, jutosité, flaveur et appréciation globale pour des morceaux de viande grillés à une température à cœur de 55°C (Gagaoua *et al.,* 2013). Des équations de prédiction des attributs sensoriels mesurés ont été obtenues par régressions multiples pas à pas en utilisant le logiciel Xlstat, 2009.

Résultats

Les modèles de prédiction obtenus pour chaque attribut sensoriel sont présentés dans le tableau 1 et illustrés dans la Figure 1. Les résultats montrent que la vitamine E après cuisson est retenue comme variable explicative et rentre dans l'ensemble des modèles de prédiction (positivement) excepté celui de la jutosité. Les carbonyles après 14 jours de conservation sont retenus dans l'ensemble des modèles (négativement) excepté celui de la tendreté. Les acides gras polyinstaurés (AGPI) sont impliqués (négativement) dans la prédiction de la jutosité et la tendreté, alors que les lipides totaux ont un lien négatif avec la flaveur. Les protéines liées au stress oxydant sont retenues (négativement) pour la prédiction de la tendreté (PARK7, un senseur de stress oxydatif), de la flaveur et de l'appréciation globale (PRDX6, une enzyme anti-oxydante). Par ailleurs, le MDA, produit terminal majeur de la lipoperoxydation, n'a été retenu que dans la prédiction de la flaveur. L'énolase 3, une isoenzyme de la glycolyse, a une tendance à expliquer une part de la jutosité et de l'appréciation globale.

Discussion

Ces données montrent que les protéines liées à l'oxydation des protéines et des lipides, ou impliquées dans la défense contre le stress oxydant, sont associées aux différentes qualités sensorielles de la viande. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'hypothèse que suite à l'exsanguination, la privation en oxygène augmente la production d'espèces radicalaires réactives à l'oxygène (ROS) dans les mitochondries des cellules musculaires (Murphy, 2009). Face à ce stress oxydatif, les cellules vont devoir mobiliser tous les mécanismes de défense cellulaire impliquant leurs protéines anti-oxydantes endogènes, les vitamines et différentes protéines de stress (Hsp) pour piéger les radicaux libérés et réduire leur toxicité afin de restaurer l'homéostasie. Les mécanismes d'implication de ces protéines de défense conduisant aux différentiels de qualité restent à élucider.

Ordre des variables entrant dans le modèle	**Tendreté**	**Jutosité**	**Flaveur**	**Appréciation globale**
1	– Vitamine A (AC) ***	+ Hsp70-1B ***	– PRDX6 **	– PRDX6 ***
2	+ Vitamine E (AC) ***	– AGPI totaux **	+ MDA (AC) *	– Hsp40 *
3	– AGPI totaux ***	– Carbonyles 14 j *	+ Vitamine E (AC) **	– Carbonyles 14 j ***
4	– PARK7 **	– Hsp70/Grp75 *	– Carbonyles 14 j **	+ Vitamine E (AC) ***
5	– MyHC-IIa *	– Enolase 3 ^{t}	– Lipides totaux *	– Enolase 3 ^{t}
6	/	/	/	+ Hsp70-1B *
P-values du modèle	0,002	0,001	0,002	0,000

Signification : t : $P < 0,1$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$.
Abréviations : Prdx6 : Peroxiredoxin 6 ; Hsp : Heat Shock Proteins (protéines de stress thermique) ; MDA : Malondialdéhyde ; PARK7 : Parkinson disease protein 7 ; MyHC : Myosin Heavy Chain (myosines à chaines lourdes) ; AGPI : Acides gras Polyinsaturés ; AC : après cuisson.

Tableau 1. Modèles de prédiction des qualités sensorielles de la viande bovine de la race Aberdeen Angus.

Figure 1. Corrélations entre les attributs sensoriels prédits par les modèles (abscisses) et les attributs mesurés (ordonnés) dans les échantillons du muscle LT de la race Aberdeen Angus.

Conclusions

Ce travail montre que la combinaison des biomarqueurs de tendreté et des indicateurs de peroxydation, d'oxydation des protéines et des lipides, arrive à prédire les principales qualités sensorielles de la viande de la race Angus à plus de 60% et allant à 75% pour l'appréciation globale. Nous confirmons ainsi le rôle important de certaines protéines et leur pertinence dans l'utilisation à terme dans un test pratique. La contribution de ces nouvelles variables au déterminisme des qualités des viandes d'autres races aux muscles de type plutôt glycolytique reste à étudier. Des investigations détaillées permettront de mieux comprendre le rôle des mitochondries, qui sont le siège de la génération des radicaux libres dans la mise en place des qualités des viandes. Enfin, une validation croisée est en cours sur plusieurs types d'animaux et avec des effectifs plus importants.

Références

Folch, J., Lees, M., Sloane Stanley, G.H., 1957. *J Biol Chem* 226, 497-509.
Gagaoua, M., Micol, D., Richardson, *et al.* 2013. Proceedings of the 59th ICOMST, Izmir, Turkey, p. 4.
Gobert, M., et al. 2010. Meat Science 85, 676-683.
Guillemin, N., Bonnet, M., Jurie, C., Picard, B., 2011. J Proteomics 75, 352-365.
Guillemin, N., Meunier, B., Jurie, C., Cassar-Malek, I., Hocquette, J.F., Leveziel, H., Picard, B., 2009. J Physiol Pharmacol 3, 91-97.
Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., Renerre, M., 1998. Meat Sci 48, 301-318.
Murphy M.P. (2009) How mitochondria produce reactive oxygen species. *Biochem J* **417**, 1-13.
Picard, B., Barboiron, C., Chadeyron, D., Jurie, C., 2011. Electrophoresis 32, 1804-1806.
Picard, B., Gagaoua, M., Kammoun, M., *et al.,* 2013. Proceedings of the 59th ICOMST, Izmir, Turkey, p. 4.
Picard, B., Lefevre, F., Lebret, B., 2012. Animal Frontiers 2, 18-25.

CARACTERISTIQUES MUSCULAIRES DES TAUREAUX DE RACES LAGUNAIRE, BORGOU ET ZEBU PEULH ELEVES SUR PATURAGES NATURELS AU BENIN

SALIFOU C.F.A. (1), HOUAGA I. (1), PICARD B. (2,3), MICOL D. (2,3), YOUSSAO A.K.I. (1)

(1) UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI, EPAC/PSA, 01 BP 2009 COTONOU, BENIN.
(2) INRA, UR1213, UNITE DE RECHERCHE SUR LES HERBIVORES, 63122 THEIX, FRANCE
(3) CLERMONT UNIVERSITÉ, VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000, CLERMONT-FERRAND, FRANCE

chakiraths@yahoo.com

Abstract

Muscle characteristics of Borgou, Lagunaire and Zebu Fulani bulls raised on natural pasture in Benin

This study was carried out to evaluate the muscle characteristics of Benin indigenous cattle raised on a natural pasture. Thus, 5 Zebu Fulani, 5 Borgou and 5 Lagunaire were slaughtered at 5 years of age and their *Longissimus thoracis* muscle samples were collected for analyses. Lactate dehydrogenase activity of Zebu Fulani was higher ($p<0.05$) than that of Lagunaire (3494 vs 2813 µmol/min/g protein) while that of Borgou was not significantly different from those of the two other breeds ($p>0.05$). As for isocitrate dehydrogenase, citrate synthase, cytochrome-c oxidase and phosphofructokinase, no significant difference was observed between the three breeds ($p>0.05$). By contrast, the total collagen content of Borgou (5.2 mg OH-proline/mg dry matter) was higher ($p<0.01$) than those of Zebu Fulani (3.1 mg OH-proline/mg dry matter) and Lagunaire (3.2 mg OH-proline/mg dry matter). The myosin heavy chain isoforms I, IIa and IIx were not different between the three breeds.

Introduction

Les bovins élevés et consommés au Bénin sont principalement de races Lagunaire, Borgou et Zébu Peulh. Aucune étude ne s'est intéressée jusqu'à présent à la caractérisation de leurs muscles bien que les propriétés musculaires soient habituellement associées à la qualité sensorielle de la viande bovine. L'objectif de cette étude est de caractériser les muscles de taureaux de ces trois races en termes de propriétés des fibres musculaires, de leur métabolisme et de la teneur et de la nature du collagène, afin de mettre en évidence les spécificités pouvant être à l'origine des qualités de leur viande.

Matériel et méthodes

Cette étude a concerné 15 taureaux entiers de races Lagunaire (n=5), Borgou (n=5) et Zébu Peulh (n=5) âgés de 4-5 ans. Les animaux ont été élevés sur pâturages naturels sans complément alimentaire. La période de finition de ces animaux est le début de la saison des pluies où les repousses de fourrages sont abondantes. Ils ont été abattus à l'abattoir de Cotonou-Porto-Novo (Bénin) où des échantillons du muscle *Longissimus thoracis* (LT : entrecôte) de la 6e côte ont été prélevés sur la carcasse juste après abattage, congelés dans l'azote liquide et conservés à -80°C pour la détermination des caractéristiques métaboliques et contractiles. D'autres échantillons ont été prélevés 24h après abattage, mis sous vide puis conservés à -20°C pour la détermination du collagène total et insoluble selon la méthode décrite par Bonnet and Kopp (1992). Les forces de cisaillement aux jours 0 (F0), 2 (F8) et 8 (F8) ont été mesurées à l'aide d'un appareil de type Warner Bratzler (Salé, 1971). Les activités enzymatiques représentatives du métabolisme glycolytique (LDH : Lactate Déshydrogénase et PFK : Phosphofructokinase) ou oxydatif (ICDH : Isocitrate Déshydrogénase et COX : Cytochrome-c oxydase) ont été mesurées sur homogénats musculaires selon les protocoles détaillés par Jurie et al. (2006). Les proportions des 3 isoformes de chaînes lourdes de myosine (MyHC I, IIa, IIx) ont été évaluées par l'électrophorèse couplée à de la densitométrie selon la technique de Picard et al. (2007). Enfin, les teneurs en collagène total et insoluble ont été mesurées par quantification de l'hydroxyproline. Une analyse de variance incluant l'effet race a été réalisée à l'aide du logiciel XLSTAT, des analyses en composantes principales (ACP) ont également été réalisées sur les caractéristiques décrivant les muscles. Enfin, les résultats obtenus sur ces trois génotypes ont été comparés à ceux extraits de la base de données BIF-beef (Jurie et al., 2011).

Résultats

La teneur en LDH du LT des Zébu Peulh a été plus élevée ($P<0,05$) que celle des Lagunaire (3494 *vs* 2813 µmol/min/g protéine) alors que celle des Borgou n'était pas significativement différente de celles des deux autres races ($P>0,05$). Le muscle des taureaux Zébus Peulh présente un métabolisme musculaire plus glycolytique que celui des taureaux Borgou, ces derniers présentant un métabolisme musculaire plus glycolytique que les Lagunaires. Les Lagunaires apparaissent les plus oxydatifs, du fait en particulier d'activités oxydatives ICDH et COX plus fortes (Tableau 1). Les résultats concernant la proportion des différentes isoformes de MyHC (Tableau 1) confortent ceux obtenus à partir des activités enzymatiques. En effet, le muscle des taureaux Lagunaire, caractérisé par des activités oxydatives (ICDH et COX) plus élevées, présentent des proportions de MyHC I et IIa (42,6% et 28%) plus élevées que celles des taureaux Borgou (45,3 et 17,2%) et Zébu Peulh (26,2 et 38,8%). La proportion des isoformes de MyHC IIa et IIx est plus élevée dans le muscle des taureaux Zébu Peulh (38,8 et 35%) que dans celui des Lagunaire (28 et 29,4%) et Borgou (17,2 et 37,5%). La teneur en collagène total des Borgou (5,2 µg OH-proline/mg MS de muscle) a été plus élevée ($P<0,01$) que celles des Zébu Peulh et des Lagunaires (respectivement 3,1 et 3,2 µg OH-proline/mg MS de muscle). Les mêmes tendances étaient enregistrées chez les trois races pour le collagène insoluble avec des teneurs de 4,1 OH-proline/mg MS de muscle pour

les Lagunaire, contre 2,4 pour les Borgou et les Zébu Peulh (Tableau 1). L'analyse en composantes principales (ACP) montre que les activités ICDH et LDH sont opposées (enzymes de métabolismes oxydatif *vs* glycolytique) ; ICDH et LDH sont positivement corrélées aux isoformes de MyHC I et IIx, respectivement (figure 1). Le collagène total (CT) et l'insoluble (CI) sont très fortement liés.

Tableau 1 : Caractéristiques du muscle *longissimus thoracis* des taureaux Lagunaire, Borgou et Zébu Peulh**.**

Variables	Lagunaire	Borgou	Zébu Peulh	SEM	Effet race
Collagène total (µg OH -proline/mg MS)	3,2[b]	5,2[a]	3,1[b]	0,4	**
Collagène insoluble (µg OH proline/mg MS)	2,4[b]	4,1[a]	2,4[b]	0,3	**
MyHC I (%)	42,6	45,3	26,2	11,1	NS
MyHC IIa (%)	28	17,2	38,8	9,1	NS
MyHC IIx (%)	29,4	37,5	35	11,2	NS
LDH (µmole/min/g protéine)	2813[b]	3149[a]	3494[a]	241,1	*
ICDH (µmole/min/g protéine)	6,4	4,4	3,1	1,9	NS
COX (µmole/min/g protéine)	61,3	39,4	56,1	10,5	NS
PFK (µmole/min/g protéine)	8,13	9,3	5,3	1,7	NS

* : P<0,05 ;** : P<0,01 ; NS : P<0,05. Les moyennes de la même ligne affectées des lettres différentes sont significatives au seuil de 5%.

Figure 1 : ACP réalisée à partir des caractéristiques musculaires du LT des taureaux Lagunaires, Borgou et Zébu Peulh et des forces de cisaillement aux jours 0 (F0), 2 (F2) et 8 (F8).

Discussion

Les résultats obtenus ont montré que les animaux les moins glycolytiques sont les plus tendres en se basant sur les forces de cisaillement. Ceci est en accord avec la bibliographie (Guillemin et al., 2009). Les taureaux Lagunaires, Borgou et Zébu Peulh ont une activité LDH plus faible que celle des taurillons de races Françaises (Jurie et al., 2011). Quant à l'activité de l'ICDH, le Zébu Peulh et la Blonde d'Aquitaine (0,63 µmole/min/g muscle) ; les Borgou et les Limousins (0,79 µmole/min/g muscle), les Lagunaire et Aberdeen Angus (0,97 µmole/min/g muscle) ont respectivement une activité enzymatique proche (Jurie et al., 2011). En ce qui concerne l'activité de la citrate synthase (CS), les Borgou (5,1 µmole/min/g muscle) ont une activité assez proche des trois races françaises (Aberdeen Angus, Blonds d'Aquitaine, Limousins). Pour l'activité de la COX, les Borgou ont une activité COX (7,5 µmole/min/g muscle) faible par rapport à celle des taurillons Limousins, Angus et Blonds d'Aquitaine. Les Lagunaire et les Zébu Peulh ont des activités COX un peu plus proches de celles des Blonds d'Aquitaine (10,1 µmole/min/g muscle) et Limousins (12,4µmole/min/g muscle). Lagunaire, Borgou et Zébu Peulhs présentent la particularité de renfermer plus de fibres de type I et moins de fibres de type IIx par rapport aux taurillons Limousins, Angus et Blonds d'Aquitaine. Ils ont des compositions en fibres mixtes (IIA) assez proches (Jurie et al., 2011). Le muscle LT des Borgou a une teneur en collagène total proche de celle des Angus (5,36 µg OH-proline/mg MS). Par contre, les Zébus et les Lagunaires ont une teneur en collagène total inférieure à celles des Limousins (4,06 µg OH-proline/mg MS) et des Blonds d'Aquitaine (4,04 µg OH-proline/mg MS). Le même constat est fait au niveau de la teneur en collagène insoluble.

Conclusion

Cette première étude a permis de caractériser le muscle LT des taureaux Lagunaire, Borgou et Zébu Peulh. Ainsi, les Lagunaire présentent un muscle à métabolisme plus oxydatif et à contraction plus lente que les Zébus Peulh, les Borgou étant dans une position intermédiaire à ces deux races. Le muscle des Borgou renferme plus de collagène que celui des deux autres races. L'étude mérite d'être approfondie. Ces connaissances permettront de mettre en relation les caractéristiques et la qualité sensorielle de ces races.

Les auteurs remercient l'INRA UMRH-Theix, en particulier David Chadeyron et Jean-Luc Montel pour les analyses biochimiques, et la Coopération belge.

Références bibliographiques

Bonnet M. and Kopp J., 1992. Viandes Produits Carnés, 23: 87-91.

Guillemin I., Cassar-Malek I., Hocquette J-F., Jurie C., Micol D., Listrat A., Leveziel H., Renand G., Picard B., 2009. Inra Productions animales, 22 (4), 331-344.

Picard B., Barboiron C., Chadeyron D., Jurie C., 2007, Cahier des techniques INRA, 62, 17-24.

Jurie C., Picard B., Micol D., Listrat A., Kammoun M., Hocquette J-F. 2011. 57th International congress of meat Science technology, 7-12 August 2011, Ghent-Belgium

Jurie C., Ortigues-Marty I., Picard B., Micol D., Hocquette J-F., 2006, Livestock Sci., 104, 182-192.

Salé P., 1971. Bull. Techn. C.R.Z.V. Theix, INRA, 6: 35-44.

