

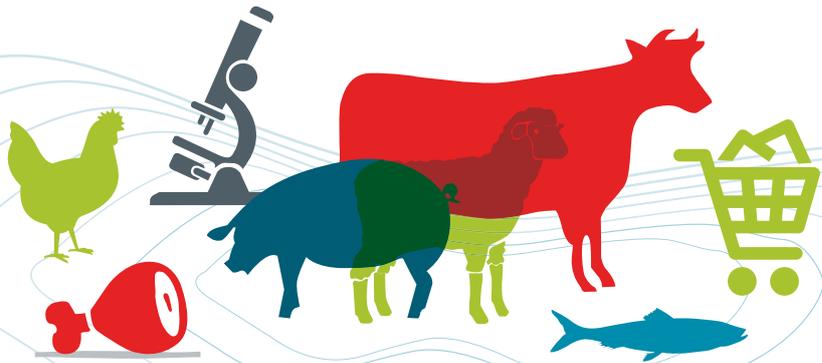
# VIANDES & PRODUITS CARNÉS

LA REVUE FRANÇAISE DE LA RECHERCHE EN VIANDES ET PRODUITS CARNÉS

HORS-SÉRIE

**JSMTV**  


**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



---

**21 et 22 NOVEMBRE 2016**  
PARIS - UIC-P

---





# 16<sup>èmes</sup> Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes



## Édito

### Bienvenue à la 16<sup>ème</sup> édition des JSMTV organisée par le CIV et ses partenaires

Mesdames, Messieurs, Chers collègues,

Entre les progrès des techniques d'élevage, de transformation et de conservation des produits carnés, la succession de crises des différentes filières animales et de leurs maillons, l'évolution des circuits de distribution et celle des attentes des consommateurs, l'édition 2016 des Journées Scientifiques du Muscle et des Technologies des Viandes (JSMTV) entend prolonger la dynamique des éditions précédentes et notamment de la 15<sup>ème</sup> édition de 2014.

Ces 16<sup>èmes</sup> JSMTV ont donc été construites autour d'une question centrale qui couvre les domaines techniques spécifiques aux viandes, tout en s'ouvrant plus largement aux préoccupations économiques et sociétales :

#### **Quelle qualité pour répondre aux attentes des consomm'acteurs ?**

Par le biais de cette interrogation, nous vous proposons de réfléchir durant les deux jours du colloque aux façons selon lesquelles la notion de qualité des produits carnés est aujourd'hui comprise, pour intégrer des composantes tout autant intrinsèques (qualité sanitaire, sensorielle, nutritionnelle) qu'extrinsèques (vision des consommateurs sur la commercialisation, le bien-être des animaux, l'environnement...).

En outre, dans la logique de l'édition de 2014, cette 16<sup>ème</sup> édition poursuit sa mobilisation de publics professionnels et de nouvelles disciplines.

Pour aller au-delà des présentations scientifiques habituelles (exposés oraux, posters, recueil des communications), deux ateliers spécifiques ont donc été organisés en parallèle aux sessions académiques, afin de renforcer les relations entre les trois communautés que sont les professionnels des filières, les chercheurs des disciplines biologiques, agricoles et agroalimentaires, et ceux des sciences humaines, sociales et de gestion. Ayant pour finalité de structurer les échanges et les transmissions des connaissances professionnelles et académiques entre les trois communautés, ces deux ateliers sont intitulés :

#### **Chercheurs et filières viande : relançons le dialogue !**

Ils auront pour objectif immédiat d'identifier et de construire un programme collectif de travail d'une durée de deux ans, dont les résultats auront vocation à être présentés lors de la 17<sup>ème</sup> édition biennale des JSMTV.

C'est avec plaisir que nous vous accueillons pour ces 16<sup>èmes</sup> JSMTV.

**Pierre-Michel Rosner**  
*Président du Comité d'organisation*

**Jean-François Hocquette**  
*Président du Comité scientifique*

## PROGRAMME SYNTHÉTIQUE



### > Lundi 21 novembre 2016

#### Matin

- Conférence d'ouverture, par Jean-Louis Peyraud, Direction Agriculture de l'INRA : L'efficience protéique.
- Session 1 : Session Perception des produits carnés par les consommateurs ?

#### Après-midi

- Session 2 : Maîtrise de la qualité sanitaire des aliments carnés : la dualité des microorganismes.
- Session 3 : Analyse économique de la crise des filières Viande.

Soirée de gala

### > Mardi 22 novembre 2016

#### Matin

- Session 4 : Prédiction de la qualité sensorielle
- Session 5 : Les produits carnés en alimentation humaine.

#### Après-midi

- Session 6 : Procédés de transformation.
- Session 7 : Impact environnemental des filières viande.

### > Lundi et mardi après-midi, de 14h00 à 16h00

- Deux ateliers en sessions parallèles : « Chercheurs et filières viande : relançons le dialogue ! »

## Le Comité scientifique des 16<sup>èmes</sup> JSMTV

- Cécile BERRI - INRA
- Marie BOURIN - ITAVI
- Christophe DENOYELLE - Institut de l'Élevage
- Caroline EVRAT GEORGEL - Institut de l'Élevage
- Jean-François HOCQUETTE (président) - INRA
- Alain KONDJAYAN - INRA
- Florence LEFEVRE - INRA
- Sabine LEROY - INRA
- Valérie MONTEILS - VetAgro Sup
- Jacques MOUROT - INRA
- Élisabeth PAYEUX - CTCPA
- Alain PEYRON - ADIV
- Brigitte PICARD - INRA
- Didier REMOND - INRA
- Pierre-Michel ROSNER - CIV – Viande, Sciences et Société
- François ZUBER - CTCPA

## Le Comité d'organisation des 16<sup>èmes</sup> JSMTV

- Jean-François HOCQUETTE - INRA
- Sanina MILLIÉ - Regards Events
- Michèle MUCIGNATO - CIV – Viande, Sciences et Société
- Pierre-Michel ROSNER (président) - CIV – Viande, Sciences et Société
- Catherine VAISSE - Destinature

## Les organisateurs des 16<sup>èmes</sup> JSMTV



# JSMTV



## 16<sup>èmes</sup> Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes

Il s soutiennent financièrement les JSMTV 2016







**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**LES COMMUNICATIONS  
COURTES**

# TABLE DES MATIÈRES

## Perception des produits carnés par les consom'acteurs ?

### Communications courtes

Regards croisés sur la production de viande artificielle <i>J.-F. Hocquette</i> _____	1
Disposition du consommateur suisse à payer pour les oeufs et la viande de volailles à deux fins <i>I. Gangnat, S. Mueller, M. Kreuzer, M. Siegrist et V. Visschers</i> _____	3
Consommation de viande : apports de la sociologie à l'analyse des controverses <i>B. Boutin, V. Legendre, P. Sans et S. Barrey</i> _____	5

---

## Maitrise de la qualité sanitaire des aliments carnés : la dualité des microorganismes

### Communications courtes

Étude de la répartition des <i>Escherichia coli</i> O157:H7 dans les mêlées de viande hachée et conséquences sur la fiabilité des plans d'échantillonnage <i>C. Bièche-Terrier, E. Loukiadis, C. Malayrat, F. Ferre et J.-C. Augustin</i> _____	7
Influence de la formulation sur l'écosystème bactérien des saucisses fraîches de porc <i>A. Bouju, S. Guillou, B. Remenant et M.-F. Pilet</i> _____	9
Utilisation d'un ferment producteur de monoxyde d'azote comme alternative aux sels nitrités ? <i>G. Ras, V. Zuliani, P. Derck, T. Seibert, R. Talon et S. Leroy</i> _____	11

### Posters

Maîtrise de la qualité microbiologique de saucisses fraîches à teneur réduite en nitrite par biopréservation <i>C. Feurer, J. Margerin, F. Niveau et J.-L. Martin</i> _____	13
Analyse métagénomique de la dynamique de la flore bactériennes de viande porc biopréservée <i>A. Bozec, A. Le Roux et C. Feurer</i> _____	15
<i>Staphylococcus xylosus</i> , un ferment adapté à la matrice carnée <i>A. Vermassen, R. Talon et S. Leroy</i> _____	17

# Analyse économique de la crise des filières viande

## Communications courtes

- Analyse de la compétitivité de la filière avicole française: quels facteurs et quelles raisons d'espérer?  
*C. Deman et P. Magdelaine* \_\_\_\_\_ **19**
- Evaluation des élasticités-prix croisées de la demande des produits d'origine animale en France entre 1999 et 2009.  
*C. Boizot-Szantai et P. Sans* \_\_\_\_\_ **21**
- La crise de la filière viande bovine européenne, entre effets collatéraux de la crise laitière et faiblesses endogène  
*P. Chotteau et C. Monniot* \_\_\_\_\_ **23**
- Répartition des gains de productivité en élevage bovin viande :  
Qui sont les gagnants et les perdants sur les 35 dernières années ?  
*P. Veysset, M. Lherm, P. Natier et J. Boussemart* \_\_\_\_\_ **25**

## Posters

- Place de la viande rouge importée dans la consommation humaine algérienne  
*M. Sadoud* \_\_\_\_\_ **27**

---

# Prédiction de la qualité sensorielle

## Communications courtes

- Prédiction de la tendreté et de l'adiposité moyenne de carcasses de l'AOP Maine Anjou à partir de biomarqueurs mesurés dans un muscle  
*B. Picard, M. Al Jammal, S. Couvreur, M. Pecot, G. Aminot, S. Leger, L. De Koning, A. Valais et M. Bonnet* \_\_\_\_\_ **29**
- Biomarqueurs pour discriminer des classes de qualité sensorielle et technologique des viandes de porc  
*B. Lebre, R. Castellano, A. Vincent, J. Faure et M. Kloareg* \_\_\_\_\_ **31**
- Quels sont les facteurs d'élevage qui conduisent à l'oxydation des brochettes de dinde ?  
*M. Bourin, E. Baéza, A. Mika, E. Godet, P. Chartrin, V. Santé-Lhoutellier et C. Berri* \_\_\_\_\_ **33**
- Qualité de la chair des lignées de truite arc-en-ciel après sept générations de sélection sur la teneur en lipides musculaires  
*F. Lefèvre, J. Bugeon, L. Goardon, T. Kernéis, L. Labbé, S. Pansérat, F. Médale et E. Quillet* \_\_\_\_\_ **35**
- Comparaison des qualités des viandes d'ovins brûlés et dépouillés et perceptions des acteurs de la filière au Bénin  
*C. Salifou* \_\_\_\_\_ **37**
- Appréciation de la qualité en bouche de la viande bovine en Europe par des consommateurs naïfs  
*S. Bonny, J.-F. Hocquette, I. Legrand, R. Polkinghorne, J. Wierzbicki, P. Allen, L. Farmer, D. Pethick et G. Gardner* \_\_\_\_\_ **39**