INFLUENCE DE LA TOPOGRAPHIE DES PATURAGES ALPINS SUR LES FIBRES MUSCULAIRES DU VEAU EN SYSTEME ALLAITANT

GANGNAT I.D.M. (1), KREUZER M. (1), SILACCI P. (2), DUFEY P.-A. (2), LEIBER F. (1,3), BERARD J. (1)

(1) ETH ZURICH, INSTITUTE OF AGRICULTURAL SCIENCES, ZURICH, SWITZERLAND, UNIVERSITAESTRASSE 2, CH-8092
(2) AGROSCOPE, INSTITUTE FOR ANIMAL SCIENCE, POSIEUX, SWITZERLAND, ROUTE DE LA TIOLEYRE 4, CH-1725
(3) RESEARCH INSTITUTE OF ORGANIC AGRICULTURE (FIBL), FRICK, SWITZERLAND, P.O. BOX 219, CH-5070

isabelle.gangnat@usys.ethz.ch

Abstract

Influence of pasture topography on muscle fibre type

Suckler herds are slowly replacing dairy herds on summer mountain pastures. In contrast to lowland pastures, mountain pastures typically have a high inclination which results in a different physical activity for grazing animals. This could have a consequence on muscle metabolism and further on meat quality but studies focusing on the effect of physical activity only are lacking. Two groups of 12 suckling calves with their dams were kept for 11 weeks on steep (IN; 35% inclination) or flat (PL; 0% inclination) pastures. Samples of the *biceps femoris* muscle and the *longissimus thoracis* muscle were taken immediately after slaughter and analysed for muscle fibre type based on the myoglobin ATPase activity. In both muscles, fast oxidative-glycolytic fibres were more abundant and fast glycolytic fibres were less abundant in IN- than PL-calves.

Introduction

Le contingent des troupeaux laitiers est en diminution sur les alpages, tandis que celui des troupeaux allaitants est en augmentation. Le plus souvent, les pâturages alpins présentent des pentes plus accentuées que les pâturages de plaine, ce qui implique que les animaux pâturant en montagne ont une activité physique différente de celle des animaux pâturant en plaine. Cet effort physique particulier pourrait avoir des conséquences sur le métabolisme musculaire qui pourrait à son tour influencer la qualité de la viande. Cependant, l'effet de l'activité physique sur le métabolisme musculaire a été peu étudié, et était souvent confondu avec l'effet de l'alimentation (Dunne et al., 2011). Cet essai propose un modèle d'étude des effets de l'activité physique induite par la topographie sur le métabolisme musculaire des bovins.

Matériel et méthodes

Deux groupes de 12 veaux sous la mère (185±22 kg) issus du même taureau Angus ont pâturé sur des pâturages inclinés (IN ; inclinaison 35%) ou plats (PL ; inclinaison 0%) à 2000 m d'altitude dans les alpes suisses pendant 11 semaines. Les pâturages et les animaux ont été choisis afin de réduire au minimum l'effet de l'alimentation : la qualité nutritive de l'herbe (azote, cendres et fibres) différait peu d'un groupe à l'autre et la présence du lait maternel (estimé de même qualité et quantité dans les deux groupes) dans l'alimentation des veaux permettait de réduire encore ces différences. L'intensité de l'activité physique des veaux a été évaluée à l'aide de podomètres (IceTag, IceRobotics Ltd, Royaume Uni), du taux d'hémoglobine à l'abattage (Hemocue 201+, Hemocue AB, Suède) et du poids des cœurs. Les veaux ont été abattus immédiatement après un transport en camion de 3h, le pH a été mesuré dans les muscles *biceps femoris* (BF) et *longissimus thoracis* (LT) dans les 30 min suivant l'étourdissement et un échantillon de BF et de LT a été immédiatement pris sur chaque carcasse et conservé dans l'azote liquide. Le typage des fibres musculaires a été réalisé par détection de l'activité ATPase de la myosine à pH 9,4 permettant de différencier les fibres de type I (lentes oxydatives), de type II-A (rapides oxydatives-glycolytiques) et de type II-B (rapides glycolytiques).

Résultats

Les moyennes des poids d'abattage, des rendements carcasse et des classifications de la carcasse ne différaient pas entre les deux groupes (P>0,22 ; respectivement : 277±24 kg, 54±1,7% et T3 dans la classification CHTAX, correspondant à R3 dans la classification EUROP). Les veaux IN ont marché en moyenne 251 pas par heure (en considérant le temps passé debout) tandis que les veaux PL ont marché 238 pas (P=0,03). Le taux d'hémoglobine tendait à être inférieur chez les veaux IN par rapport aux veaux PL (138 vs. 146 g/l ; P=0,09) et le poids des cœurs était significativement inférieur chez les veaux IN par rapport aux veaux PL (1195 vs. 1333 g ; P<0,01). Le pH 30 min post-mortem était de 6,78 dans le groupe IN et de 6,91 dans le groupe PL pour le BF (P=0,15) et de 6,69 dans les deux groupes pour le LT (P=0,98). Indépendamment du muscle analysé, le nombre total de fibres était similaire dans les deux groupes pour les fibres I et II-A. Cependant, les veaux IN présentaient moins de fibres II-B que les veaux PL dans le BF (22,0 vs. 24,2% du nombre total de fibres; P=0,03) comme dans le LT (32,9 vs. 35,8% des fibres totales ; P=0,04). Les fibres de type II-B couvraient également une part moins importante de l'aire totale du muscle (aire totale couverte par les fibres des trois

types) chez les veaux IN que chez les veaux PL dans les deux muscles (Figures 1 et 2). Inversement, les fibres de type II-A couvraient une part plus importante de l'aire totale du muscle chez les veaux IN que chez les veaux PL.

Figure 1. Aire du muscle occupée par chaque type de fibre musculaire du biceps femoris de veaux élevés sur des prairies inclinées (IN) ou plates (PL)

Figure 2. Aire du muscle occupée par chaque type de fibre musculaire du longissimus thoracis de veaux élevés sur des prairies inclinées (IN) ou plates (PL)

Discussion

Les veaux ont eu accès à la même qualité de fourrage et ont été maintenus à la même altitude dans les deux groupes ; ainsi le seul facteur de variation a été l'inclinaison du pâturage. L'activité physique a différé entre les deux groupes : les veaux IN ont marché sensiblement plus que les veaux PL et surtout ils ont marché dans la pente, ce qui demandait un effort supplémentaire. Les données obtenues à l'abattage n'ont montré aucune différence entre les deux groupes, excepté pour le taux d'hémoglobine et le poids des cœurs qui soutiennent l'hypothèse d'une adaptation de l'organisme à des conditions d'exercice différentes. Le typage des fibres a révélé des différences entre les deux groupes pour les fibres II-A et II-B uniquement. Dans les deux muscles considérés, les fibres II-B (rapides glycolytiques) étaient plus abondantes aux dépens des fibres II-A (rapides oxydatives-glycolytiques) chez les veaux PL, tandis que l'inverse a été observé chez les veaux IN. Cette orientation plus oxydative des fibres de type II chez les veaux IN indique une meilleure résistance à la fatigue, avec cependant un impact limité puisque les fibres I (lentes oxydatives) n'ont pas été affectées. Ces résultats concordent avec les données des podomètres qui indiquaient un exercice plus intense pour les veaux IN plus que les veaux PL. Le typage des fibres musculaires indique que la pente du pâturage a entrainé une activité intermédiaire entre l'effort purement aérobie et l'effort purement anaérobie. Une relation inverse à celle rapportée ici entre le taux d'hémoglobine et le profile glycolytique des fibres musculaires a été mentionnée par Klont et al. (1998). L'effet de l'activité physique sur le type de fibre musculaire observé ici pourrait *in fine* influencer la qualité de la viande, notamment sa couleur qui pourrait être plus foncée si le muscle est composé d'une part plus importante de fibres oxydatives (Klont et al., 1998 ; Choi and Kim, 2009).

Conclusion

L'activité physique des veaux était plus intense pour les veaux sur la pente que pour les veaux sur le plat. Cependant, ceci n'a pas eu d'effet sur les caractéristiques de la carcasse ni sur la chute du pH dans le muscle post-mortem mais a entrainé une modification du profil des fibres musculaires vers des fibres plus résistantes à la fatigue, bien que les fibres purement oxydatives n'aient pas été influencées. Dans ces conditions expérimentales, l'effet de l'activité physique sur les fibres musculaires a donc été modéré mais potentiellement suffisant pour entrainer des modifications de la qualité de la viande.

Références bibliographiques

Choi YM et Kim BC, 2009. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. Livestock Science 122, 105-118.

Dunne PG, Monahan FJ et Moloney AP, 2011. Current perspectives on the darker beef often reported from extensively-managed cattle: does physical activity play a significant role? Livestock Science 142, 1-22.

Klont RE, Brocks L et Eikelenboom G, 1998. Muscle fibre type and meat quality. Meat Science 49 (1), 219-229

L'INACTIVATION DE LA PROTEINE HSP27 POUR COMPRENDRE LES MECANISMES DE TENDRETE DE LA VIANDE BOVINE

KAMMOUN M. (1,2), PICARD B. (1,2), ASTRUC T. (3), BARBOIRON C. (1,2), CHAMBON C. (4), BLANQUET V. (5), CASSAR-MALEK I. (1,2)

(1) INRA, VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE
(2) CLERMONT UNIVERSITÉ, VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000, CLERMONT-FD,
(3) INRA, UR0370 QUALITE DES PRODUITS ANIMAUX, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE
(4) INRA, PLATEFORME D'EXPLORATION DU METABOLISME F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE
(5) INRA, LIMOGES UNIVERSITE, UMR1061, F-LIMOGES

isabelle.cassar-malek@clermont.inra.fr

Abstract

HspB1-null mice to depict the implication of Hsp27 in tenderness

In order to examine the role of Hsp27 in the molecular mechanisms underlying tenderness, we generated an HspB1-null mouse (Kammoun et al., 2013). The mutant mouse was viable, fertile and showed neither apparent morphological nor anatomical alterations. The macroscopic or microscopic muscle phenotype was not altered. However, there was evidence for a muscle-type specific alteration of the molecular phenotype in relation to 1) apoptosis, Hsp status and anti-oxidant status in an oxidative muscle and 2) Hsp status and calcium homeostasis in a glycolytic muscle. Lastly, a preliminary transmission electron microscopy experiment revealed ultrastructural abnormalities in the myofibrillar structure of mutant mice. These data suggest that Hsp27 could directly impact the organisation of the muscle cytoskeleton and contribute to the determinism of tenderness at the molecular and ultrastructural levels.

Introduction

La qualité sensorielle de la viande bovine est un critère important d'appréciation par les consommateurs qui demeurent insatisfaits en particulier de la tendreté. Celle-ci a une origine complexe et multifactorielle, qui la rend difficilement maîtrisable par la filière bovine. À l'issue de plusieurs années de recherche, notre équipe a établi une liste de biomarqueurs de la tendreté de la viande. Dans cette liste, les Heat Shock Proteins (Hsp) figurent à des « carrefours » biologiques dans l'interactome musculaire lié à la tendreté (Guillemin et al., 2011). Parmi elles, la Hsp27 est différenciellement exprimée entre des muscles de tendreté extrême. Comprendre le rôle de Hsp27 et de ses interacteurs dans l'établissement de la tendreté est un des enjeux des recherches en production de viande. Afin d'atteindre cet objectif, nous avons produit une lignée de souris chez lesquelles le gène HspB1 (codant la protéine Hsp27) a été invalidé (Kammoun et al., 2013). Ce modèle a permis d'analyser le rôle de Hsp27 dans le développement et les caractéristiques du muscle, ainsi que sur la fonctionnalité de l'interactome "tendreté".

Matériel et méthodes

L'invalidation du gène Hspb1 a été réalisée par recombinaison homologue (KO) chez la souris (en collaboration avec l'IGFL, le PBES Lyon et le plateau technique « Animalerie Rongeurs, mini-porcs et gnotobiologie » de l'Inra à Theix). Des paramètres zootechniques (taille, poids, croissance) et physiologiques (mesure d'indicateurs plasmatiques) ont été suivis depuis la naissance jusqu'à 1 an. Les muscles *Soleus* et *Tibialis Anterior* ont été prélevés à 12 semaines d'âge pour une analyse immuno-histologique comme décrit dans Kammoun et al. (2014). Le muscle *Soleus* a été analysé en microscopie électronique à transmission au Centre d'Imagerie Cellulaire Santé de Clermont-Ferrand.

Afin de compléter la liste des interacteurs de la protéine Hsp27 et des gènes cibles de son inactivation susceptibles de participer à des différences de structure du muscle, une analyse bioinformatique a été réalisée à l'aide du logiciel Pathway Studio suivie d'une analyse par Western-blot (Kammoun et al., 2013). Une analyse protéomique a été effectuée par électrophorèse bi-dimensionnelle couplée à l'identification des protéines sur la Plateforme d'Exploration du Métabolisme de l'Inra de Theix (Kammoun, 2013).

Résultats

Les souris KO sont viables, fertiles et ne présentent pas d'anomalies morphologiques ni anatomiques comparativement à leurs témoins. Elles ont toutefois un format plus petit jusqu'à 12 semaines (Kammoun et al, 2013a). Au niveau plasmatique, une interaction génotype x âge x sexe a été révélée pour 16 paramètres biologiques sur les 36 indicateurs métaboliques mesurés à 12 semaines d'âge. Les principales différences détectées entre KO et témoins suggèrent des différences de métabolismes hépatique et lipidique chez les mâles et de métabolisme du glucose et de l'acide urique chez les femelles. Aucune différence n'a été observée pour les paramètres représentatifs du métabolisme musculaire.

La structure musculaire des animaux a été examinée au niveau histologique. Cette analyse n'a pas révélé de différences dans les caractéristiques des fibres musculaires (type contractile et métabolique, forme, périmètre, surface de section transversale) à l'exception d'une tendance à une proportion plus élevée de fibres de petite taille chez les souris KO. Toutefois, l'analyse des profils électrophorétiques des isoformes de chaînes lourdes de myosine suggère un retard dans l'acquisition de leurs caractéristiques contractiles.

A l'échelle de l'ultrastructure examinée par microscopie électronique à transmission, les fibres des animaux KO présentent un appareil contractile moins organisé que celui des témoins (Figure 1) et qui est très déstructuré à 72h *post-mortem* (Figure 1).

Figure 1. Ultrastructure du muscle *Soleus* chez les KO comparativement aux témoins à T0 et T72 h *post-mortem*

Tableau 1. Changement de l'abondance de protéines dans les muscles des souris KO comparativement à leurs témoins T

	Analyse bioinformatique et western-blot		Analyse protéomique	
Protéine	***m. Tibialis A***	**m. Soleus**	**Protéine**	***m. Tibialis A***
Hsp27	KO < T (-100%)	KO < T (-100%)	Hsp70.8	KO < T
Hsp20	KO ≈ T	KO < T (-45%)	Hsp70.9	KO < T
Cryab	KO ≈ T	KO > T (+37%)	Hsp27	KO < T
Hspbap1	KO ≈ T	KO ≈ T	Alb	KO > T
Hsp40	KO ≈ T	KO ≈ T	Tnnt3	KO > T
Hsp70a1a	KO ≈ T	KO > T (+33%)	Casq1	KO > T
Hsp90aa1	KO ≈ T	KO > T (+102%)	Srl (5 spots)	KO > T
Fas	KO ≈ T	KO > T (+76%)	Napa	KO > T
Chuk	KO ≈ T	KO ≈ T	Gmpr	KO > T
Sod1	KO ≈ T	KO > T (+24%)	Pdhb	KO > T
Casp3(17kDa)	KO < T (-22%)	KO > T (+54%)	Myh4	KO < T
Cycs	KO ≈ T	KO < T (-22%)	Ckm	KO < T
Eif4E	KO ≈ T	KO > T (+36%)	Tpi1	KO < T
Eif4G1	KO ≈ T	KO > T (+29%)	Park7	KO < T
Desmine	KO ≈ T	KO < T (-38%)	Ak1	KO < T
			Aldh2	KO > T
			Mdh1	KO > T
			Pygm	KO > T
			Dusp3	KO < T

L'abondance des partenaires ou cibles prédites de Hsp27 est modifiée chez les souris KO principalement dans le muscle *Soleus* (Tableau 1). Ces protéines sont impliquées dans différentes fonctions : Hsps (Hsp20, Cryab, Hsp70a1a et Hsp90aa1), régulateurs de l'apoptose (Fas, Chuk, et caspase-3), facteurs de traduction (Eif4E et Eif4G1), protéines du cytosquelette (Desmine) et antioxydants (Sod1). Dix-neuf protéines ont été révélées par analyse protéomique dans le muscle *Tibialis Anterior* (Tableau 1). Ce sont principalement des Hsp (HspA9, HspA8), des enzymes du métabolisme musculaire (aldh2, mdh1, pdhb, ckm, Tpi), et des régulateurs du calcium (srl, casq1).

Discussion

Ces données montrent que l'inactivation constitutive de Hsp27 induit un phénotype macroscopique peu marqué, caractérisé par un format plus petit et un retard de développement musculaire, qui s'atténue avec l'âge. L'absence d'anomalies majeures et de différences dans le type contractile et métabolique laisse supposer que la déficience en Hsp27 est compensée par l'activité d'autres protéines (redondance des Hsp dans le muscle). En accord avec cette hypothèse, les souris KO diffèrent de leurs témoins par leur phénotype moléculaire, et ceci de façon muscle-spécifique, pour les protéines impliquées dans 1) l'apoptose, le statut en Hsp et le statut en antioxydants dans un muscle oxydatif (m. *Soleus*) et 2) le statut en Hsp et l'homéostasie du calcium dans un muscle glycolytique (m. *Tibialis Anterior*). Les phénomènes d'apoptose et de protéolyse calcium-dépendante seraient plus accentués chez les souris KO.
L'analyse préliminaire réalisée par microscopie électronique a révélé une désorganisation de l'ultrastructure des myofibrilles chez les souris KO. Ceci pourrait résulter de l'action d'un ensemble de phénomènes comme l'apoptose, la protéolyse conduisant à la fragilité du cytosquelette musculaire en l'absence de Hsp27. L'appareil contractile moins protégé par les Hsp serait aussi moins résistant à la dégradation post-mortem. Contrairement à ce qui a été observé pour les caractéristiques macroscopiques des souris et des muscles, aucun phénomène de compensation de l'absence de Hsp27 ne semble exister pour les propriétés ultrastructurales. Bien que ces résultats restent à confirmer, cette étude démontre le rôle crucial de la protéine Hsp27 dans l'organisation et la protection de l'appareil contractile myofibrillaire. Le phénotype fin (échelle moléculaire et ultrastructure) du muscle est donc dépendant de l'expression constitutive de la protéine. Il est favorable à un processus de transformation *post-mortem* propice à la tendreté.