## Posters

- Application industrielle NIRS pour la prédiction de la capacité de rétention en eau de la viande de porc  
*A. Vautier, T. Pieper, T. Lhommeau et M. Christensen* \_\_\_\_\_ **41**
- Prediction par spectroscopie proche infrarouge de la qualite technologique du filet de poulet  
*A. Vautier, C. Berri, T. Lhommeau, M. Bourin et E. Duval* \_\_\_\_\_ **43**
- Les relations entre la tendrete et la composition en acides gras des viandes bovines sont elles stables selon le sexe et la race  
*M.-P. Ellies-Oury, G. Cantalapiedra-Hijar, D. Durand, D. Gruffat, A. Listrat, D. Micol, I. Ortigues-Marty, J.-F. Hocquette, M. Chavent, J. Saracco et B. Picard* \_\_\_\_\_ **45**
- Relation entre les paramètres de la couleur et l'abondance de protéines biomarqueurs chez des taurillons de deux races à viande  
*M. Gagaoua, C. Terlouw et B. Picard* \_\_\_\_\_ **47**
- Effets sexe et muscle sur l'abondance de protéines biomarqueurs de tendreté et adiposité de la viande en AOP Maine Anjou  
*M. Al Jammās, M. Bonnet, S. Couvreur, M. Pecot, G. Aminot, A. Valais et B. Picard* \_\_\_\_\_ **49**
- Apport des outils cellulaires pour étudier la croissance musculaire chez le porc  
*M.-H. Perruchot et I. Louveau* \_\_\_\_\_ **51**
- Stratégie de développement de biomarqueurs de texture de la chair chez la truite arc-en-ciel  
*V. Lebrez, J. Bugeon et F. Lefèvre* \_\_\_\_\_ **53**
- Effets du type de pâturage sur les caractéristiques de la viande du mouton des montagnes de la Tunisie  
*I. Mekki, S. Smeti, H. Hajji, M. Mahouachi et N. Atti* \_\_\_\_\_ **55**
- Caracteristiques de la carcasse et qualite de la viande des ovins au benin : perception des consommateurs et etude experimentale  
*I. Youssao Abdou Karim, Salifou c.f.a. , J. Djenontin , G.S. Ahounou , T.M. Issifou* \_\_\_\_\_ **57**
- Perception de la viande cameline par le consommateur de deux régions du Sud algérien (Tamanrasset et Ghardaïa)  
*M. Sadoud, F. Nefnouf, F. Hafaoui* \_\_\_\_\_ **59**
- Méthodes instrumentales de mesures de texture sur plats cuisinés à base de viande  
*A. Lucan, C. Trignac et F. Zuber* \_\_\_\_\_ **61**
- Caracterisation de defauts musculaires presents sur les filets de poulets  
*M. Bourin et E. Baéza* \_\_\_\_\_ **63**
- 

## Les produits carnés en alimentation humaine

### Communications courtes

- Prédiction de la composition en acides gras de la viande bovine en fonction de l'alimentation des animaux par méta-analyse  
*D. Gruffat, B.-P. Mourot, D. Durand et V. Berthelot* \_\_\_\_\_ **65**
- Prédiction du profil en acides gras polyinsaturés n-6 et n-3 à partir des acides gras majeurs dans la viande bovine  
*B.-P. Mourot, G. Mairesse, J. Normand, D. Durand, E. Certenais, M. El Jabri, C. Guillon, R. Le Page, N. Kerhoas, G. Chesneau et D. Gruffat* \_\_\_\_\_ **67**

## Posters

- Evolution des protéines au cours de la digestion gastrique *in vitro* de viandes transformées  
*M. Delosière, L. Aubry, C. De Oliveira Ferreira, T. Sayd, F. Pierre, O. Martin, V. Scislowski et V. Santé-Lhoutellier* \_\_\_\_\_ **69**
- Performance de mesure de la composition en acides gras de la bavette de flanchet par spectroscopie proche infrarouge  
*G. Mairesse, E. Certenais, J. Normand, B.-P. Mourot, A. Thomas, D. Gruffat, C. Guillon, R. Le Page, N. Kerhoas et G. Chesneau* \_\_\_\_\_ **71**
- Valeurs nutritionnelles de la viande de porc : analyses sur 10 pièces ou morceaux  
*M. Carlier, T. Lhommeau, J.-L. Martin et B. Duchene* \_\_\_\_\_ **73**
- Classification par spectroscopie proche infrarouge des gros bovins ou des carcasses suivant le profil en acides gras des viandes  
*J. Normand, E. Certenais, M. El Jabri, G. Mairesse, C. Falguère, D. Manceau, C. Guillon, D. Durand, D. Gruffat, R. Le Page, N. Kerhoas et G. Chesneau* \_\_\_\_\_ **75**
- 

## Procédés de transformation

### Communications courtes

- Intérêt d'une approche de modélisation pour prédire la qualité des produits carnés transformés - exemple des produits salés  
*A. Kondjoyan, S. Portanguen, J.-D. Daudin, J. Sicard, P. Tournayre, J.-M. Auberger, R. Favier et P.-S. Mirade* \_\_\_\_\_ **77**
- Étude des cas de non-stabilité à 55 °C sur des conserves de produits carnés : Bilan 2007-2015  
*S. Andre, F. Zuber et S. Planchon* \_\_\_\_\_ **79**

### Posters

- Pratiques d'abattage dans les abattoirs de deux régions du Sud algérien (cas de la viande cameline)  
*M. Sadoud* \_\_\_\_\_ **81**
- Aptitude au contact alimentaire des matériaux d'emballage : cas des produits carnés traités par hautes pressions - approche technico-réglementaire  
*P. Saillard, F. Durantou et F. Zuber* \_\_\_\_\_ **83**
- Effets des hautes pressions sur l'oxydation des lipides et des protéines du jambon cuit  
*A. Rakotondramavo, C. Guyon, M. De Lamballerie et L. Pottier* \_\_\_\_\_ **85**
- Wet-aging vs. dry-aging : influence sur la tendreté et la stabilité oxydative des viandes Charolaises  
*P. Imazaki, A. Teixeira Gonçalves, M. Krantz, J. Thismister et A. Clinquart* \_\_\_\_\_ **87**

# Impact environnemental des filières viande

## Communications courtes

L'allocation biophysique, une alternative pour la répartition des impacts environnementaux des produits carnés

*A. Wilfart, X. Chen, L. Puillet et J. Aubin* \_\_\_\_\_ **89**

Calcul de l'empreinte environnementale de la filière viande : Quel rôle pour le stockage de carbone ?

*K. Klumpp* \_\_\_\_\_ **91**

Comprendre l'empreinte eau de la viande

*A. Gac* \_\_\_\_\_ **93**

## Posters

Life Beef Carbon : Harmonisation de méthodologies européennes d'évaluation des émissions de GES en élevage bovin viande

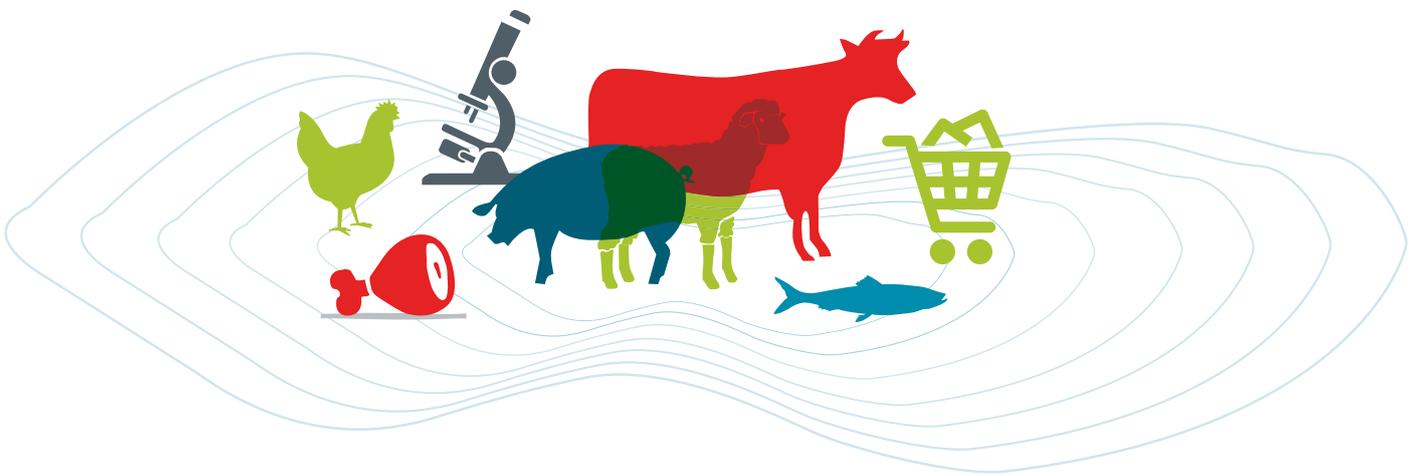
*J. Andurand, S. Moreau et J. Dollé* \_\_\_\_\_ **95**

Impact des produits Bleu-Blanc-Coeur sur les apports en acides gras du menu moyen français et impact environnemental

*G. Mairesse, C. Ferry, B. Schmitt, H. Van De Werf, G. Chesneau, N. Kerhoas et J. Mourot* \_\_\_\_\_ **97**



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 1**

**« Perception des produits carnés  
par les consomm'acteurs » ?**



HOCQUETTE J-F. <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Inra, <sup>2</sup>VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France ;

jean-francois.hocquette@inra.fr

## Abstract: Perspectives of artificial meat production

Our society is facing major challenges: increasing protein resources for the human population, reducing environmental degradation and discomfort of animals in some farms. For these reasons, alternatives to conventional meat have more and more success. One meat substitute which regularly generates media interest is artificial meat made from stem cells. A special issue of the Journal of Integrative Agriculture plus other scientific papers describe the pros and cons of this artificial meat. This article summarises the major conclusions of the literature on this subject. The major challenges for cultured meat is to be produced at a large scale and at an affordable price but its major difficulty nowadays will be its acceptance by consumers. Other solutions for feeding humankind, for reducing greenhouse gas emissions and for meeting social expectations already exist and will be strong competitors of artificial meat.

## Introduction

Selon certains, notre société est actuellement face à d'importants défis qui sont d'augmenter le niveau des ressources alimentaires pour satisfaire les besoins physiologiques (notamment en protéines) d'une population humaine toujours croissante tout en proposant des produits de bonne qualité nutritionnelle (notamment des viandes moins grasses). A cela, se rajoute la nécessité de répondre aux nouvelles attentes sociétales des pays développés telles que réduire le mal-être supposé des animaux dans les élevages modernes, voire ne pas tuer les animaux pour les manger, et réduire la dégradation de l'environnement par les différentes activités humaines, notamment l'élevage.