Conclusion

L'ensemble des données issues de cette étude dans une espèce modèle apporte un nouvel éclairage sur les mécanismes moléculaires impliqués dans l'établissement de la tendreté de la viande bovine. Elle suggère que le statut en Hsp, les processus apoptotiques et la protection contre le stress oxydatif contribuent à l'évolution de l'ultrastructure post-mortem des muscles et à la tendreté de la viande. Ces nouvelles connaissances seront validées ultérieurement sur muscle bovin.

Références bibliographiques

Guillemin N., Bonnet M., Jurie C., Picard B., 2011. J. Proteomics, 75, 352-365.
Kammoun M., 2013. Thèse d'Université. Ecole doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé. Université Blaise Pascal, p. 112.
Kammoun M., Cassar-Malek I., Meunier B., Picard B., 2014. Eur. J. Histochem., 58, 2254.
Kammoun M., Picard B., Henry-Berger J., Cassar-Malek I., 2013. Comput Struct Biotechnol J., 6(7), e201303008.

IMPACT D'UNE SELECTION DIVERGENTE SUR LE PH ULTIME SUR LES QUALITES NUTRITIONNELLES ET SENSORIELLES DU FILET DU POULET

ALNAHHAS N. (1), LE BIHAN-DUVAL, E. (1), BAEZA E. (1), CHABAULT M. (1), BORDEAU T. (1), CHARTRIN P. (1), METEAU K. (2), , BERRI C. (1)

(1) INRA UR83 RECHERCHES AVICOLES, F-37380 NOUZILLY
(2) INRA UE1206 ELEVAGE ALTERNATIF ET SANTE DE MONOGASTRIQUE, F-17700 SURGERES

nabeel.alnahhas@tours.inra.fr

Abstract
Impact of ultimate pH on the nutritional and sensorial quality of chicken breast meat

The objective of this study was to evaluate the impact of selection for high (pHu+) or low (pHu-) ultimate pH of chicken breast meat on its chemical composition, lipid oxidation and sensorial quality. Divergent selection based on this character did not change the breast meat content in protein, ash or water. Only slight higher muscle lipid content was observed in the pHu+ line while lipid oxidation, evaluated through TBARS analyses, was higher in the pHu- line. Of all 10 evaluated sensorial attributes of grilled and roasted fillets and thighs, only tenderness of grilled and roasted breast fillets and acidity of the roasted ones varied significantly. The pHu+ line had more tender fillets than the pHu- line. In addition, roasted fillets of the pHu- line had significantly more pronounced acid taste than that of the pHu+ line. In conclusion, selecting on pHu barely affects the nutritional quality of breast meat but alters its susceptibility to oxidation during storage and tenderness after cooking.

Introduction
La maîtrise de la qualité de la viande est devenue un enjeu primordial pour l'industrie avicole et de la transformation. En effet, grâce à son prix relativement bas et à son image de viande « diététique », la consommation de viande de volaille est en pleine expansion. Dans le même temps elle évolue, avec une diminution régulière des ventes en carcasses au profit des découpes et produits élaborés (Petracci et al., 2009). Même si le déterminisme de la qualité de la viande est complexe, la cinétique de chute du pH post-mortem, et en particulier la valeur du pH ultime (pHu), constitue un facteur de variation important de la qualité des viandes (Gigaud et al., 2009). Récemment, nous avons démontré l'efficacité d'une sélection divergente sur le pHu du filet chez le poulet avec des conséquences majeures sur la qualité technologique (i.e. couleur, rétention d'eau, rendement technologique) de la viande (Alnahhas et al., 2014). L'objectif de la présente étude était d'exploiter ces lignées génétiques pour préciser les relations entre la variation du pH ultime et les qualités nutritionnelle et sensorielle, qui sont déterminantes dans l'appréciation du produit par le consommateur.

Matériel et méthodes
Les animaux étudiés étaient issus de la cinquième génération de sélection des deux lignées divergentes de poulet sélectionnées sur le pH ultime (pHu) du muscle *Pectoralis major* (PM-pHu) (Alnahhas et al., 2014). Elles présentaient une différence de pHu de 0,42 avec une valeur moyenne de 6,09 pour la lignée pHu+ et de 5,67 pour la lignée pHu-. Les animaux ont été élevés puis abattus à l'âge de 6 semaines à l'abattoir expérimental de PEAT (INRA Tours). Des prélèvements de muscles *Pectoralis major* (filet) ont été réalisés 15 minutes post-mortem sur 40 individus par lignée (mâles et femelles). Pour les analyses chimiques, ils ont été conservés à -20°C et pour l'estimation de l'indice TBARS à -80°C après un stockage de 9 jours à 4°C. Les teneurs en eau, matière sèche, protéines et lipides intramusculaires ont été déterminées sur 16 animaux par lignée (8 de chaque sexe) selon les méthodes standards (AOAC (1999) pour l'eau et les protéines et Folch et al. (1957) pour les lipides). L'indice TBARS a été mesuré selon Lynch et Frei (1993). L'analyse sensorielle a été réalisée après congélation-décongélation sur les filets et cuisses issus de carcasses entières rôties à 225°C et sur les filets découpés grillés à 200°C (n=25 par lignée pour chaque type de produits). Les caractéristiques sensorielles ont été évalués par 12 jurys expérimentés qui ont noté sur une échelle de 0 à 10 les attributs suivants : couleur, tendreté initiale et globale, jutosité, adhérence et sensation de gras en bouche, acidité, flaveur globale, flaveur « poulet » et appréciation personnelle. L'analyse statistique des données a été réalisée en utilisant la procédure GLM de SAS. Les modèles contenaient l'effet de la lignée, du sexe et de leurs interactions pour les analyses chimiques, et l'effet de la lignée et de la session d'évaluation pour les analyses sensorielles.

Résultats

Qualité nutritionnelle :
Malgré le fort écart de pHu entre les deux lignées, nous n'avons pas observé de modification significative de la teneur en eau et en protéine du filet. Par contre, nous avons observé une augmentation de la teneur en lipide de 28% chez les pHu+ par apport aux pHu- (2,36 vs 1,84, P = 0,05). L'indice TBARS était en revanche plus élevé chez les animaux pHu- par rapport aux pHu+ (0,71 vs 0,50, P < 0,001).

Qualité sensorielle :
Parmi l'ensemble des indicateurs évalués, ce sont les paramètres de tendreté qui différenciaient principalement les deux lignées (Figure 1). Ainsi, la lignée pHu+ se caractérisait par une tendreté des filets grillés ou rôtis supérieure à la lignée pHu-. Les filets rôtis de la lignée pHu- se caractérisaient aussi par une acidité plus prononcée que ceux de la lignée pHu+. Concernant la cuisse, aucune différence n'a pu être mise en évidence quel que soit le critère jugé.

Figure 1 : Effet de la sélection sur le pHu sur la texture (T) et l'acidité des filets grillés ou rôtis (moyenne ± SD)

Discussion
Alors que la sélection divergente est associée à une variation du potentiel glycolytique (plus élevé chez les pHu-, Alnahhas et al., 2014), la composition du filet en eau et en protéines n'est pas impactée. Seule la teneur en lipides intramusculaires est augmentée dans la lignée pHu+. Si les mécanismes impliqués restent à élucider, cet effet est important à prendre en compte puisque la teneur initiale en lipides de la viande va conditionner celle des produits transformés qui doit être garantie dans certaines gammes « diététiques ». Un autre point important est que l'acidité d'une viande peut amplifier les phénomènes d'oxydation qui se développent post-mortem indépendamment de la teneur en lipides. Ceci corrobore des résultats récents obtenus chez la dinde (Berri et al., 2014) et pourrait être expliqué par la présence plus importante de glycogène résiduel dans les muscle de la lignée pHu- (résultats non montré), comme cela a déjà été déjà montré chez le porc (Traore et al, 2012). Sur le plan sensoriel, le pHu affecte principalement les caractéristiques de texture de la viande cuite. Chez le poulet, l'âge des animaux et le délai entre abattage et découpe sont des déterminants majeurs de la dureté du filet. Nous démontrons ici qu'une sélection sur le pHu de la viande a aussi un impact détectable par un jury de dégustation sur ce critère pour un âge et des conditions de production et de découpe (24h après l'abattage) similaires. Selon la littérature, l'effet du pHu sur la texture pourrait être lié aux pertes en eau au cours de la cuisson (Murphy et Marks, 2000) mais aussi à l'activité post-mortem des enzymes protéolytiques (Wang et al., 2013). Dans nos populations, le niveau de corrélation génétique entre la résistance au cisaillement de la viande cuite et la perte après cuisson est relativement modéré (+0,45, donnée non publiée), ce qui laisse supposer l'intervention d'autres facteurs (activité protéolytique post-mortem par exemple) pour expliquer les différences de texture entre lignées. Ce point fera l'objet d'études complémentaires.

Conclusion
En volaille, le pH ultime est déterminant pour l'ensemble des qualités de la viande. Disposer de lignées spécifiquement sélectionnées sur ce critère nous permet d'en rechercher les déterminants biologiques et génétiques, mais aussi d'étudier les réponses associées à une forte variation du pH ultime sur les caractéristiques technologiques, sensorielles et nutritionnelles du produit. Grâce à ce modèle, il a été possible d'établir des liens entre l'acidité d'une viande et plusieurs critères qui impactent la conservation, la transformation et l'appréciation du consommateur de la viande. Ainsi, au-delà des impacts déjà bien décrits sur la couleur et le pouvoir de rétention d'eau, notre étude révèle des liens entre pH ultime et teneur en lipides, susceptibilité à l'oxydation et texture de la viande après cuisson. Les mécanismes à l'origine de ces modifications restent à élucider et feront l'objet de prochaines études.

Références bibliographiques
Alnahhas et al., 2014. J. Anim. Sci., 92, 3816-3824.
AOAC International 1999. 17th ed. AOAC Int., Gaithersburg, MD.
Berri et al., 2014. In : 15èmes JSMTV, Clermont-Ferrand, France, 4-5/11/2014.
Folch et al., 1957. J. Biol. Chem., 226, 497-509.
Gigaud et al., 2009, In : 8èmes J. Recherche Avicole, St Malo, France, 25-26/03/ 2009, 124-131.
Lynch et Frei, 1993. J. Lipid Research, 34, 1745-1751.
Murphy et Marks, 2000. Poult. Sci., 79, 99-104.
Petracci et al., 2009. Poult. Sci., 88,1518-1523.
Traore et al. 2012. Meat Sci., 91, 14-21.
Wang et al., 2013. Meat Sci., 93, 865-872.

EFFICACITE ALIMENTAIRE ET QUALITES DES VIANDES BOVINES : UNE PREMIERE ETAPE VERS UNE APPROCHE ZOOTECHNIQUE INTEGREE

ELLIES-OURY M.P. (1), DURAND D. (2,3), LISTRAT A. (2,3), GRUFFAT D. (2,3), CANTALAPIEDREA-HIJAR G. (2,3), BONNET M. (2,3), CASSAR-MALEK I. (2,3), ORTIGUES-MARTY I. (2,3), VERNET J. (2,3), MICOL D. (2,3), PICARD B. (2,3)

(1) BORDEAUX SCIENCES AGRO, 1 COURS DU GENERAL DE GAULLE, CS 40 201, 33 175 GRADIGNAN CEDEX ; (2) INRA, UMR 1213, RECHERCHE SUR LES HERBIVORES, THEIX, 63 122 SAINT-GENES CHAMPANELLE ; (3) VETAGROSUP, UMR 1213, RECHERCHE SUR LES HERBIVORES, THEIX, 63 122 SAINT-GENES CHAMPANELLE

marie-pierre.ellies@agro-bordeaux.fr

Abstract: A first step towards modeling the interactions between feed efficiency and meat (nutritional and sensory) quality traits
This report describes the first step of a research program focusing on interrelationships that may exist between animal feed efficiency and meat quality traits. The question is to know if it is possible to manage at the same time sensory and nutritional quality of beef meat while improving feed efficiency. Firstly, sensory and nutritional properties will be linked by multiple factorial analysis. Secondly, the interactions between efficiency and meat quality traits will be explored by the implementation of a multi-parameter analysis.

Introduction

L'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux apparaît comme un objectif récent en élevage et sous-entend la mise en place de conduites d'élevage multi-objectifs selon que l'on considère l'animal vivant, sa carcasse ou sa viande.
Pour les animaux vivants, il s'agit d'améliorer l'efficacité alimentaire en combinant différents leviers (sélection, type d'animal, conduite en élevage) afin de réduire la consommation (en matière sèche) pour un même gain de croît.
Pour les carcasses (et 5ème quartier), il s'agit d'améliorer la répartition des tissus (notamment entre les avants et les arrières) et leurs parts respectives pour un apport donné (en énergie métabolisable et protéines digestibles dans l'intestin), en particulier pour les tissus musculaire et adipeux (intra- et inter-musculaire, sous-cutané, abdominal).
Pour les muscles, il s'agit de tendre vers une composition optimale, dans la mesure où les paramètres physico-chimiques musculaires déterminent une part des caractéristiques sensorielles de la viande (10 à 30 % ; Hocquette et al., 2005 ; Guillemin et al., 2009 ; Chriki et al., 2012). Néanmoins, si les consommateurs manifestent des attentes en termes qualité sensorielle (de goût et de tendreté notamment), ils sont également attentifs à la valeur santé des produits qu'ils consomment (Verbeke et al., 2010).
Aussi, est-il important que les objectifs de l'amont (éleveurs) et de l'aval (abattoirs, cheville) de la filière convergent vers la production d'une viande de qualité maîtrisée, garantissant à la fois qualités sensorielle, nutritionnelle et sanitaire. C'est pourquoi, il serait intéressant de mettre en évidence des combinaisons de pratiques d'élevage durables, respectueuses de l'environnement et de l'animal, qui permettraient d'améliorer l'efficacité alimentaire des animaux, tout en assurant une optimisation des qualités nutritionnelle et sensorielle des viandes.
Dans un contexte où les éleveurs cherchent à produire des animaux ayant une meilleure efficacité alimentaire tout en produisant des viandes de qualité maîtrisée, ce programme de recherche vise donc à :
- préciser les liaisons qui peuvent exister entre l'efficacité alimentaire des animaux et la qualité de leurs viandes
- évaluer et expliquer l'impact d'une augmentation de l'efficacité alimentaire sur la qualité sensorielle et nutritionnelle des viandes ainsi que sur les paramètres musculaires qui la déterminent.

Les questions auxquelles nous nous proposons de répondre sont les suivantes : *Peut-on maîtriser à la fois la qualité sensorielle et la qualité nutritionnelle des viandes ? Les répercussions de l'amélioration de l'efficacité alimentaire des animaux sur la qualité sensorielle et/ou nutritionnelle des viandes se font-elles dans le même sens ?*
Cette recherche est construite sur l'hypothèse selon laquelle le niveau d'efficacité alimentaire des animaux induit par les pratiques d'élevage n'a pas toujours le même impact sur les différents niveaux de qualité des viandes selon les animaux (race, sexe, âge) ni selon les muscles (oxydatif, glycolytique). Aussi, l'approche intégrée faisant intervenir tant les données zootechniques que les données carcasses – viande se révèle-t-elle nécessaire (figure 1).

Matériel et méthodes

Dans un premier temps, les propriétés sensorielles et nutritionnelles seront mises en relation par analyse factorielle multiple et par analyse procustéenne (permettant de comparer les résultats obtenus muscle par muscle et/ou race par race). Dans un second temps, l'intégration de l'impact de l'efficacité sur la qualité est envisagée par la mise en œuvre d'une méthode multi-paramètre.

Résultats

Les paramètres physico-chimiques musculaires permettant de renseigner les qualités nutritionnelle et sensorielle des viandes ont été identifiés au sein des paramètres disponibles dans les différentes expérimentations (tableau 1). L'objectif étant de les mettre en relation avec l'efficacité alimentaire des animaux dans un but de prédiction, une

sélection des données disponibles a été opérée en s'appuyant sur la base de données « Biologie Intégrative et Fonctionnelle de la viande bovine » (BIF-Beef ; 331 153 individus ; 621 variables) du programme européen « *ProSafeBeef* » (Chriki et al., 2012) de façon à disposer 1) de données zootechniques individuelles et 2) de données sur les paramètres physico-chimiques musculaires d'intérêt permettant de faire le lien entre efficacité de l'animal et qualité de sa viande. En recoupant les informations, nous disposons des données pour 4 muscles et plus de 400 animaux (de types, races, conduites, âges et efficacités différents ; tableau 2).

Tableau 1. Paramètres zootechniques (efficacité alimentaire et composante santé) et paramètres musculaires (physico-chimiques et sensoriels) issus de la base de données Bif-Beef) retenus pour étudier le lien entre efficacité alimentaire et qualité des viandes bovines

Paramètres d'efficacité alimentaire	Propriétés sensorielles	Valeur nutritionnelle des viandes	Composante santé animale
Poids vifs des animaux, gains de poids aux différentes périodes, consommations individuelles des animaux (matière sèche ingérée, fourrages ingérés, concentrés ingérés), composition de la carcasse en tissus gras et maigre	***Caractéristiques musculaires :*** collagène total, collagène soluble/insoluble, teneur en fer, enzymes métaboliques, isoformes de chaînes lourdes de myosines, lipides totaux, marqueurs génomiques ***Caractéristiques rhéologiques et sensorielles :*** force de cisaillement, jury d'évaluation sensorielle	***Composition en lipides et acides gras :*** lipides totaux, acides gras totaux, acides gras poly-insaturés totaux, n-6 et n-3, acides gras poly-insaturés à longues chaînes, acides gras saturés ***Composition en vitamines, en protéines et en acides-aminés.*** ***Oxydation et Peroxydation :*** niveau d'oxydation, système antioxydant enzymatique et non enzymatique, statut antioxydant total	Transaminases, autre enzymes, pigments, acides biliaires, béta hydroxybutyrate

Figure 1. Impact combiné de l'efficacité alimentaire et des conduites d'élevage sur les propriétés sensorielles et la valeur nutritionnelle des viandes.

Tableau 2. Dispositifs expérimentaux utilisés pour développer cette approche zootechnique intégrée.

Type d'animal	Races présentes	Effectif	Muscles étudiés
Taurillons	Angus, L, BA	74	LT, ST
Bœufs	Ch	22	LT, ST
Bœufs	Ch x Salers	18	RA, LT
Vaches	Normande, BA	72	LT, ST
Mâles	BA	11	LT, ST
Taurillons	Ch	70	LT, ST, RA
Mâles, Femelle	Di Biou, Brave	40	LT, TB
Taurillons, Vaches	Ch, L, Salers, Aubrac	144	LT, ST
Vaches	Ch x Holstein		
LT : Longissimus thoracis, ST : Semi-tendinosus, RA : Rectus abdominis, TB : Triceps Brachii ; BA : Blonde d'Aquitaine, L : Limousine, Ch : Charolaise			

Discussion

Les multiples objectifs sont délicats à atteindre dans la mesure où 1) les qualités ont une origine multifactorielle et leur construction est difficile à maîtriser, et où 2) les itinéraires techniques possibles sont multiples et peuvent conduire, à l'extrême, à deux modalités opposées dont les répercussions sont très différentes sur la qualité de la viande :

- Augmenter l'efficacité alimentaire des animaux en croissance et en finition revient à réduire la teneur énergétique de l'unité pondérale de l'animal, en lien avec une augmentation du gain de poids (par kilogramme de matière sèche ingérée) et des dépôts en protéines et en eau et une diminution parallèle de la part des lipides dans les dépôts. Moins grasse, la carcasse pourra alors être pénalisée lors du paiement à l'éleveur en raison du classement communautaire sur l'engraissement des carcasses. En parallèle, la viande qui sera moins persillée sera probablement jugée moins goûteuse à la dégustation.
- Augmenter l'efficacité énergétique des animaux se traduit à l'opposé par une augmentation de la part d'énergie déposée par unité d'énergie métabolisable ingérée, en lien avec une augmentation de la part de lipides déposés dans les muscles d'une part et dans le corps entier d'autre part. La viande aura alors tendance à être perçue plus juteuse et avec plus de goût du fait de la plus forte présence de gras. Elle sera perçue comme moins attractive pour le consommateur lors de l'achat.

Conclusions

Menés à leur terme, ces travaux devraient permettre de formuler une équation de prédiction des propriétés nutritionnelles et sensorielles selon différentes combinaisons de facteurs biotechniques. Une fois validées sur le terrain, ces équations pourront servir de support pour prodiguer des conseils sur la conduite à tenir pour l'obtention d'une viande aux caractéristiques données. Dans un contexte où les consommateurs ont des attentes précises mais variées sur la viande, la possibilité de donner des clefs permettant de satisfaire au mieux les attentes s'avère en effet particulièrement intéressante.

Bibliographie

Chriki S., Picard B., Jurie C., Reichstadt M., Micol D., Brun J.P., Journaux L., Hocquette J.F. 2012. Meat Sci., 91 : 423-429.
Guillemin N., Cassar-Malek I ., Hocquette J.F., Jurie C., Micol D., Listrat A., Levéziel H., Renand G., Picard B., 2009. Prod. Animales, 22 (4) : 331-344.
Hocquette J.F., Ortigues-Marty I., Picard B., Doreau M., Bauchart D., Micol D., 2005. Viandes et Produits Carnés, 24 (1) : 7-18.
Verbeke W., Pérez-Cueto F.J.A., De Barcellos M.D., Krystallis A., Grunert K.G., 2010. Meat Sci., 84 (2) : 284-292.
Les auteurs remercient l'ensemble des scientifiques qui ont implémenté les bases et nous ont donné accès à leurs données.

PERFORMANCES ET QUALITE DE LA VIANDE DE TAURILLONS RECEVANT DES REGIMES RICHES EN CONCENTRE A BASE DE PAROIS OU D'AMIDON ET LIPIDES

MIALON M.M (1), ORTIGUES-MARTY I. (1), BAUCHART D. (1), RENAND G. (2), MOUNIER L. (3), NOEL T. (4), MICOL D. (1), DOREAU M. (1)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES, 63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE, FRANCE ; (2) INRA, UMR1313 GABI, 78352 JOUY-EN JOSAS, FRANCE ; (3) VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, 69380 MARCY-L'ETOILE ; (4) INRA, UE0332, 18390 OSMOY, FRANCE

Marie-madeleine.richard@clermont.inra.fr

Abstract

Performances and meat quality of bulls fed concentrate-rich diets based either on fibre or on starch plus lipids

This study is aimed at comparing fattening performances, carcass and meat quality in Charolais bulls slaughtered at 18 months, and fed concentrate diets, rich either in fibre (F) or in starch plus lipids from linseed (SL). Concentrates were given ad libitum, available *ad libitum* straw was the unique forage. A total of 112 bulls were used. Bulls fed the SL diet had a lower dry matter intake but a similar net energy intake. Their body weight gain, feed efficiency, and weight at slaughter were higher and their carcass was fatter than for bulls fed the F diet. Their fatty acid content of muscles was also higher for total, saturated, cis and trans monounsaturated, and n-3 polyunsaturated fatty acids. The polyunsaturated / saturated ratio did not vary with diet, but the n-6/n-3 ratio was lower for diet SL than for diet F.

Introduction

Les performances d'engraissement de taurillons et la qualité des carcasses sont tributaires des conditions d'alimentation et en particulier de la composition de la ration. Toutefois, la plupart des études réalisées ont porté sur la nature de la ration de base; le gain de poids est alors généralement lié à la consommation d'énergie, qui dépend fortement de la valeur énergétique de la ration (Micol et al., 2007). En revanche, l'effet de la composition des concentrés n'a été que peu étudié. Aussi, nous avons comparé deux types de concentrés différant par leur valeur énergétique. Les rations étaient très riches en concentrés, ce qui permettait de mieux mettre en évidence les différences liées à leur composition. Le premier concentré était constitué d'ingrédients riches en parois, ce qui, a priori, pouvait limiter le gain de poids mais éviter des risques sanitaires de type acidose liés à un pH du rumen trop bas (Mialon et al., 2008), le second à base de céréales avec un apport de lipides. Ces derniers contribuent à l'accroissement de la valeur énergétique du concentré ; ils ont été apportés sous forme de graine de lin riche en acides gras oméga 3, car il a été montré que la graine de lin accroît la teneur du muscle en acides gras (AG) polyinsaturés (Doreau et al., 2011) et donc améliore la « valeur santé » de la viande. Cet essai avait pour objectifs 1) de déterminer les niveaux d'ingestion, le gain de poids et l'efficacité alimentaire des taurillons et la qualité des carcasses; 2) d'analyser les effets sur la composition en AG du muscle.

Matériel et méthodes

Un total de 112 taurillons Charolais a été utilisé sur 2 années (56 par an). En moyenne, ils étaient âgés de 261 jours et pesaient 338 kg en début d'essai et ont été abattus entre 17 et 18 mois. Ils ont été conduits en cases de 7 animaux en stabulation libre ; les auges étaient munies de portillons électroniques permettant le contrôle individuel de l'ingestion de concentré. Deux régimes, avec 4 cases par régime et par an, ont été comparés : P (parois) ; AL (amidon + lipides), tous deux distribués à volonté ; la paille, disponible à volonté dans chaque case, était le seul fourrage. Le concentré P comprenait essentiellement du son de blé, des remoulages, de la luzerne déshydratée et des pulpes de betteraves déshydratées, la source azotée étant du tourteau de colza et de palmiste. Le concentré AL comprenait différentes céréales, principalement du maïs, 12% d'un mélange extrudé comprenant 50% de graine de lin, et du tourteau de colza comme source azotée. Les rations P et AL comprenaient respectivement 41 et 25% de NDF, 7 et 30% d'amidon, 2,5 et 4,1% d'extrait éthéré. La valeur nutritive des deux rations a été déterminée sur 6 vaches taries. Les données ont permis de calculer une valeur énergétique nette et une teneur en protéines digestibles plus précise que des valeurs tabulées.

Les quantités ingérées étaient mesurées chaque jour pour le concentré, chaque semaine pour la paille. Les animaux étaient pesés toutes les 2 semaines. A l'abattage, la composition de la carcasse a été estimée à partir de la dissection de la 6ème côte. Le gras du 5ème quartier et le poids des organes splanchniques ont été déterminés. Sur deux muscles: *Semitendinosus* (ST) et *Longissimus thoracis* (LT), la teneur et la composition en AG a été analysée par chromatographie en phase gazeuse. Les données ont été analysées par analyse de variance par la procédure Mixed de SAS®. Dans le cas des mesures sur les acides gras, l'effet muscle a été hiérarchisé dans l'effet régime.

Résultats

Les différences de digestibilité entre rations, plus faibles que celles prédites par les tables, ont conduit à des valeurs UFV de 0,88 et 1,00 pour les rations P et AL. Les animaux du lot AL ont consommé moins de matière sèche mais autant d'UFV, et ont eu un gain de poids journalier supérieur et donc une efficacité alimentaire plus élevée (Tableau 1).

Ils ont eu un poids à l'abattage supérieur pour un âge identique (538 jours) ; leurs carcasses étaient plus grasses (Tableau 1) ; le gras du 5ème quartier était plus élevé et le poids du tractus digestif plus faible (P<0,001).
Un effet similaire sur l'ingestion de matière sèche et d'énergie avait été observé par Mueller et al. (2011) comparant un régime parois avec un régime amidon, mais sans lipides. Les rations glucogéniques et riches en lipides favorisent donc les dépôts adipeux. L'efficacité alimentaire plus élevée avec le régime AL peut s'expliquer en partie par un poids de tractus digestif plus faible lorsque l'ingestion de matière sèche est plus faible (Ortigues et Doreau, 1995).
Les teneurs en AG totaux, en AG saturés et monoinsaturés, et le rapport polyinsaturés / saturés, étaient plus élevés pour LT que pour ST. Ceci confirme des résultats de Bauchart et al. (2008). Les teneurs en toutes les catégories d'AG sauf les polyinsaturés oméga 6, étaient plus élevées pour le régime AL que pour le régime P (Tableau 2). Le rapport polyinsaturés / saturés n'était pas modifié par le régime, mais le rapport oméga 6/oméga 3 était plus faible avec le régime AL, ce qui va dans le sens des recommandations nutritionnelles pour l'Homme. Les effets observés suggèrent un effet lié à la supplémentation en lipides, accru par la nature de ces lipides, plutôt qu'un effet de l'amidon.

Tableau 1. Performances (sur 196 jours d'engraissement) et qualité de carcasses de taurillons recevant un concentré riche en parois (P) ou riche en amidon et graine de lin (AL).

	P	AL	Effet du régime
Quantités ingérées, kg matière sèche/j	10.3	9.2	<0,001
Energie nette ingérée, UFV/j	9,01	9,19	0,32
Gain de poids, g/j	1585	1682	0,006
Efficacité alimentaire, g gain de poids / UFV ingérée	176	184	0,025
Poids à l'abattage, kg	709	732	0,039
Muscle, % de la carcasse	71,3	69,6	<0,001
Gras, % de la carcasse	14,8	17,0	<0,001

Tableau 2. Teneur et composition en acides gras (mg/100 g de muscle) de deux muscles, *Longissimus thoracis* (LT) et *Semitendinosus* (ST) de taurillons recevant un concentré riche en parois (P) ou riche en amidon et graine de lin (AL).

	P		AL		Effet du
	LT	ST	LT	ST	régime
Acides gras totaux	1,32	0,70	2,30	1,01	<0,001
Somme des saturés	680	297	1064	396	0,004
Somme des monoinsaturés *cis*	409	215	1026	382	<0,001
Somme des monoinsaturés *trans*	45	17	102	35	<0,001
Somme des polyinsaturés oméga 6	154	143	178	144	0,15
Somme des polyinsaturés oméga 3	21	23	47	41	<0,001
Polyinsaturés / Saturés	0,30	0,65	0,30	0,58	0,53
Oméga 6 / Oméga 3	7,3	6,3	3,8	3,6	<0,001

Discussion
Il est possible, du moins lorsque les concentrés représentent l'essentiel de la ration, de modifier les performances d'engraissement et de moduler la composition des carcasses. Par rapport à un concentré riche en luzerne déshydratée et sous-produits fibreux, un concentré riche en céréales et graines de lin a entraîné sur l'ensemble de la période d'engraissement un niveau d'ingestion plus faible mais une quantité d'énergie ingérée similaire, un gain de poids journalier plus élevé et donc une efficacité d'utilisation de l'énergie plus élevée.

Conclusion
Avec la ration riche en céréales et graine de lin, les carcasses ont été plus lourdes et plus grasses, le dépôt d'acides gras dans le muscle a été accru ainsi que la teneur des muscles en AG oméga-3, particulièrement pour les muscles maigres. Cet essai ouvre des perspectives pour optimiser la qualité des carcasses de taurillons par leur alimentation.

Références bibliographiques
Bauchart D., Chantelot F., Gandemer G. 2008. Cah. Nutr. Diét. 43 HS1 : 1S9-1S39.
Doreau M., Bauchart D., Chilliard Y. 2011. Anim. Prod. Sci. 51, 19-29.
Mialon M.M., Martin C., Garcia F., Menassol J.B., Dubroeucq H., Veissier I., Micol D. 2008. Animal 2, 1682-1691.
Micol D., Dubroeucq H., Martin C., Garcia F., Mialon M.M., Agabriel J. 2007. Renc. Rech. Rumin. 14, 233-236.
Mueller C.J., Blalock H.M., Pritchard R.H. 2011. J. Anim. Sci. 89 : 4142-4150.
Ortigues I., Doreau M. 1995. Ann. Zootech. 44 : 321-346

Ces résultats sont issus du projet DéfiViande financé par McKey Food Services (France), Valorex (France), et la région Centre. Les auteurs remercient le personnel de l'UE232 pour les soins aux animaux, la collecte des données et le personnel de l'UE1354 pour le transport et l'abattage des animaux.

BIOMARQUEURS DE TENDRETE ET D'ADIPOSITE DES VIANDES DE L'AOP MAINE ANJOU

PICARD B. (1,2), COUVREUR S. (3), BARBOIRON C. (1,2), HUANT J. (1,2), DUNOYER N. (1,2), AMINOT G. (4), VALAIS A. (4), BONNET M. (1,2)

(1) INRA, UMR 1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GÈNES CHAMPANELLE,
(2) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR 1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000 CLERMONT-FERRAND,
(3) LUNAM UNIVERSITE, GROUPE ESA, UNITE DE RECHERCHES SYSTEMES D'ELEVAGE, 55 RUE RABELAIS F-49007 ANGERS CEDEX,
(4) SICA ROUGE DES PRES, DOMAINE DES RUES F-49220 CHENILLE-CHANGE

brigitte.picard@clermont.inra.fr

Abstract

Tenderness and adiposity biomarkers of beef meat in French AOP Maine Anjou

This study concerned the search for protein biomarkers of tenderness and adiposity in order to ensure maximum tenderness and optimum deposition of adipose tissue for a good expression of the organoleptic qualities of meat from Maine Anjou AOP. Two groups from a total of 111 cows were formed for extreme tenderness or lipid content and were compared by two-dimensional electrophoresis. The proteins differing between the groups were identified by mass spectrometry. This provides a list of biomarkers that are currently being evaluated on new samples in order to confirm their use in a final tool for the routine evaluation of tenderness and adiposity on carcasses or on live animals.

Introduction

Afin de maintenir une dynamique raciale en race Rouge des Prés, l'AOP Maine Anjou a été créée au début des années 2000 pour valoriser la viande d'animaux de cette race en tant que produit de terroir. Aujourd'hui, l'AOP souhaite aller plus loin en positionnant en plus la viande comme produit haut de gamme. Pour cela, le cahier des charges (pratiques d'élevage, abattage, maturation) associé à une évaluation (et sélection) des carcasses en abattoir sur la tendreté de la viande, l'aptitude à la maturation et l'équilibre entre les dépôts adipeux de couverture et musculaire (inter- et intra-musculaire) cherche à assurer une valorisation optimale des carcasses. L'objectif est d'assurer une tendreté maximale et un dépôt optimum de tissus adipeux pour une bonne expression des qualités organoleptiques de la viande tout en restant dans l'acceptabilité commerciale du consommateur. Ainsi, muscle et tissus adipeux constituent des cibles d'intérêt dans la valorisation de la carcasse. Au cours des dernières années différents programmes de génomique ont été conduits afin d'identifier des biomarqueurs de la tendreté de la viande (Picard et al., 2012). Une liste d'une vingtaine de protéines mises en évidence sur plusieurs types d'animaux (taurillons, vaches, bœufs, de différentes races) est actuellement en cours d'évaluation afin d'établir des équations de prédiction de la tendreté. L'objectif de cette étude est de valider ces protéines en race Rouge des Près. En complément, dans le but d'évaluer les dépôts de tissus adipeux, nous proposons de rechercher des protéines biomarqueurs de l'adiposité des muscles et des carcasses. L'ensemble de ces biomarqueurs sera utilisé afin d'établir des équations de prédiction de la tendreté et de l'adiposité spécifiques aux bovins de l'AOP Maine Anjou, ce qui permettra de mieux garantir la typicité et le caractère haut de gamme de cette viande.