Pour faire face à ces défis, différentes alternatives à la production de viande conventionnelle ont été proposées, parmi lesquelles la production de viande artificielle à partir de cultures de cellules souches. Cette technologie inspirée des techniques médicales pour réparer les muscles lésés s'appuie sur la multiplication quasi-infinie des cellules souches afin de produire dans des incubateurs géants une très grande quantité de muscle. De plus, selon leurs promoteurs, cette technologie permet non seulement de produire de grandes quantités de protéines musculaires (et donc de viande), mais aussi de diminuer l'impact environnemental de la production de viande. Une équipe hollandaise a produit le premier burger artificiel dans ses laboratoires au prix de 250 000 euros environ et a reçu le « World Technology Award for Environment » le 15 novembre 2013. La production de viande artificielle à partir de cellules souches a également été encouragée par l'association PETA (« People for the Ethical Treatment of Animals ») car elle respecte la vie animale. La dégustation dans un grand restaurant londonien en Août 2013 du premier burger artificiel ainsi produit a été largement médiatisée de sorte que plusieurs groupes de journalistes et de consommateurs sont aujourd'hui convaincus de la pertinence de cette découverte. Toutefois, les réactions dans le monde scientifique sont plus mitigées. Cet article se propose de faire état des dernières publications scientifiques sur le sujet.

## Matériel et méthodes

Face aux nombreuses questions de journalistes, un groupe de chercheurs francophones, essentiellement de l'Inra, a tout d'abord publié un article de synthèse dans la revue Inra Productions Animales en 2013 (Hocquette *et al.*, 2013).

Un numéro spécial du « Journal of Integrative Agriculture » a publié en 2015 dix articles sur le sujet d'auteurs de différents pays (Chine, Inde, Moyen-Orient, Europe, Etats-Unis, Australie).

Enfin, un article de synthèse paru dans la revue Meat Science (Hocquette, 2016) et différentes opinions exprimées dans les Notes Académiques de l'Académie d'Agriculture de France ont été récemment publiées (Job, 2016 ; This, 2016).

Cette communication se propose de résumer l'ensemble de ces contributions et de décoder les malentendus afin d'expliquer au mieux les différentes opinions concernant la viande artificielle à partir de cellules souches.

## Résultats

La première expertise collective sur la viande artificielle (Hocquette *et al.*, 2013) a conduit à différentes conclusions. Certes, la viande artificielle a en effet le potentiel de réduire le mal-être supposé des animaux qui serait lié à l'élevage et permettrait, de plus, de ne pas abattre les animaux en grand nombre pour les manger. En revanche, l'impact environnemental de la viande artificielle est difficile à estimer car aucune usine de production de viande artificielle n'existe aujourd'hui. Le fait est que les rares études sur le sujet se contredisent. Toutefois, différentes réflexions permettent de supposer que la viande artificielle présenterait un intérêt modéré pour réduire les gaz à effet de serre et la pollution par les nitrates, un intérêt limité quant à l'utilisation des énergies fossiles, voire très limité pour limiter les besoins en eau, mais elle libérerait assurément des terres cultivables car la production se ferait dans des usines de production très localisées. Cependant, on peut supposer que des résidus de molécules de synthèse nécessaires pour la culture des cellules souches (hormones, facteurs de croissance, antibiotiques, etc) se retrouveraient probablement dans

les eaux usées issues des unités de production. De plus, il est possible qu'il soit nécessaire de revenir régulièrement vers les animaux pour renouveler les cellules souches.

Les trois premiers articles du numéro spécial de « Journal of Integrative Agriculture » (2015) ont notamment considéré les aspects techniques. Les promoteurs de la viande artificielle sont conscients des enjeux technologiques pour une production de masse de viande artificielle à moindre coût. Cependant, d'autres auteurs estiment que cela n'est pas vraiment possible dans l'état actuel de la recherche sauf en cas de rupture technologique très importante.

Quatre autres articles se sont intéressés au potentiel de la viande artificielle pour résoudre les enjeux sociétaux mentionnés précédemment. Une équipe d'auteurs chinois a indiqué que la Chine est particulièrement concernée par ces enjeux en raison de sa population humaine importante, et de la nécessité de protéger l'environnement. De ce fait, de leur point de vue, des substituts de viande sont nécessaires et parmi eux, la production de viande artificielle a un grand potentiel. La plupart des auteurs partagent les avantages potentiels de la viande artificielle (la sécurité alimentaire, un impact carbone supposé plus faible, un respect plus grand de la vie animale mais aussi une nutrition humaine supposée optimisée), mais pensent en même temps que de nombreux problèmes doivent tout d'abord être résolus que ce soit sur le plan technologique (production de masse), économique (faible prix) ou social notamment pour que la viande artificielle soit acceptée par les consommateurs. En effet, la viande artificielle ne présente pas d'avantages évidents à l'échelle individuelle (ce qui est un frein à son acceptation) même si les avantages collectifs pour la société (impact environnemental potentiellement plus faible, respect de la vie des animaux) sont bien compris. De plus, comme avec la plupart des nouvelles technologies, des problèmes imprévus et donc non anticipés sont probables. Le degré d'incertitude associé aux nouveaux produits est toujours élevé, et de ce fait, des évaluations en continu (notamment environnementales et sanitaires) seront nécessaires en préalable à tout développement commercial.

Les trois derniers articles du numéro spécial du « Journal of Integrative Agriculture » se sont intéressés à la dimension sociale de cette problématique. Certains auteurs considèrent que la presse occidentale attirée par les technologies révolutionnaires présente une vision biaisée de la question en sous-estimant les difficultés notamment d'acceptation sociale. Une enquête auprès de scientifiques et d'étudiants de tous les pays du monde confirme que l'acceptation sociale de la viande artificielle sera difficile : bien que la majorité des personnes interrogées considère que la technologie est réaliste et faisable, aucune majorité ne se dégage pour penser que la viande artificielle sera satisfaisante sur le plan sensoriel ou nutritionnel ou que la viande artificielle va réellement contribuer à résoudre les problèmes de dégradation de l'environnement ou de bien-être animal. L'acceptation de la viande artificielle est notamment influencée par le degré de confiance des consommateurs dans la science mais l'absence de naturalité du produit et les inquiétudes au sujet des mécanismes de contrôle, de transparence et de gouvernance de la production de viande artificielle sont bien réels.