Matériel et méthodes

L'étude a porté sur 111 vaches de race Rouge des Prés (AOP Maine Anjou) pour lesquelles le muscle *Longissimus Thoracis* (LT, noix d'entrecôte) a été prélevé 24 heures après abattage à l'abattoir Elivia (Lion d'Angers). Une partie de l'échantillon a été découpée en cubes de 8 cm^3 environ puis congelés directement dans l'azote liquide pour les analyses de protéomique. Une tranche de 3 cm d'épaisseur a été mise sous vide, une partie a été laissée à mâturer pendant 14 jours à 4°C puis congelée à -20°C. L'autre partie a été congelée à -20°C pour les mesures de teneurs en lipides intra-musculaires (accelerated solvant extractor : ASE200) (Couvreur et al., 2013). La tendreté de la viande a été évaluée par mesure de la force de cisaillement (warner-bratzler) des échantillons après une cuisson sur grill jusqu'à 55°C à cœur (Lepetit et Culioli 1994). Deux groupes de tendreté extrêmes (tendreté élevée n=10 : 28,3 ± 2,38 N/cm² et tendreté faible n=10 : 70,1 ± 6,48 N/cm²) et deux groupes de teneur en lipides élevée et faible (n=10 : 29,3, ± 4.64 g/100g de MS de viande vs n=10 : 8,1 ± 0,87 g/100g de MS de viande) ont été constitués. A partir des échantillons congelés, les protéines musculaires ont été extraites et séparées par électrophorèse bidimensionnelle selon Bouley et al., (2004). Les gels des deux groupes « tendreté » et « lipides » respectivement ont été comparés par analyse d'images (SamSpot, NonLinear Dynamics). Les spots présentant des volumes différents entre groupes ont été mis en évidence par analyse statistique (test de t) et les protéines correspondantes ont été identifiées par spectrométrie de masse. Ces protéines du LT constituent des biomarqueurs potentiels de tendreté et d'adiposité des vaches Rouge des Prés. D'autre part, l'abondance relative de 24 protéines, préalablement identifiées comme biomarqueurs de tendreté (Picard et al. 2012) a été évaluée par dot-blot (Guillemin et al., 2009) sur les 111 échantillons afin de valider ces biomarqueurs de tendreté en Rouge des Prés. Pour cela des régressions linéaires multiples (meilleur modèle) ont été réalisées (XLSTAT).

Résultats

La comparaison des groupes de tendreté extrêmes a permis d'identifier 13 protéines (8 sur-abondantes, et 5 sous-abondantes dans le groupe de tendreté élevé) (Figure 1). Ces protéines sont relatives au stress et à l'apoptose (au métabolisme glycolytique et oxydatif, à la structure et contraction du muscle et à la résistance au stress oxydatif. Parmi ces 13 protéines, 4 n'avaient pas été révélées dans les études précédentes sur d'autres races. La comparaison des groupes extrêmes en teneurs en lipides a révélé 32 protéines avec un différentiel d'abondances (Figure 1). Parmi ces protéines 14 sont plus abondantes et 18 sont moins abondantes dans le lot avec l'adiposité musculaire la plus élevée. Des anticorps spécifiques de ces protéines biomarqueurs de tendreté et d'adiposité sont en cours de tests pour une utilisation en dot-blot afin d'évaluer la relation entre l'abondance de ces protéines et la tendreté ou l'adiposité sur l'ensemble des 111 vaches..

Les premières mesures d'abondance relative de ces protéines représentatives du stress oxydant, de la mort cellulaire programmée, du métabolisme, de la structure du muscle ou de la protéolyse ont été mises en relation avec les mesures de Warner-Bratzler et de teneurs en lipides du LT des 111 vaches. Les valeurs de dureté de la viande ainsi mesurée s'étendent de 24,6 à 82,5 N/cm². Les teneurs en lipides sont comprises entre 6,1 et 40,3 g/100g de MS de viande. Les analyses de régressions multiples montrent que certaines protéines peuvent être utilisées à la fois comme biomarqueurs de tendreté et d'adiposité, ce qui est cohérent avec les relations connues entre ces deux critères qualitatifs.

Figure 1 : Cartographie des protéines sur (+) ou sous (-) abondantes dans le muscle *Longissimus Thoracis* de bovins différant par la tendreté et l'adiposité

Discussion

Ces résultats permettent de mettre en évidence de nouvelles protéines, biomarqueurs de tendreté, qui n'avaient pas été révélées dans les projets précédents. Ces particularités s'expliquent par les caractéristiques musculaires des bovins de l'AOP Maine Anjou qui présentent des muscles LT de type oxydatif renfermant une faible proportion de fibres rapides glycolytiques (IIX) et de fortes teneurs en lipides comparativement aux autres races à viande (Couvreur et al., 2013). De plus, nous avons identifié pour la première fois des protéines biomarqueurs de l'adiposité mesurables sur le muscle LT. Certaines de ces protéines contribuent à des voies métaboliques liées au dépôt de lipides alors que d'autres participent aux caractéristiques structurales du muscle.

Conclusion

Les biomarqueurs identifiés dans cette étude sont en cours d'évaluation dans le projet Quafima sur de nouveaux échantillons prélevés sur 120 animaux à l'abattoir Charal de Sablé sur Sarthe et de Socopa à Cherré. Une fois validés, ils seront utilisés pour le développement d'un prototype de puce à protéines utilisable à terme en routine dans le but d'objectiver l'agrément des vaches en AOP et de définir la destination des morceaux. D'autre part, il apportera des données phénotypiques caractérisant le potentiel « qualité des bovins » qui associées à des mesures génétiques faites sur les mêmes animaux par le groupe Evolution (coopérative de sélection), évaluera une sélection génomique potentielle sur le critère qualité viande.

Références bibliographiques

Bouley J., Chambon C., Picard B., 2004. Proteomics, 4, 1811-24.
Couvreur S. , Le Bec G., Micol D., Picard B., 2013. 64th Annual Meeting of the European Federation of animal Science, 26-30 Août 2013 (Nantes, France).
Guillemin N, et al., 2009. Journal of Physiology and Pharmacology, 60, 91-97.
Lepetit J.; Culioli J., Meat Sci. 1994, 36, 203-237.
Picard B., et al., 2012. Viandes et produits Carnés, Numéro Hors Série, 127-134.

EFFET DE LA CONDUITE EN BERGERIE OU SUR PARCOURS SUR LA QUALITE DE LA VIANDE D'AGNEAUX DE TROIS RACES D'AFRIQUE DU NORD

HAJJI H (1), MAHOUACHI M (2), SAIDI C (3), BEN HAMMOUDA M (4), ATTI N(1)

(1) LABORATOIRE DE PRODUCTIONS ANIMALES ET FOURRAGERES, INRAT, 2080 ARIANA, (2) ESAK, KEF, (3) OEP, 30 RUE ALAIN SAVAY, TUNIS, (4) IRESA, 30 RUE ALAIN SAVAY, TUNIS TUNISIE

hajj.hadhami@gmail.com

Abstract: Effect of sheep house or rangeland management on lamb meat quality of three North African breeds
The experiment was aimed at studying the quality of meat from lambs from three breeds: Barbarine (BB), Queue Fine de l'ouest (QFO) and Noire de Thibar (NT) raised in stall-feeding (B) or pasture (P). For this, 48 lambs were used. For each breed, the lambs were divided into two groups. The B group consumed oat hay and concentrate *ad-libitum*. The P group grazed on natural meadow and received 60% of the concentrate consumed by the B group daily. The meat quality was determined on the *longissimus dorsi* muscle. Meat dry matter was higher for the NT breed and for the P group in comparison with the B group. The total Nitrogen Matter and lipid contents were different between breeds in favor of the NT lambs for the first parameter (84.65vs. 82.97 and 77.07% for BB and QFO breeds, respectively) and in favor of the QFO breed for lipids. The color parameters, water cooking loss and initial pH were similar between breeds and groups, however the ultimate pH was lower for P groups in comparison to the B one (5.83 vs. 6,06 respectively). The sensory meat analyses showed no difference in tenderness and juiciness between samples but the P group had the best flavor and overall liking.

Introduction

Les produits carnés issus des animaux élevés à l'herbe sont généralement préférés par les consommateurs car ces produits sont considérés comme sains, naturels et respectueux du bien-être animal. Pour ces raisons, il est important de différencier la qualité de la viande des agneaux de pâturage de la viande des agneaux de bergerie. D'autre part, la réponse de la race à chaque système d'alimentation est généralement différente, il est donc important d'attribuer à chaque type génétique un système alimentaire adapté.

Matériel et méthodes

L'étude a été menée sur 48 agneaux de 3 races : Barbarine (BB), Noire de Thibar (NT) et la Queue Fine de l'Ouest (QFO). Chaque race a été divisée en 2 groupes de 8 agneaux. Le groupe B conduit en bergerie a reçu un régime concentré à volonté (maximum 1 kg) et 200-500 g de foin d'avoine / tête / jour. Le groupe P a été conduit au pâturage à raison de 5 h par jour avec une supplémentation en concentré égale à 60% de la consommation du concentré du groupe S. Pour le groupe B, le concentré était formé par 80% d'orge, 17% de tourteau de soja et 3% de CMV. L'expérience a duré 77 jours. A la fin de l'essai, tous les agneaux ont été abattus. Après 24 heures de réfrigération à - 4°C dans la chambre froide, le muscle *longissimus dorsi* a été prélevé et coupé en morceaux qui ont servi aux analyses chimiques et physiques et à l'analyse sensorielle de la viande. Les résultats ont été traités par analyse de variance à deux facteurs, la race et le régime selon la procédure GLM du logiciel SAS.

Résultats

La race NT avait le pourcentage de MS le plus élevé suivie par la race BB et la race QFO (respectivement, 29.3 *vs* 26.7 and 25.4%). Les agneaux du lot P avait la MS la plus élevée (28.0%). La composition en MO et en MM n'a pas été affectée par aucun des deux facteurs alors que la MAT et la teneur en lipides étaient différentes entre les races. La race NT avait le taux de MAT le plus élevé (84.6%) et la race QFO avait la viande la plus grasse avec 18.8% de lipides. La mesure de la couleur à montré que les paramètres de couleur (L, a*, b*) étaient similaires entre races et régimes. De même, le pH initial et la perte de l'eau à la cuisson n'ont pas varié en fonction des deux facteurs étudiés. Le pH ultime était significativement plus bas chez les agneaux P que chez les agneaux B (5.83 *vs*. 6.06) (Tableau 1).
La dégustation des échantillons de viandes n'a révélé aucune différence de tendreté et de jutosité entre les races et les régimes (Tableau 1). Globalement, la viande était évaluée comme moyennement tendre et moyennement juteuse. Par contre, la saveur de la viande (P = 0.0001) ainsi que l'appréciation globale du jury de dégustation (P = 0.01) étaient affectées par les régimes alimentaires : la viande des agneaux P était considérée plus savoureuse et a laissé une impression générale plus agréable. Les flaveurs les plus répandues pour le lot P était celles de l'agneau et du gras avec respectivement 65.1 et 21.1% des échantillons en comparaison avec 60.4 et 14.2% pour le lot B. Le goût de foie était plus prononcé chez le lot B que chez le lot P avec respectivement 17 et 4,6% des échantillons.

Discussion

La supériorité de la race NT en teneur de MS peut être expliquée par la teneur en protéines plus élevée chez cette race, (Hajji et al., 2014). De même, les agneaux de pâturage avaient la viande la plus dense. La race QFO est caractérisée par une viande riche en gras intramusculaire en accord avec les résultats de (Atti et Abdouli, 1997).

Le pH ultime du groupe P était plus bas que celui du groupe B, ce résultat diffère des résultats de Priolo et al. (2002) mais confirment les conclusions d'autres auteurs (Immonen et al 2000) qui ont indiqué que les régimes à haut niveau énergétique protègent les animaux de potentiels facteurs de stress qui diminuent la teneur du muscle en glycogène conduisant à un pH plus bas.
Les valeurs similaires des paramètres de la couleur n'était pas attendues. En effet, l'indice du jaune (b*) et l'indice de rouge (a*) ainsi que la luminosité n'étaient pas différents entre les deux régimes. Ce résultat est en désaccord avec les résultats de Smeti et al., (2014) travaillant avec des régimes à base de plantes aromatiques sur parcours et en bergerie et un régime intensif à base de concentré. Mais nos résultats confirment ceux de Priolo et al (2001; 2002). La présente observation peut être due à l'incorporation de 60 % de concentré chez le groupe P.
Bien que la perte en eau à la cuisson n'a pas était affectée par les deux facteurs, elle reste moins élevée chez la race NT que les deux autres races et les valeurs de la PEC étaient inversement proportionnelles à la teneur en MAT de la viande. En fait, une partie de l'eau dans les cellules musculaires est très étroitement liée aux protéines. Par définition, l'eau liée est l'eau qui existe dans le voisinage des constituants non aqueux (telles que les protéines). Cette eau est très résistante à la surgélation et au chauffage (Fennema, 1985). Cette fraction peut être plus abondante dans la race NT puisque sa viande contient beaucoup plus de MAT que les deux autres races, d'où la PEC moins importante chez cette race.
La tendreté et la jutosité de le viande ne diffèrent pas entre les régimes, ce qui est en contradiction avec les résultats de Priolo et al., (2002) qui indiquaient que la viande des agneaux de pâturage était plus tendre et plus juteuse que celle des agneaux de bergerie. Nos résultats concernant la flaveur et la flaveur résiduelle de la viande sont opposés aux résultats de Priolo et al., (2002) qui ont trouvé que les deux goûts d'agneau et de gras sont plus élevés chez le lot B alors que le goût de foie et plus élevé chez le lot P. Cette différence du goût est due à la variabilité de la composition en acides gras (Priolo et al., 2002).

Tableau 1. Effets de la race et du régime alimentaire sur la composition chimique, les caractéristiques physiques et la qualité de la viande.

	Race			Régime		Statistique (P <0,05)		
	BB	QFO	NT	P	B	race	régime	Race*régime
L	41,7	43,5	40,7	42,4	41,6	0,29	0,59	0,65
a*	15,4	14,7	14,9	14,9	15,1	0,62	0,79	0,91
b*	7,7	8,0	8,0	7,5	8,3	0,77	0,10	0,09
pH ultime	5,9	5,9	6,0	5,8	6,1	0,47	0,0001	0,47
PEC (%)	13,5	14,1	11,9	12,8	13,5	0,34	0,56	0,84
MS (%)	26,7	25,4	29,3	28,0	26,2	0,0001	0,0006	0,39
MM (%)	4,1	4,1	3,9	4,1	3,9	0,62	0,31	0,01
MO (%)	95,9	95,9	96,1	95,9	96,1	0,62	0,31	0,01
Protéines (%)	83,0	77,1	84,6	82,1	81,0	0,0001	0,16	0,0014
Lipides (%)	12,9	18,8	11,5	13,8	15,1	0,0001	0,09	0,0001
Tendreté	5,9	5,8	6,0	6,0	5,8	0,94	0, 7	0,25
Jutosité	5,8	5,9	6,1	6,0	5,9	0,85	0,67	0,51
Flaveur	6,7	6,6	6,7	7,0	6,4	0,88	0,001	0,25
Appreciation globale	6,0	6,4	6,4	6,6	6,0	0.39	0,01	0,60

PEC : perte de l'eau à la cuisson, MS : matière sèche, MM : matière minérale, MO : matière organique, MAT : matière azotée totale

Conclusion

Le présent travail avait pour but de comparer la qualité de la viande d'agneau en fonction du régime alimentaire et entre trois races de l'Afrique de nord. Les résultats ont montré que la viande des agneaux de race NT était plus riche en protéines alors que la race QFO avait la viande la plus grasse. Selon les résultats de dégustation, il est apparu que la viande des agneaux de pâturage était plus savoureuse avec le gout résiduel d'agneau et de gras étant les flaveurs les plus répondues pour ce système de production.

Références

Atti N.,AbdouliH., Effets du niveau alimentaire et de la race sur la croissance et la qualité de carcasses des agneaux . Options medeterranééennes A (1997)195–198.

Fennema, O. R., 1985. Water and ice. In O. R. Fennema (Ed.), Food chemistry. New York Marcel Dekker Inc.

Hajji H., Smeti S., Mekki I., Bouzid K. , Abdelmoula J. , Joy M., Molino F., Atti N., 2014. Rumen fermentation pattern and blood metabolites of lambs from 3 breeds reared on pasture or feedlot. Options medeterranééennes A,109, 307-310 .

Priolo, A., Prache, S., Dubroeucqd, H., , Micol, D., Agabnel, J., 2001. Carcassa nd meatc haracteristicsfr om lambsf ed pastureo r concentrates: guarantee of provenience. Rencontre de Recherche sur les Ruminants, 8, 79-82.

Priolo, A., Micol, D., Agabriel, J., Prache, S., Dransfield, E., 2002. Effect of grass or concentrate fending systems on lamb carcass and meat quality. Meat Science, 62, 179-185.

Smeti S., Mahouachi M., Atti N., 2014. Effects of finishing lambs in rich aromatic plants pasture or in feedlot on growth and meat quality. Journal of applied Animal Science, 42, 3.

Immonen, K., Ruusunen, M., Hassia, K. & Puolanne, E. (2000). Bovine muscle concentration in relation of finishing diet, slaughter and ultimate pH. Meat science, 55: 25-31.

UTILISATION DE LA SPECTROSCOPIE DANS LE PROCHE INFRAROUGE POUR PREDIRE LA COMPOSITION DU TISSU CONJONCTIF DE LA VIANDE BOVINE. RESULTATS PRELIMINAIRES

LISTRAT A. (1,2), DURAND D. (1,2), MICOL D. (1,2), ANDUEZA D. (1,2)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES, F-63122 SAINT-GENES-CHAMPANELLE, FRANCE
(2) CLERMONT UNIVERSITE, VETAGRO SUP, UMR1213 HERBIVORES, BP 10448, F-63000, CLERMONT-FERRAND, FRANCE

donato.andueza@clermont.inra.fr

Abstract
Near infrared spectroscopy for predicting beef meat connective tissue composition. Preliminary results.
Chemical methods for the analysis of connective tissue components of beef in relation with meat quality are quite heavy and expensive. However, near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) is a simple and fast technique allowing estimation of a large number of different parameters simultaneously. This study presents preliminary results for the use of NIRS in the prediction of the main chemical constituents of beef meat connective tissue (collagen, cross-links (CLs), proteoglycans (PGs)). In order to create variability, a set of 120 freeze-dried samples obtained from three muscles and three breeds were used. The NIRS prediction models obtained for total collagen (expressed in mg/g of dry matter) and total PGs (expressed relative to collagen) showed a R^2 of calibration of 0.85. Insoluble collagen, CLs and PGs expressed relative to dry matter showed an R^2 of calibration lower than 0.60. These results suggest that the development of the NIRS calibration model is possible for predicting beef collagen content but needs more development both for collagen content and for the other components.

Introduction

Le collagène, son degré de réticulation ou cross-links (CLs) et les protéoglycanes (PGs) sont connus pour être en relation avec la qualité de la viande (Dubost et al., 2013a). Les méthodes chimiques de détermination de ces composés sont assez lourdes et coûteuses. Par contre, la spectroscopie dans le proche infrarouge (SPIR) peut être une technique rapide, simple et permettant d'estimer un grand nombre de paramètres différents simultanément. Son l'utilisation peut être particulièrement utile et intéressante dans le cas où des analyses à grande échelle sont nécessaires ou pour remplacer des méthodes lourdes et nocives pour la santé ou l'environnement. Dans cette étude, nous présentons les résultats préliminaires d'application de la SPIR pour la prédiction des constituants principaux du tissu conjonctif (TC) de la viande bovine [teneur en collagène total, réticulation (CLs) et PGs].

Matériel et méthodes

Les 120 échantillons utilisés provenaient de jeunes bovins entiers en finition abattus à 17 mois issus de 3 races (Aberdeen Angus, Limousine et Blonde d'Aquitaine) issues du programme européen ProSafeBeef. Les 3 races et les 3 muscles choisis (*longissimus thoracis, semi-membranosus et biceps femoris*) l'avaient été car ils sont très différents de part la composition de leur TC, ceci afin de disposer d'une population présentant une variabilité importante pour les variables étudiées. Le mode de prélèvement, de préparation et de dosage des échantillons pour le collagène total, les CLs et les PGs totaux ont été décrits par Dubost et al. (2013b). Le collagène total et insoluble sont exprimés en mg/g de matière sèche [MS], les cross-links sont exprimés en nM de pyridinolline [pyr] par g de MS et en mM pyr par M de collagène et les protéglycanes sont exprimés en µg de chondroïtine-4-sulfate-glycosamino glycane [C4S-GAGs] par g de MS et en mg C4S-GAGs par g de collagène.
Les échantillons destinés à la mesure par la SPIR (environ 150 g) ont été prélevés 24 h post-mortem, scellés sous vide dans des sacs plastiques, stockés à -20 °C, broyés, puis lyophilisés. Les spectres d'absorption dans le proche infrarouge de ces échantillons ont été saisis avec un monochromateur NIRSystems 6500 (NIRSystems, Silver Spring, MD, USA).
Pour établir les équations d'étalonnage, nous avons appliqué la méthode « Modified Partial Least Squares » sur les données spectrales après une transformation en première dérivée et correction de la diffusion de la lumière. Les modèles ont été ensuite testés à l'aide d'une procédure de validation croisée dans laquelle un quart des échantillons, choisis au hasard, a été temporairement retiré du collectif d'étalonnage pour être utilisé comme des données de validation. Cette procédure a été répétée 4 fois de manière à ce que tous les échantillons (n=120) aient été utilisés comme données de validation. Les écarts entre les résultats obtenus par la SPIR et les résultats de laboratoire concernant la composition du TC ont été caractérisés par l'écart type d'étalonnage du modèle (Ete) et l'écart type de validation du modèle (exprimé par lavalidation croisée (Etvc)), lesquels expliquent l'erreur du modèle et par les coefficients de détermination d'étalonnage (R^2e) et de la validation croisée (R^2vc) qui quantifient la variabilité expliquée par le modèle. Les valeurs de R^2 sont considérées mauvaises si elles sont en dessous de 0,66, moyennes entre 0,66 et 0,81, bonnes entre 0,82 et 0,90 et excellentes au-dessus de 0,91 (Karoui et al., 2006).

Résultats

Les résultats sont présentés dans le Tableau 1. Les muscles contiennent en moyenne 39,7±11,5 et 26,7±7,3 mg respectivement de collagène total et insoluble par g de MS, 27,9±10,2 nM de pyr par g de MS ou, exprimé par mole de collagène, 210±34 mM de pyr, et 491±151 µg C4S-GAGs par g de MS ou exprimé par g de collagène, 14,1±8,1 mg de C4S-GAGs. Les coefficients de variations sont respectivement pour le collagène total et insoluble de 29 et 27 %, pour les CLs exprimés en mM de pyridinolline par mole de collagène de 16% et pour les PGs exprimés en mg de C4S-GAGs par g de collagène de 57%.

Des valeurs de R^2e de 0,85 ont été obtenues pour les déterminations du collagène total (exprimé par g de MS) et des protéoglycanes totaux exprimés en mg de C4S-GAGs par g de collagène. Pour les autres paramètres, collagène insoluble, réticulation et PGs exprimés par g de MS, les valeurs de R^2e sont inférieures à 0,60. La différence entre les valeurs de R^2e et celles de R^2vc sont importantes. Ainsi, ces valeurs diminuent de 0,85 à 0,67 et à 0,69 respectivement pour les teneurs en collagène total et en PGs totaux exprimés en mg C4S-GAGs g-1 de collagène. Le fait qu'il y ait des écarts importants entre les valeurs de R^2e et R^2vc indiquent que, quand on applique le modèle sur des échantillons extérieurs pour la validation, la précision du modèle diminue. En conclusion, les modèles ne sont pas encore prêts à être utilisés dans la pratique et doivent être améliorés.

Tableau 1 : Moyenne (Moy.), écart-type (EcT), coefficient de variation (CV, en %) et plage de variation des principaux composants du tissu conjonctif et paramètres statistiques des équations d'étalonnage développées par la SPIR pour la teneur de ces composants.

							Statistiques d'étalonnage			
	N	Moy.	EcT	CV	Min.	Max.	Ete	R^2e	Etvc	R^2vc
Col (mg g^{-1} MS)	113	39,7	11,5	29,0	21,0	74,6	0,61	0,85	0,89	0,67
Col ins (mg g^{-1} MS)	120	26,7	7,3	27,3	14,3	49,0	0,78	0,42	0,82	0,37
CLs (nM pyr g^{-1} MS)	117	27,9	10,2	36,5	13,9	70,2	5,71	0,59	6,67	0,44
CLs (mM pyr M^{-1} col)	115	210	34	16,4	144,0	325	0,03	0,10	0,03	0,07
PGs (µg C4S-GAGs g^{-1} MS)	116	491	151	30,7	221,0	903	97,18	0,54	118,9	0,43
PGs (mg C4S-GAGs g^{-1} col)	115	14,1	8,1	57,4	4,20	41,3	19,51	0,85	27,90	0,69

Col : Collagène total ; Col ins : Collagène insoluble ; CLs : Cross-Links ; PGs : Protéoglycanes ; N : effectif ; Min. : minimum ; Max. : maximum ; Ete : écart type résiduel d'étalonnage; R^2e : coefficient de détermination d'étalonnage ; Etvc : écart type résiduel de validation croisée ; R^2vc : coefficient de détermination de validation croisée ; MS : matière sèche ; C4S-GAGs : chondroïtine-4-sulfate-glycoAmino-glycane.

Discussion

Les quelques auteurs qui se sont intéressés à la prédiction du collagène par la SPIR n'ont pas obtenu de résultats fiables. Les meilleurs résultats ont été obtenus par Gonzalez-Martin et al. (2009) (R^2e=0,77). Selon ces auteurs, ce serait dû à la variabilité de la population utilisée qui ne serait pas assez large. Nos modèles de prédiction sont plus précis (R^2e =0,85 et R^2cv = 0,67) avec un coefficient de variation de la population de départ plus faible (29% vs 35%) par rapport à ces auteurs. Ainsi, d'autres facteurs tels que le conditionnement et la préparation des échantillons pourraient jouer. Nous avons travaillé avec des échantillons broyés congelés puis lyophilisés tandis que Gonzalez-Martin et al. (2009) et Alomar et al. (2003) ont travaillé avec de la viande hachée fraiche. Nous avons choisi cette méthode car elle nous permet de mieux homogénéiser la fraction collagénique et myofibrillaire des échantillons. Dans notre étude, la difference entre les valeurs de R^2e et R^2cv étant importante, les résultats ne sont donc pas totalement satisfaisants, notre modèle doit donc être amélioré. Pour cela, nous enviseageons d'accroître le nombre d'échantillons de l'étude afin d'augmenter la représentativité du modèle. Il n'y a pas, à notre connaissance, de résultats dans la litérature concernant la prédiction les CLs et des PGs par la SPIR. Ceux obtenus dans cette étude présentent respectivement pour les CLs et les PGs des valeurs de R^2e de 0,59 et 0,85, ce qui n'est pas complétement satisfaisant mais indique un potentiel de prédiction potentiellement améliorable.

Conclusion

Nos résultats montrent une nette amélioration dans la précision des modèles prédisant la teneur en collagène à partir de mesures de SPIR à par rapport à des études précédentes, suggérant que l'obtention d'un modèle d'étalonnage SPIR pour ce type de prédiction dans la viande bovine est possible. D'une manière similaire, les résultats obtenus pour la prédiction du degré de réticulation (CLs) et des PGs sont prometteurs. Cependant des études supplémentaires sont nécessaires afin d'essayer d'améliorer les modèles de prédiction SPIR des constituants principaux du TC.

Références bibliographiques

Alomar D., Gallo C., Castañeda M., Fuchslocher R. (2003). Meat Sci. 63, 441-450.
Dubost A., Micol D., Picard B., Lethias C., Andueza D., Bauchart D., Listrat A. (2013a). Meat Sci., 95, 555-561.
Dubost A., Micol D., Meunier B., Lethias C., Listrat A. (2013b). Meat Sci. 93, 378-386.
Gonzalez-Martin, M.I., Fernandez, C., Hernandez, J.M., Sanchez, C. (2009). Food Control 20, 752-755.
Karoui R., Mouazen A. M., Dufour E., Pillonel L., Picque D., Bosset J. O., De Baerdemaeker J. (2006). Lait, 86, 83-97

CROISSANCE ET NATURE DES DEPOTS DE JEUNES BOVINS CHAROLAIS RECEVANT EN ENGRAISSEMENT DES RATIONS A BASE D'ENRUBANNAGE OU D'ENSILAGE DE MAÏS.

SEPCHAT B. (1), ORTIGUES-MARTY I. (1), FAURE P. (2), AGABRIEL J. (1)

(1) INRA, UMR1213 HERBIVORES, F-63122 ST-GENES-CHAMPANELLE, FRANCE
(2) INRA, UE1354 UNITE EXPERIMENTALE SUR LES RUMINANTS DE THEIX, F-63122 ST-GENES-CHAMPANELLE, FRANCE

bernard.sepchat@clermont.inra.fr

Abstract: Growth and nature of deposits for Charolais bulls receiving diets based on wrapped hay silage or corn silage during fattening.
Four homogeneous groups of young Charolais bulls have been fattened between 360 and 700 kg with contrasted diets based either on wrapped hay of semi mountain permanent grassland (GW) or corn silage (CS) distributed at two levels of intake (H or L).To be slaughtered at a common carcass weight of 420 kg, the GWH animals needed (on average) 33 more days of fattening than the CSH and the GWL group 38 days more than the CSL group. The average daily gain reached respectively 1660 g (CSH), 1570 g (GWH), 1600 g (CSL) and 1400 g (GWL). Whatever the intake level, the intake of GW was lower (*vs* CS) at the beginning of the test (-1kg DM/d *vs* CS) and higher at the end (+1.5 kg DM/d). Adipose tissues of the carcass (67.4 kg) and the 5th quarter (23.8 kg) of CSH were higher than the depots of other groups (58 and 17 kg, respectively). Differences in growth rate had more impact on the dynamics of depots for CS than for GW. The use of properly complemented haylage (DM=60%) allows fattening bulls. But at iso-energy intake, this diet seems to be less efficient than a corn silage diet. Its use must be reasoned considering all other fattening conditions.

Introduction

En France, 25000 exploitations produisent du jeune bovin à raison de 444 M TEC/an. Les éleveurs cherchent de nouveaux itinéraires techniques visant à optimiser la rentabilité de cette finition dans des situations variées y compris en zone où l'ensilage de maïs n'est pas réalisable. Plusieurs expériences précédentes ont montré les conséquences des rations sèches (85% de céréales, Micol et al 2007) ou des rations à base d'ensilage d'herbe direct (Geay et al 1997) sur la quantité de dépôts adipeux des jeunes bovins comparées à des rations à base d'ensilage de maïs. Ce dernier semble favoriser l'engraissement comme le signale également Vancoceslos et al (2009) dans l'engraissement de bœufs de type Angus. Toutefois ces comparaisons se sont effectuées à vitesses de croissance différentes.
L'objectif de cette étude est de mesurer les impacts de la nature de la ration ingérée pendant la phase d'engraissement sur les performances et sur l'orientation des dépôts sous forme de protéines et de lipides chez des taurillons charolais, et de faire la part des effets de la nature de la ration de ceux de la vitesse de croissance. Des rations à base d'herbe enrubannée, peu explorées jusqu'à présent pour la finition, ont été comparées à des rations d'ensilage de maïs largement utilisées.

Matériel et méthodes

L'expérimentation impliquait 35 broutards charolais sevrés à 8 mois à un poids moyen de 360±33 kg. Les veaux n'avaient pas reçu de complémentation avant sevrage. Deux types de rations iso UFV ont été réalisés à base d'ensilage de maïs (MPEE), (0,88 UFV, 69 g PDIE et 52 g PDIN) et d'enrubannage d'herbe (ER) (0,71 UFV, 82 g PDIE et 66 g PDIN), et distribuées à 2 niveaux alimentaires, limité (B) et à volonté (H) (Tableau 1) Les lots Bas étaient uniquement limités en concentré. Ces rations permettaient des croissances théoriques (Inra 2007) de 1400 et 1600 g/j. L'enrubannage ER provenait de prairie permanente de semi-montagne, 1ère coupe récoltée par beau temps au stade début épiaison et était complété (49 à 57%) par de la pulpe de citrus et des drèches de blé. Les rations MPEE étaient complétées avec un mélange de céréales (2/3 blé, 1/3 maïs), de tourteau de colza et d'urée (35 à 48% de concentré).
Les taurillons ont été abattus à un poids vif moyen avant abattage de 700 kg pour atteindre un objectif de poids carcasse de 420 kg. L'âge des animaux a alors varié de 15 à 18 mois. Pendant toute la durée de l'expérimentation, les animaux ont été pesés tous les quinze jours. Les quantités quotidiennes d'aliments ingérées ont été mesurées individuellement.
Des mesures de l'état d'engraissement ont été réalisées, par une note d'état corporel (NEC) mensuelle (Agabriel et al 1986) et par la taille des adipocytes du tissu adipeux caudal (Robelin et Agabriel 1986) mesurée à la mise en lot, au milieu d'engraissement, et à l'abattage. A l'abattage, les organes et viscères ont été pesés ainsi que les différents gras séparables, les rendements carcasse ont été calculés. La dissection de la 6ème côte a permis d'estimer la composition de la carcasse (muscle, os, tissus adipeux, Robelin et Geay 1975). A partir des données d'énergie métabolisable ingérée et des gains de poids vif, nous avons reconstruit la dynamique des deux compartiments du corps (carcasses, viscères) à l'aide du modèle MECSIC (Hoch et Agabriel 2004).

Résultats

En début d'engraissement, les lots Maïs ont eu une ingestion supérieure par rapport aux lots Enrubannage (+1kg matière sèche ingérée/j (MSI/j)). Le lot MPEEB a substitué le concentré reçu en moins par une ingestion supérieure

d'ensilage de maïs (+0,600 kg MSI/j) et a dû être limité en fourrage. C'est ainsi qu'en fin d'engraissement on a constaté des quantités ingérées inférieures pour le lot MPEEH (-1,5 kg MSI/j) par rapport à ERH. Au total, du fait de durées d'engraissement plus longues, les lots ERH et ERB ont respectivement ingéré 321 kg et 472 kg de MS de plus que leurs homologues, ce qui représente 233 et 377 UFV et 44 et 61 kg de PDI en plus. Les lots Maïs ont été significativement plus efficaces que les lots Enrubannage en gain de poids par kg de MSI (+24 g pour MPEEH/ERH et +37 g pour MPEEB/ERB (Tableau 1).