## Discussion

Ces analyses et opinions de différents auteurs ne sont pas de nature à critiquer les progrès scientifiques dont les avancées sont toujours insoupçonnées sur le long terme. Certes, il est difficile de prévoir l'état des connaissances scientifiques et techniques d'ici quelques dizaines d'années comme le souligne Job (2016) et il est fort probable que le coût de production de la viande artificielle va fortement diminuer. Cependant, force est de constater une certaine unanimité dans le monde scientifique pour penser que les obstacles technologiques pour produire de la viande artificielle à bas coût à partir de cellules souches sont très élevés, et en tout cas plus élevés que pour produire des burgers à base de protéines végétales qui sont aujourd'hui commercialisés.

Il existe aussi une certaine unanimité dans le monde scientifique pour penser que le mode de production de protéines à des fins alimentaires va se complexifier avec la production d'une grande diversité de protéines (i) à partir de différentes sources (plantes, champignons, insectes etc), (ii) suite à une forte évolution des méthodes d'élevage qui vont très probablement s'appuyer sur les principes de l'agroécologie et/ou sur de nouvelles biotechnologies (clonage, etc) (Bonny *et al.*, 2015 ; Job, 2016) et (iii) avec de nouvelles approches comme la cuisine « note à note » (qui produit des aliments à partir de composés purs) (This, 2016). Il existe d'ailleurs déjà de très nombreux substituts de viande sur le marché.

## Conclusion

La communauté scientifique est sceptique quant à la possibilité technique de produire dans un futur proche de grandes quantités de viande à partir de la culture de cellules même si cela est possible à long terme. Cette même communauté souligne aussi le rôle joué par les médias pour plébisciter ce type de viande artificielle alors que les consommateurs interrogés restent en majorité sceptiques. De nombreuses autres solutions pour nourrir l'humanité tout en respectant l'environnement et les animaux sont possibles et souvent plus prometteuses à court terme que la culture de cellules.

## Références bibliographiques

- Bonny *et al.*, (2015). Journal of Integrative Agriculture, 14(2), 255–263.  
Job D. (2016). Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France (N3AF), 5bis, 1-2.  
Hocquette J.-F., Mainsant P., Daudin J.-D., Cassar-Malek I., *et al.* (2013). INRA Productions Animales, 26, 4, 363-374.  
Hocquette J.F., 2016. Meat Science, 120, 167–176.  
Journal of Integrative Agriculture, Special Focus: Discussions on Artificial Meat. 2015 Vol. 14 No. 2, 206-294.  
This H., 2016. Notes Académiques de l'Académie d'agriculture de France (N3AF), 6, 1-8.

# DISPOSITION DU CONSOMMATEUR SUISSE A PAYER POUR LES ŒUFS ET LA VIANDE DE VOLAILLES A DEUX FINS

GANGNAT I.D.M.<sup>1</sup>, MUELLER S.<sup>1</sup>, KREUZER M.<sup>1</sup>, SIEGRIST M.<sup>2</sup>, VISSCHERS V.H.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ETH Zurich, Institut des Sciences Agricoles, 8092 Zurich, SUISSE

<sup>2</sup> ETH Zurich, Institut pour les Décisions Environnementales, 8092 Zurich, SUISSE

isabelle.gangnat@usys.ethz.ch

**Abstract: Swiss consumers' willingness to pay for eggs and chicken from dual-purpose poultry**

Systematic killing of day-old male chicks from layer breeds is a questionable practice but alternatives are limited. One is the use of dual-purpose poultry, although the smaller size of the products and their higher price make their acceptance by consumers uncertain. This study was aimed at finding the leverages influencing consumers' willingness-to-pay for dual-purpose poultry products. A survey was conducted on 402 consumers in Swiss supermarkets. The results show that most consumers are unaware of the killing of chicks, and that their willingness-to-pay lays below the current price for dual-purpose poultry products. Leverages for the price of eggs are more numerous than for the price of chicken. In both cases, the frequent consumption of organic or free range products is an important leverage, such as a former experience with dual-purpose poultry products. The accompanying organic label might be the key to raise consumers' willingness-to-pay the actual price.

## Introduction

La France compte environ 48 millions de poules pondeuses, ce sont autant de poussins mâles éclos chaque année mais immédiatement abattus. Pour la Suisse, ce chiffre s'élève à 2,5 millions par an. Depuis la spécialisation de l'élevage des volailles vers la ponte ou l'engraissement, les mâles issus des races pondeuses n'ont pas d'utilité de par leur trop faible rendement en viande. Une alternative serait le sexage dans l'œuf afin de n'accouper que les œufs femelles. Cette technique n'est cependant pas encore aboutie et la pression des médias et des consommateurs continue à monter (Die Welt, 2016). Une autre alternative serait l'utilisation d'animaux capables de fournir à la fois des œufs et de la viande dans des proportions satisfaisantes. Depuis 2014, des œufs et de la viande de volailles dites « poule à deux fins » (PàDF) sont disponibles dans certains supermarchés suisses. Cependant, les œufs et les poulets sont plus petits que les produits conventionnels (respectivement -15 et -25%; données internes). Les performances de ponte et de croissance sont aussi réduites. Ceci conduit à un coût supérieur des produits de la PàDF pour des produits d'un aspect inusuel. La disposition du consommateur à payer pour ces produits est donc questionable. L'étude présente s'est intéressée aux facteurs influençant la disposition du consommateur à payer pour ces produits.