Tableau 1. Valeurs des rations distribuées, quantités ingérées mesurées et efficacité alimentaire des rations

Lots	Energie (UFV/kg MSI)	MAT (g/kg MS)	Amidon (g/kg MS)	NDF g/kg MS	MSI (kg/d)	PDI/ UFV	MSI totale (kg)	UFV totales (kg)	Efficacité (g gain/kg MSI	Efficacité (g gain/UFVI)
MPEEH	0.97	139	403	322	9.1	94	1839[a]	1785b	186[a]	192[b]
ERH	0.94	150	27	462	9.2	105	2160[b]	2018[a]	162[b]	173[b]
MPEEB	0.92	134	370	348	8.3	93	1766[a]	1634[b]	191[a]	206[a]
ERB	0.90	146	25	484	8.9	106	2238[b]	2011[a]	154[b]	172[b]

Pour atteindre un poids vif moyen de 700 kg, les animaux du lot ERH ont mis 33 jours de plus que ceux du lot MPEEH et ceux de ERB 38 jours de plus que MPEEB. Après une période de faible croissance (env. 60 j), les animaux des lots ER ont eu une croissance plus soutenue en fin d'engraissement. A l'inverse celle des lots Maïs était plus rapide en début d'engraissement (+ 0,670 kg/j pour MPEEH/ERH et +0,530 kg/j pour MPEEB/ERB de 0 à 60 j), puis moins soutenue en fin d'engraissement. Les objectifs de croissance, 1600 g de gain moyen quotidien (GMQ) pour les lots hauts et 1400 g pour les lots bas, ont été atteints pour les animaux des lots Enrubannage et dépassés pour ceux des lots Maïs. Les poids de carcasse des lots ne sont pas différents (Tableau 2). Toutefois, le lot MPEEH a déposé significativement plus de tissus adipeux (totaux (DAT) : +2% ; 5ème quartier (DA5Q) +1%). Pour les tissus adipeux de la carcasse (DACA), seule la différence entre MPEEH et ERH est significative (+1,4%). Ainsi le lot MPEEH a déposé plus de lipides que les autres lots, mais les animaux des 4 lots ont déposé la même quantité de protéines (Tableau 2).

Tableau 2. Résultats d'abattage, répartition des tissus adipeux et des composants chimiques du corps au cours de l'engraissement

Lots	Durée d'engrais	Poids Vif Vide (PVV) (kg)	Poids carcasse (kg)	Rendement commercial %	DA5Q kg/100kg PVV	DACA kg/100kg PVV	DAT kg/100kg PVV	Gain PVV (kg)	dont Lipides (kg)	dont Protéines (kg)	dont Eau (kg)
MPEEH	202[b]	648	425	61,3	3,67[a]	10,4[a]	14,2[a]	333	65,3[a]	63,7	189,2
ERH	235[ab]	649	419	60,9	2,7[b]	8,9[b]	11,6[b]	341	48,8[b]	69,5	210,1
MPEEB	213[b]	635	412	60,8	2,77[b]	9,9[ab]	12,6[b]	331	54,6[b]	65,7	196,7
ERB	251[a]	640	424	60,7	2,59[b]	9,5[ab]	12,2[b]	325	51,1[b]	65,4	197,1

Discussion

Notre étude confirme que l'on peut moduler les dépôts de gras selon la nature de la ration (amidon *vs* fibre) et également selon les niveaux d'alimentation.

Dès le milieu de l'engraissement à même vitesse de croissance et à régime différent, le lot maïs haut a déposé plus de dépôts adipeux que le lot ER haut, cette différence (+5 kg DAT) est directement liée à la nature de la ration. Notre étude a mis en évidence que la vitesse de croissance différente des lots H et B influait davantage dans les lots maïs qu'ER. Toutefois ceci n'a pas impacté les dépôts protéiques, bien que nous ayons très fortement dissocié les apports d'énergie sous forme d'amidon et de fibres. L'évolution des quantités ingérées révèle une ingestion soutenue quasi linéaire pour le lot ERH (1,68kg/100kg PV/ jour) et une baisse pour le lot MPEEH. Cette diminution de l'ingestion des lots Maïs en fin d'engraissement peut s'expliquer par une rétroaction rapide des lipides sur l'ingestion et la satiété. Les lots Maïs ont été plus efficaces, en particulier le lot bas dont les restrictions en fourrage et concentré ont entrainé une meilleure utilisation de la ration (206 g de gain de poids/UFV ingérée). La légère restriction a pu diminuer la vitesse de transit et améliorer la digestibilité. Le ratio PDI/UFV des rations maïs, bien que dans les normes (Tableau 1) est inférieur de 11% à celui des rations ER. On pourrait donc considérer, dans une vision globale, que dans ces lots, la croissance protéique est optimisée pour l'énergie ingérée. Si ce niveau d'énergie est suffisant pour cette croissance protéique alors il y aurait excès d'énergie dans les lots MPEE, excès qui serait orienté vers davantage de synthèse lipidique.

Conclusion

Nos résultats montrent que l'on peut atteindre des croissances élevées avec des rations à base d'enrubannage d'herbe. Les animaux des lots Enrubannage ont cependant eu besoin d'un temps plus long pour atteindre nos objectifs et ont déposé moins de tissus adipeux. L'utilisation de ce type de ration, valorisant les fourrages produits sur l'exploitation, peut être une solution alternative intéressante à l'ensilage de maïs dans les zones herbagères.

References

Agabriel J., Giraud J.M., Petit M., 1986. Bull. tech. CRZV Theix, 66, 43-50

Geay Y., et al., 1997. Renc. Rech. Ruminants, 4, 307- 311

Hoch T., Agabriel J., 2004. Agricultural systems, 81, 1-15

Micol D., et al., 2007. Renc. Rech. Ruminants, 14, 233- 236

Robelin J., Geay Y., 1975. Bull. Tech. CRZV Theix, Inra., 22, 41-43

Robelin J., Agabriel J., 1986. Bull; tech. CRZV Theix, Inra., 66, 37-41

Vasconcelos J.T., et al., 2009. J. Anim. Sci., 87, 1540-1547

COMPOSITION ET STABILITE DES LIPIDES DE LA VIANDE D'AGNEAUX ENGRAISSÉS EN BERGERIE OU SUR UN PARCOURS AMÉLIORÉ PAR LA MEDICAGO ARBOREA

HAMDI H. (1), MAJDOUB-MATHLOUTHI L. (1), DURAND D. (2), THOMAS A. (2), KRAIEM K. (1)

(1) Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem 4042, Sousse, Tunisie
(2) INRA, UMR 1213 herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

hania_hamdi@yahoo.fr

Abstract: **Composition and stability of lipid of meat from lambs fattened indoor or on a pasture improved by *Medicago Arborea***
This study aimed to compare fatty acid composition and lipid oxidation of meat of Barbarine lambs fattened on pasture improved by *Medicago Arborea* (P) or indoor (B) with hay and concentrate. The two groups received 400 g of concentrate. Fattening lambs under pasture decreased the level of palmitic acid C16:0 (-13.7%) and increased the levels of n-3 PUFA (+86.2%). Levels of stearic acid (C18:0), saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, n-6 PUFA were not modified (P > 0.05). The activity of the antioxidant enzymes SOD and GPx did not change, whereas that of catalase was higher for P lambs. Moreover, the level of vitamin E was higher (4.60 vs.1.42: P<0.00l) and the malondialdehyde content was lower for P lambs (0.29 vs.1.25: P < 0.00l). These results showed that meat of lambs fed on pasture improved by *Medicago Arborea* presented a high nutritional quality and a higher stability during storage.

Introduction

La conduite des animaux au pâturage présente un double intérêt, d'une part répondre aux préférences de goût des consommateurs et d'autre part améliorer la qualité nutritionnelle des viandes. En effet, la viande produite en parcours est caractérisée par des teneurs élevées en acides gras polyinsaturés, en particulier en oméga 3 (AGPI n-3) (Enser et *al.,* 1998, Majdoub-Mathlouthi et *al*., 2010). Néanmoins, cette richesse en AGPI n-3 pourrait augmenter le risque de lipoperoxydation et donc nuire à la qualité de la viande lors de la conservation. Toutefois, plusieurs études ont montré que la conduite des animaux au pâturage améliorait la stabilité de la viande lors de la conservation (Petron et *al*., 2007 ; Santé-Lhoutellier et *al*., 2008), probablement grâce à une teneur du muscle en antioxydants plus élevée. Par ailleurs, l'effet du pâturage pourrait être différent selon sa composition botanique (Whittington et *al*., 2006). Notre étude vise donc à comparer la composition en acide gras et la stabilité de la viande des agneaux de race Barbarine élevés sur un parcours amélioré par la *Medicago Arborea* , légumineuse très appétante, par rapport à des agneaux élevés en bergerie.

Matériel et méthodes

Trente agneaux mâles sevrés de race Barbarine, âgés de 6-7 mois et pesant 23,91 ± 1,65 kg, ont été élevés soit sur un parcours naturel amélioré par de la *Medicago Arborea* (**P**) et un complément de concentré, soit en bergerie (**B**) avec du foin d'avoine à volonté et le même concentré. Chaque lot a reçu 400 g du concentré (51% orge, 35% maïs, 5% tourteau de soja 44 et 9% CMV). Le profil en acides gras des aliments utilisés est rapporté dans le tableau 1. Après 3 mois d'engraissement, 6 agneaux de chaque lot ont été abattus à un poids vif moyen de 32,2 kg. Le muscle long dorsal (LD) a été prélevé 24 heures après abattage. La teneur en matière grasse (MG) et la composition en acide gras ont été déterminées respectivement par la méthode de Folch et *al*. (1957) et par chromatographie en phase gazeuse. Le niveau de peroxydation est évalué par la mesure des activités de la superoxyde dismutase (SOD), de la glutathion-peroxydase (GPx), de la catalase et de la teneur en vitamine E sur une viande fraiche à 1 jour. La teneur en malondialdehyde (MDA) a été déterminée sur une viande conservée pendant 4 jours à 4°C selon la méthode décrite par Botsoglou et *al*. (1994). Les données ont été testées par analyse de variance à un seul facteur (mode de conduite = MC) par la procédure GLM du logiciel STATISTICA (2000).

Tableau 1 : Composition en acides gras des aliments utilisés (% des acides gras totaux)

	C18:1 n-9	C18:3 n-3	C18:2 n-6	AGS	AGMI	AGPI n-3	AGPI n-6
Concentré	22,2	3,12	53,3	16,86	23,52	3,12	53,3
Foin d'avoine	30,0	3,46	28,2	25,79	32,48	4,72	28,85
Medicago Arborea	8,52	21,7	23,3	26,8	12,03	22,53	23,3
Parcours	8,56	11,2	21,4	38,16	12,6	11,87	21,4

Résultats

Qualité nutritionnelle : Le MC n'a pas eu d'effet sur les teneurs en MG et AGS (Tableau 2). La conduite des agneaux sur le parcours a induit une diminution significative de 13,7% du C16:0, sans modification de la teneur en C18:0. La viande du lot P présente la proportion la plus élevée en AGPI et la plus faible en AGMI. La conduite sur parcours a augmenté de 86,2% les teneurs en AGPI de type n-3, alors que les teneurs en AGPI de type n-6 n'étaient pas différentes

entre les deux lots. La conduite des agneaux sur le parcours a permis d'augmenter le rapport AGPI/AGS et de diminuer le rapport AGPI n-6/AGPI n-3.

Tableau 2 : Effet du mode de conduite sur la teneur en matière grasse et la composition en acides gras (% des acides gras totaux) du muscle LD des agneaux de race Barbarine (n = 6)

	Parcours	**Bergerie**	**P**
Matière grasse (g/100 g muscle)	2,00 ± 0,36	2,51 ± 0,7	0,271
Acide palmitique C16 :0	20,46 ± 1,68	23,71 ± 0,79	P < 0,00l
Acide stéarique C18 :0	22,18 ± 2,82	21,00 ± 2,14	0,131
Acides gras saturés (AGS)	49,03 ± 3,93	51,34 ± 2,51	0,300
Acides gras monoinsaturés (AGMI)	31,19 ± 3,69	35,40 ± 1,97	0,014
Acides gras polyinsaturés (AGPI)	14,49 ± 3,60	10,11 ± 0,79	0,047
Acides gras polyinsaturés n-6 (AGPI n-6)	11,55 ± 3,08	8,23 ± 0,79	0,147
Acides gras polyinsaturés n-3 (AGPI n-3)	2,03 ± 0,48	1,09 ± 0,13	P < 0,00l
AGPI/AGS	0,30 ± 0,09	0,19 ± 0,01	0,055
AGPI n-6/AGPI n-3	5,73 ± 1,00	7,60 ± 0,66	0,004

Oxydation des lipides : L'activité des enzymes anti-oxydantes a été légèrement affectée par le MC (Tableau 3). Seule l'activité de la catalase était plus élevée dans la viande du lot P (+35,8%). Par ailleurs, la teneur en vitamine E a été fortement augmentée (+223,9%) pour le lot P. Concernant le degré d'oxydation, la viande du lot P présente une teneur en MDA à J5 plus faible.

Tableau 3 : Effet du mode de conduite sur les activités des enzymes anti-oxydantes, la teneur en MDA à J5 et la teneur en vitamine E dans le muscle LD des agneaux de race Barbarine (n = 6)

	Parcours	**Bergerie**	**P**
Superoxyde dismutase SOD (UI)	2,97 ± 0,76	2,35 ± 0,57	0,294
Glutathion peroxydase GPx (µmol NADPH/min/mg protéine)	0,052 ± 0,011	0,047 ± 0,012	0,215
Catalase (µmol H_2O_2/min/mg protéine)	0,72 ± 0,28	0,53 ± 0,15	0,002
Vitamine E (µg/g de muscle)	4,60 ± 0,42	1,42 ± 0,49	P < 0,00l
MDA J5 (µg/g de muscle)	0,291 ± 0,03	1,26 ± 0,58	P < 0,00l

Discussion

Il apparait donc que les valeurs moyennes en MG (2,26 g/100 g muscle) pour les 2 lots sont caractéristiques de viandes maigres, sans effet du MC. Ce résultat est bien en accord avec celui de Díaz et *al*. (2002) mais contradictoire avec celui trouvé par Majdoub-Mathlouthi et *al.* (2010). Le niveau élevé en AGPI n-3 dans la viande du lot P est probablement lié à la proportion importante de C18:3 n-3 apportée par la *Medicago Arborea* et le parcours par rapport au foin (Tableau 1). Pour les deux lots, le rapport AGPI/AGS reste inférieur à la valeur recommandée (0,4 ; Wood et *al.*, 2008) et comparable aux résultats de Majdoub-Mathlouthi et *al.* (2010). Cet effet pourrait s'expliquer par une diminution de la biohydrogénation ruminale des acides gras pour le lot P. Aussi, le rapport AGPI n-6/AGPI n-3 reste plus élevé que la valeur recommandée en nutrition humaine (4, Wood et *al.*, 2008), mais inférieur à celui trouvé par Majdoub-Mathlouthi et *al.* (2010). Ce résultat contradictoire pourrait être expliqué par une différence de composition de la ration utilisée (riche en fourrages verts ou en aliments concentrés). Toutefois, malgré sa richesse en AGPI, la viande des agneaux conduits sur parcours était mieux protégée contre l'oxydation grâce à ses teneurs plus élevées en antioxydant endogène (catalase) et exogène (vitamine E) (Wood & Enser, 1997). Santé-Lhoutellier et *al*. (2008) avaient aussi observé une teneur en vitamine E plus élevée dans la viande d'agneaux élevés sur parcours.

Conclusion

La viande d'agneaux de race Barbarine produite sur un parcours amélioré par de la *Medicago Arborea* présente des particularités très intéressantes pour la santé humaine. En effet, cette viande contient moins d'acide palmitique et plus d'AGPI n-3. En plus, la richesse de cette viande en antioxydants lui confère plus de stabilité et moins de risque d'oxydation lors de la conservation par rapport à celle provenant des agneaux engraissés en bergerie.

Références bibliographiques

Botsgolou N.A., et al., 1994. J. Agric. Food Chem., 42, 1931-1937
Díaz M.T., et al., 2002. Meat Sci., 42, 1931-1937
Enser M., Hallett K.G., Hewett B., Fursey G.A.J. Wood J.D. et Harrington, G. 1998. Meat Sci., 43, 329-341
Folch J., Lees M. et Stanley G.H.S., 1957. J.Biol. Chem., 226, 497- 509
Majdoub-Mathlouthi L., Said B. et Kraiem K., 2010. 13 éme JSMTV, 37-38
Petron M.J., Raes K., Claeys E., Lourenço M., Fremaut D. et De Smet S., 2007. Meat Sci., 75, 737-745
Santé-Lhoutellier V., Engel E. et Gatellier Ph. 2008.Food Chemistry, 109, 573-579
Whittington F.M., Dunn R., Nute G.R., Richardson R.I. et Wood J.D., 2006. Proc. Br. Soc. Anim. Sci., 27-31
Wood J.D. et Enser M. 1997. British Journal of Nutrition, 78, 549-560
Wood J.D. et al., 2008. Meat Sci., 78, 343-358

DIFFERENCIATION DU PORC FRAIS PAR LA SEGMENTATION DES PRODUITS : PISTES DE DEVELOPPEMENT INNOVANTES

LEGENDRE V. (1), LE STRAT P. (2) et DELOBEL F. (3)

(1) IFIP – 34 BOULEVARD DE LA GARE 31500 TOULOUSE
(2) IFIP – 7 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE 94700 MAISONS-ALFORT
(3) VITAMINES CONSEIL – 23 RUE JEAN DE LA VARENDE 76130 MONT SAINT AIGNAN

vincent.legendre@ifip.asso.fr

Abstract - Differentiation on the fresh pork market by segmenting the products: innovative concepts
Fresh pork consumption in France is decreasing, while products suffer from a lack of differentiation. A study was carried out to assess the current situation of fresh pork and to suggest innovative product concepts, in order to revitalize the fresh pork market. Marketing tools and data from the Kantar Worldpanel consumers panel were used to analyze pork consumption and the main characteristics of the products. Comparisons were made with rival products, such as chicken cuts and beef minced meat. The diagnosis leads to four innovative concepts.