## Matériel et méthodes

La disposition du consommateur à payer pour les œufs et la viande de PàDF a été évaluée au moyen d'un questionnaire. Les participants ont été recrutés dans huit supermarchés suisses (quatre en Suisse romande, quatre en Suisse alémanique, chaque fois deux en campagne et deux en ville). Ceux-ci ont indiqué leur fréquence de consommation de poulet et d'œufs, le type de production acheté le plus fréquemment (*conventionnel* ou *biologique/plein air*) et l'importance de la provenance suisse de ces produits sur une échelle de Likert de cinq points de *pas du tout important* (0) à *très important* (5). Les connaissances techniques des participants sur la production de volailles ont été évaluées par sept affirmations auxquelles il fallait répondre par vrai ou faux. D'autres questions concernant la disposition à payer plus pour une qualité supérieure, la sensibilité pour le respect environnement et l'importance de l'alimentation dans la santé humaine ont été posées avec la possibilité pour les participants de répondre sur cette même échelle de Likert. Les participants ont ensuite été informés sur l'abattage des poussins et la PàDF de manière objective et sans information sur les méthodes d'élevage de la PàDF. Ils ont alors indiqué le prix qu'ils seraient prêts à payer pour six œufs (entre 0 et 8,00 €) ou 1 kg de blancs de poulet (entre 0 et 80 €) issus de la PàDF. Les prix de produits existants étant donnés à titre indicatif (six œufs conventionnel 3,40 € et bio 4,80 € ; poulet conventionnel 33 €/kg et bio 57 €/kg). Enfin, les attentes morales et gustatives des participants pour la PàDF ont été enregistrées sur cette même échelle de Likert.

Au total, six facteurs ont été extraits (SAS 9.3, procédure FACTOR, rotation Varimax) pour représenter 28 questions (Cronbach's  $\alpha > 0.75$ ): *préférence suisse*, *payer plus pour de la qualité*, *sensibilité environnement*, *alimentation santé*, *attentes morales*, *attentes gustatives*. Ces six facteurs ont ensuite été utilisés comme variables explicatives en combinaison de sept autres variables (*âge*, *sexe*, *éducation*, *fréquence de consommation*, *type de production*, *connaissances techniques*, *connaissance préalable de la poule à deux fins*) afin de modéliser la disposition à payer (SAS 9.3, procédure GLMSELECT).

## Résultats

Au total, 402 questionnaires ont été remplis. Seulement 25% des participants savaient que les mâles des races pondeuses étaient tués à l'abattage et seulement 17% connaissaient déjà la PàDF. La disposition à payer pour la PàDF

était de 4,38 ( $\pm$  1,31) € pour six œufs et de 37.4 ( $\pm$  13.1) €/kg de blancs de poulets. Les coefficients de régression obtenus pour les œufs, respectivement pour le poulet, issus de PàDF indiquent des résultats différents pour chaque produit (Tableau 1). Le type de production acheté le plus fréquemment (bio/plein air plutôt que conventionnel) ainsi que le fait d'avoir déjà acheté un produit de PàDF sont les deux seuls facteurs qui influencent la disposition à payer pour les deux produits et ce de manière positive. Il y a également plus de facteurs influençant significativement la disposition à payer pour les œufs que pour le poulet.

Tableau 1. Coefficients de régression pour la disposition à payer

Variable explicative	Disposition à payer pour les œufs de poule à des fins	Disposition à payer pour le poulet de poule à deux fins
Age	-0.011	0.087
Sexe (homme)	-0.030	0.033
Sexe (femme)	-	-
Éducation (haute)	0.073	-0.147*
Éducation (moyenne)	-	-
Éducation (basse)	0.058	-0.112
Fréquence de consommation	0.011	0.000
Type de production acheté	0.224*	0.188*
Connaissances techniques	0.223*	0.125
Préférence suisse	0.109	0.080
Payer plus pour de la qualité	-0.061	0.110
Sensibilité environnement	0.199*	0.105
Aliments santé	-0.233*	-0.056
Attentes morales de la poule à deux fins	0.176*	0.122
Attentes gustatives de la poule à deux fins	0.138*	-0.076
Déjà acheté œufs/poulet de poule à deux fins	0.133*	0.154*
Connait déjà la poule à deux fins	0.043	0.001
Jamais entendu parler de la poule à deux fins	-	-
R <sup>2</sup> ajusté	0.24	0.18

\* $P < 0.05$

## Discussion

La disposition à payer observée ici était plus proche du prix effectif de la PàDF en supermarché pour les œufs (5,95 €) que pour le poulet (environ 70 €/kg). Ceci pourrait être lié au fait que le problème de l'abattage des poussins touche la production d'œufs uniquement, et que les consommateurs sont donc surtout enclins à payer plus pour les œufs issus d'une production alternative plutôt que pour les mâles poulets. Le prix du poulet de PàDF étant évidemment particulièrement élevé. Il semble donc préférable de reporter une part du surcoût dû à l'élevage des poussins mâles sur le prix des œufs. Ces résultats démontrent aussi l'importance de la communication afin d'améliorer les connaissances techniques des consommateurs (la plupart des participants ne savaient pas que les poussins mâles étaient tués). Cependant, le consommateur ignore parfois volontairement les problèmes de bien-être animal ou reporte cette responsabilité sur les autorités publiques (Harper and Henson, 2001), ce qui pourrait nuire à l'efficacité de campagnes d'information. Puisque les participants disposés à payer plus sont aussi des consommateurs de bio/plein air, cette méthode de production devrait aussi être choisie pour la PàDF, ce qui est le cas pour les produits de PàDF actuellement disponibles en supermarché en Suisse.