Introduction

En France, la consommation de porc frais a reculé de près de 5% entre 2012 et 2013. Les produits finis proposés aux consommateurs sont encore peu différenciés. Quatre catégories de produits bruts issus de la longe - les côtes, rôtis, escalopes et filets mignons - couvrent près de deux-tiers des tonnages totaux de porc frais consommés en 2013 (d'après Kantar Worldpanel – FranceAgriMer). Par ailleurs, la majeure partie de l'offre de produits élaborés de porc frais (environ 15% des tonnages totaux) est constituée des morceaux demi-sel, assez peu adaptés aux nouveaux modes de consommation. A la demande de la filière porcine, un diagnostic sur la demande (caractéristiques de la consommation, profils des consommateurs…) et sur l'offre de porc frais a été conduit par l'IFIP et le cabinet de conseil Vitamines afin de proposer des concepts de valorisation susceptibles de redynamiser le marché.

Matériel et méthodes

La situation actuelle de la demande de porc frais a d'abord été analysée. Les données du panel de consommateurs Kantar Worldpanel ont été mobilisées pour caractériser la consommation et les consommateurs des produits de porc en comparaison de concurrents issus d'autres espèces. Le panel Kantar concerne les achats de 12 000 ménages représentatifs de la population française. L'analyse croise des indicateurs du comportement d'achat avec des caractéristiques sociologiques et géographiques. L'unité de base des données du panel est le « ménage ». Parallèlement à l'analyse de la demande, l'offre existante de porc frais a été comparée à celle de volaille pour identifier les univers de consommation peu ou pas couverts par le porc. A la lumière des constats réalisés, quatre concepts de valorisation de l'offre de porc ont été dégagés, alimentés par une démarche marketing de positionnement auprès des consommateurs.

Résultats

Dynamique à la baisse pour le porc frais face à des concurrents plus performants

L'évolution de 2008 à 2012 de la consommation de porc frais a été observée au travers des produits issus de la longe, principale composante de l'ensemble. Ils ont été comparés au bœuf haché frais, aux découpes de poulet et aux élaborés de volaille en exploitant deux indicateurs : le pourcentage de ménages acheteurs (taux de pénétration) et le Niveau Moyen d'Achat (NMA), correspondant à la quantité consommée par ménage acheteur (en kg) sur une année. La pénétration des produits de longe, a chuté, passant de 87% à 83% pour l'ensemble de la population française (Figure 1).

Figure 1 : Evolution de la consommation de produits de longe entre 2008 et 2012 face à des produits concurrents
Niveau Moyen d'Achat et Pourcentage de ménages acheteurs

Source : IFIP d'après Kantar Worldpanel – FranceAgriMer

Le NMA s'érode également, atteignant 8,4 kg par ménage acheteur en 2012. Les ménages les plus jeunes, les plus urbains et les catégories socio-économiques les plus aisées consomment le moins de porc frais. Chez les jeunes célibataires, le pourcentage de ménages acheteurs a reculé de près de 15 points en 4 ans (Figure 1). Parallèlement, des produits concurrents du porc frais, notamment les découpes de poulet et les élaborés de volaille, se sont développés, proposant des réponses adaptées à l'évolution des modes de consommation.

Un positionnement à perfectionner pour l'offre en porc frais

La comparaison de l'offre de porc frais et de volaille a été illustrée sous forme de mapping (Figure 2), en prenant en compte la diversité des besoins des consommateurs sur des déterminants essentiels dans leur choix : comment et pour quelle occasion ils vont consommer les produits. Le choix a été fait de classer l'offre selon son utilisation, des produits les plus bruts (« à cuisiner ») jusqu'aux produits « prêts à consommer » et selon son occasion de consommation, en opposant « snacking » à « réception ». Le gradient entre ces deux univers distingue :

- Des produits de consommation rapide, nomade, pratiques et faciles à consommer (« snacking »),
- Des produits pour une consommation « seul à table » (plats préparés, formats individuels, etc.),
- Des produits destinés à une consommation familiale : format large, adaptés aux enfants, etc.,
- Des produits destinés à une « réception » : format apéritif dînatoire, produits haut-de-gamme, etc.

Figure 2 : Analyse comparative de l'offre existante en produits de volaille (gauche) et de porc frais (droite)

Source : Legendre, Le Strat et Delobel, 2013

L'offre de volaille couvre bien l'ensemble des situations : volailles entières, morceaux à cuisiner, produits panés en conditionnement familial, produits de snacking micro-ondables, bouchées aromatisées pour l'apéritif, etc. En revanche, les produits de porc frais inventoriés sont assez concentrés autour d'une utilisation pour le repas à table, qu'ils soient à cuisiner ou plus préparés. Ils couvrent trop partiellement certains segments : snacking, apéritif « haut-de-gamme », univers des produits prêts à consommer ou à utiliser dans des préparations (aides culinaires…). La représentation graphique n'occulte pas le fait que l'offre de porc frais évolue et s'étoffe. Elle illustre le potentiel de développement du porc frais face à la diversité des attentes des consommateurs, en comparaison de la volaille qui s'est fortement diversifiée cette dernière décennie. En outre, la mise en avant des produits de porc frais en magasin, fortement soumis aux promotions et souvent présentés en bacs, entretient l'image d'une viande basique, bon marché mais peu segmentée.

Conclusions et perspectives : Réflexion sur des concepts innovants

Sur la base des enseignements sur l'offre et la consommation, quatre concepts de valorisation ont été choisis pour combler les « manques » identifiés. Le **porc « Gourmet »** est une illustration de produit fini à consommer à table ou lors d'occasions festives, plutôt adressés à des consommateurs de plus de 40 ans, de catégorie socio-économique aisée. Le **porc « Snacking »** constitue une offre facile à consommer en toutes circonstances (plateau-repas, nomadisme, *finger food*), notamment pour les jeunes adultes. Le **porc « Pratique à cuisiner »** est un exemple de plats à base de porc faciles et rapides à préparer, en s'affranchissant des contraintes (temps de préparation élevé, viande souvent jugée trop sèche…). Enfin, le **porc « Ludique »** est une solution s'adressant aux enfants et plus généralement à toute la famille.

Les concepts ont fait l'objet de préconisations marketing (produits, positionnement, emballages…). Ils forment des pistes nouvelles pour mieux valoriser les produits de porc et les positionner comme des solutions pertinentes face à la diversité des besoins des acheteurs. Leur vocation est de susciter la réflexion et de guider les professionnels de la filière, ainsi que d'éclairer une démarche encore trop peu utilisée pour appréhender le marché et les consommateurs.

Bibliographie

Legendre V., Le Strat P. et Delobel F., 2013. Valorisation de la longe de porc : état des lieux, caractéristiques des consommateurs et réflexion sur des concepts innovants. Etude technique et économique, collection IFIP, 66 pages. Financement INAPORC et FranceAgriMer

INDEX DES AUTEURS

Agabriel, J. 15, 17, 117, 119, 159
Agli, A. 105
Ait-Aider, O. 81
Al-Jammas, M. 117
Allen , P. 131
Alnahhas, N. 147
Alric, M. 81
Aminot, G. 153
Amoussou, O. 11
Andre, B. 129
Andueza, D. 157
Arranz, J.M. 121
Astruc, T. 145
Atti, N. 155
Aubry, L. 71
Aviles, C. 135
Azzopardi, M. 75
Baeza, X. 127, 137, 147
Barboiron, C. 145, 153
Barre, T. 9
Bauchart, D. 13, 151
Bax, M.-L. 61, 77
Bebin, D. 1, 21
Becila, S. 105
Ben Amouda, M. 155
Benatmane, F. 73
Benoit, M. 1, 21
Berard, J. 143
Bernadet, M.D. 137
Berri, C. 127, 147
Blanquet, C. 145
Boizot-Szanzai, C. 27
Bonnet, M. 119, 149, 153
Bonny, S. 131
Bordeau, T. 137, 147
Boselli, L. 3
Bouderouak, K. 67
Boudjellal, A. 105, 139
Boukhris, Hager 109
Bourin, M. 127
Bouzgarrou, B.-C. 81
Brustel, X. 77
Buczinski, X. 33
Buffiere, X. 77
Bugeon, J. 123
Buisson, X. 77
Cantalapiedra-Hijar, G. 15
Cantalapiedrea-Hijar, G. 149
Capel, C. 125
Cartes, ... 53
Cassar-Malek, I. 125, 145, 149
Certenais, E. 69
Chabault, M. 147
Chabrat, S. 39
Chambon, C. 71, 145
Chantelauze, C. 15, 57
Chartrin, P. 127, 137, 147
Chaumet, J.M. 23
Chehat, F. 29, 49
Chenille, C. 107
Chenut, R. 19
Chesneau, G. 53
Chevarin, C. 115
Chotteau, P. 23
Christieans, Souad 89
Claeys, E. 59
Clerjon, X. 97
Clinquart, Antoine 91
Coatelen, X. 129
Coton, J.-P. 129
Coutelet, G. 19
Couvreur, S. 153
Damergi, C. 109
Darmon, N. 9
Daudin, J.D. 103, 111, 113, 115
Daul, D. 51

Dauvergne, A. 121
De La Torre, A.E. 119
De Lamballerie, M. 93, 99
De Smet, S. 59
De Tonnac, J. 75
Delanoue, E. 35
Delobel, F. 163
Denis, C. 89
Denoyelle, C. 125
Djamel, A. 65
Dolle, J.B. 17
Doreau, M. 13, 151
Dotreppe, O. 63
Douny, C. 91
Duchene, C. 55, 61
Dufayet, B. 51
Dufey, A. 143
Duflot, B. 31
Dumont, R. 135
Dunoyer, N. 125, 153
Dupont-Nivet, M. 123
Durand, D. . 53, 57, 69, 139, 149, 157, 161
Duranton, F. 93
Durosset, P. 99
El Adab, S. 101
Elaffifi, M. 67
Ellies-Oury, M.-P. 121, 149
Engel, E. 137
Errahmani, X. 63
Essid, I. 101
Evrat, C. 79
Faure, P. 159
Favier, R. 111, 113
Ferrand, M. 53, 69
Ferrari, G. 9
Fouillet, H. 15
Gac, A. 3, 5
Gagaoua, M. 105, 139
Gandemer, G. 55
Gangnat, I. 143
Gardner, G. 131
Gatellier, P. 71, 87, 103, 111
Gaudichon, C. 61
Gobert, M. 57, 71
Godet, E. 127, 137
Goujon, J.-M. 53
Gruffat, D. 53, 149
Guetarni, X. 63
Guillon, C. 53, 69
Guinot, C. 51
Guyon, C. 93
Hafid, K. 105
Hafid, N. 43
Hafnaoui, N. 61, 77
Hajji, H. 155
Hamdi, H. 161
Hangnilo, B. 11
Hanin, A. 89
Hardit, V. 125
Harkouss, R. 115
Hassoun, A. 95
Hocquette, J.-F. 131, 139
Hornick, X. 63
Houaga, I. 141
Huant, J. 153
Huo, Y. 15
Ikonic, P. 97
Imazaki, P. 91
Jacob, H. 121
Joly, C. 57
Journaux, L. 125
Kammoun, M. 145
Karoui, R. 95
Kerhoas, N. 69
Kerneis, T. 123
Keroas, X. 53
Khodorova, C. 15
Kondjoyan, A. 55, 97
Kraiem, K. 161
Krauss, D. 135
Kreuzer, M. 143

Labbe, L. 123
Laignel, G. 21
Lapasin, C. 5
Largeau, V. 15
Le Bihan-Duval, E. 147
Le Minous, A.E. 99
Le Noc, J.L. 75
Le Page, J.-F. 53, 99
Le Strat, P. 163
Lebert, A. 83
Lebret, B. 123
Lefevre, F. 123
Legendre, V. 163
Legrand, I. 131
Leguillon, Y. 69
Leiber, F. 143
Lherm, M. 1, 13, 21
Listrat, A. 149, 157
Long, P. 81
Lucan, A. 85
Madrange, X. 33
Magdelaine, P. 19
Mahouachi, M. 155
Mairesse, G. 53, 69
Majdoub-Mathlouthi, L. 161
Manceau, ... 53
Martin, C. 13
Martin, O. 57
Martinet, P. 81
Masset, G. 9
Maudouit, A. 127
Maupetit, D. 135
Mebkhout, F. 45
Meteau, K. 147
Meunier, B. 119
Mezali, L. 45
Meziane, T. 43
Mialon, M.M. 13, 151
Micol, D. . 13, 119, 121, 125, 139, 141, 149, 151, 157
Mika, A. 127
Mirade, P.-S. 83, 87, 115
Mnasser, H. 101
Monniot, C. 23
Monteils, V. 133
Mounier, L. 151
Mourot, J. 67, 73, 75
Najar, Taha 109
Nguyen, ... 13
Noel, T. 151
Normand, J. 53, 69
Oberli, M. 61
Ortigues-Marty, I. . 15, 117, 119, 149, 151, 159
Osswald, V. 113
Ouali, A. 105
Oueslati, K. 103
Oury, M.P. 135, 139
Papillon, S. 121
Parafita, E. 83, 107
Pernollet, F. 7
Perrier, C. 67, 75
Pethick , D. 131
Peyron, M.A. 77
Picard, B. ... 119, 125, 133, 135, 139, 141, 145, 149, 153
Picgirard, L. 87
Pierre, F. 57
Pineau, C. 25, 33
Polkinghorne , R. 131
Portanguen, S. 97
Pottier, L. 93
Pujos, E. 57
Quillet, E. 123
Ratel, J. 137
Recondo, X. 121
Rémond, D. 61
Remond, X. 77
Renand, G. 125, 135, 151
Robin, G. 67, 73, 75
Roguet, C. 35
Rosner, P.M. 41

Roulenc, M. 1, 21
Rousseau, G. 121
Roussillon, M. 31
Sadoud, H. 29, 49
Sadoud, M. 29, 49
Safa, H. 87
Safia, L. 65
Sahraoui, N. 63
Saidi, C. 155
Saidj, X. 45
Saintilan, R. 135
Salel, X. 77
Salifou Chakirath, F.A. 11, 141
Samet, Ali 109
Sanjuan, I. 37
Sanne, E. 25
Sans, P. 27, 37
Sante-Lhoutellier, X. 61, 71, 139
Scippo, M.-L. 91
Sebedio, X. 77
Sepchat, B. 15, 119, 159
Sharedeh, D. 111, 113
Sifre-Maunier, L. 129
Silacci, P. 143
Soulat, J. 133
Stahl, V. 89
Stephan, F. 81
Terlouw, C. 139
Thomas, A. 161
Thornes, J. 7
Toguyeni, A. 11
Valais, A. 153
Van Der Werf, H. 7, 13
Van Hecket , T. 59
Vernet, J. 117, 149
Veysset, P. 1, 21
Vialter, S. 47
Vieux, L. 9
Vigier-Souvignet, C. 41
Vinet, A. 135
Vossen, E. 59
Wierzbicki, J. 131
Youssao, A.K.I. 11, 141

Revue fondée par l'Institut technique agro-industriel des filières viandes (ADIV)

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION
Nicolas JABY - ADIV Clermont-Ferrand

RESPONSABLE SCIENTIFIQUE
Jean-François HOCQUETTE – INRA

Site Internet
http://www.viandesetproduitscarnes.fr

ZAC Parc Industriel des Gravanches
10 Rue Jacqueline Auriol
63039 Clermont-Ferrand cedex 2
Tél. 04 73 98 53 80
Fax 04 73 98 53 85

Hors-série
4ème trimestre 2014

N° spécial : 46 euros

Viandes & Produits Carnés est répertorié dans Food Science and Technology Abstracts

VIANDES & PRODUITS CARNÉS

LA REVUE FRANÇAISE DE LA RECHERCHE EN VIANDES ET PRODUITS CARNÉS

Les articles de V&PC, « Viandes et Produits Carnés » sont désormais intégralement et immédiatement accessibles sur un site internet dédié www.viandesetproduitscarnes.fr, régulièrement enrichi de nouvelles contributions.

Le site donne un accès exhaustif aux archives de la revue. Les articles sont classés en fonction des espèces et types de préparation (viande bovine, ovine, cheval, porc, charcuterie, volaille, conserves, produits élaborés, surgelés, plats cuisinés, etc.) mais aussi en fonction de leur champ d'intérêt : process et technologies, nutrition, hygiène et sécurité sanitaire, environnement, économie et consommation, bien-être animal.

Seule revue scientifique du secteur des viandes et produits carnés en langue française, V&PC entend se mettre au service de la recherche et de l'industrie des produits carnés. Soumettez vos articles et contributions à son comité de lecture via le site ou à l'adresse redactionvpc@gmail.com

La revue publie également tous les deux ans les actes des JMSTV, Journées des sciences du muscle et technologies des viandes.