## Conclusion

Le problème de l'abattage des poussins mâles est peu connu du public, malgré les pressions des associations de défense des animaux. La disposition à payer des répondants n'a pas atteint le prix de vente actuel des produits de la PàDF, il est cependant possible à la vue des résultats présents que le label d'agriculture biologique actuellement porté par les produits de la PàDF soit un levier essentiel. Une meilleure information des consommateurs pourrait également être faite pour augmenter la disposition à payer. Différentes méthodes de communication sont actuellement à l'étude.

## Remerciements

Cette étude a été supportée par le COOP Research Program du World Food System Center de l'ETH de Zurich, par la fondation ETH et le Bureau Fédéral de l'Agriculture. Les supermarchés d'accueil et les participants sont également chaleureusement remerciés.

## Références bibliographiques

Die Welt. (2016). Gericht: Töten männlicher Eintagsküken ist mit Tierschutzgesetz vereinbar, article du 20.05.2016.  
Harper G. et Henson H. (2001). Final Report EU FAIR CT98-3678.

# CONSOMMATION DE VIANDE : APPORTS DE LA SOCIOLOGIE A L'ANALYSE DES CONTROVERSES

BOUTIN B.<sup>1,3</sup>, LEGENDRE V.<sup>1</sup>, SANS P.<sup>2</sup>, BARREY S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IFIP, Toulouse, France

<sup>2</sup> ALISS UR1303, Université de Toulouse, INRA, ENVT, Toulouse, France

<sup>3</sup> Université de Toulouse 2, Toulouse, France

vincent.legendre@ifip.asso.fr

## Abstract: Meat consumption: contribution of sociology to the analysis of controversies

Debates on meat product consumption have regularly emerged in the French society over the last decade. They involve different stakeholders (producers, meat industry, retailers, animal welfare or environmental non-governmental associations...) that exchange a set of arguments concerning the impact of livestock production and meat consumption. In the framework of a network devoted to the economic analysis of animal product sectors, the authors carried out a general analysis of the different controversies regarding meat consumption in order to propose a mapping of the main stakeholders' points of views. Secondly, a focus on the animal slaughtering controversy was performed. The objective of this paper was to highlight how a sociological approach can be useful for professionals to have a better understanding of the emergence and development of a controversy.

## Introduction

La consommation de viande est l'objet de nombreuses publications dans des journaux scientifiques ou dans les médias généralistes. La base de données Europresse recense plus de 2 500 articles sur le sujet sur les deux dernières années en France. Cette dynamique est notamment portée par les questions mises en débat dans l'espace public relatives à la place des produits carnés dans notre régime alimentaire : santé, environnement, bien-être animal... Dans le cadre du RMT « Economie des filières animales », regroupant les différents instituts techniques animaux et des chercheurs, un travail d'analyse des controverses et des critiques autour de la consommation de viande a été entrepris, avec l'appui de sociologues. Cette contribution a pour objectif de montrer comment la sociologie peut contribuer à éclairer les controverses sur la consommation de viande, par l'analyse des transformations sociales induites par celles-ci, et de présenter quels sont les travaux entrepris par le RMT. Les résultats compléteront des travaux en cours sur les controverses autour de l'élevage (Delanoue et Roguet, 2015).

## 1. Analyse des controverses : pourquoi ? Comment ?

La sociologie montre plusieurs lectures possibles des controverses.

- Une première consiste à qualifier l'adversaire d'irrationnel ou de le soupçonner d'être porté par une idéologie. Elle n'est pas utile au sociologue car, alimentant la polémique, elle n'aide en rien à l'identification de l'effet des arguments de l'émetteur et de leurs actions sur la société et ne permet pas de comprendre les transformations qu'ils provoquent.
- Une deuxième lecture des controverses s'apparente à une opération de « dévoilement ». Elle est plus souvent utilisée par les militants pour qui les justifications de leurs adversaires n'ont qu'un seul but, celui de protéger leurs intérêts économiques. Elle ne permet pas non plus d'appréhender la controverse pour elle-même (Lemieux, 2007).
- Une troisième approche souvent qualifiée de « pragmatique » (Callon *et al.*, 2001) enseigne qu'une controverse prend racine dans une (ou des) incertitude(s) (Devons-nous continuer à manger de la viande ?) et adopte une forme singulière en fonction des acteurs qui y participent, des alliances qui s'y forment, des problèmes soulevés et de leurs articulations, de sa dynamique... Dès lors, l'analyse d'une controverse suppose dans un premier temps l'identification des acteurs, de leur identité et leurs intérêts, en sachant que ces trois éléments sont susceptibles d'évoluer dans le temps. Il s'agit ensuite de dresser un inventaire des problèmes en discussion et des connexions possibles avec d'autres problèmes émergents (qu'est ce qui fait débat autour de la consommation de viande ?). Enfin, chaque acteur avançant ses arguments face à ces problèmes, les controverses nous permettent d'avoir accès aux différentes options proposées par chacun (les différents « mondes possibles »). Dans cette approche, les controverses sont considérées comme « *des actions collectives conduisant à la transformation du monde social* » qui « *constituent [...] des moments de renversement potentiel des rapports et des croyances jusqu'alors institués* » (Lemieux, 2007) : les acteurs échangent des arguments et des « coups » qui modifient l'ordre social et les perceptions collectives puisqu'ils font apparaître de nouvelles incertitudes ou des nouveaux problèmes qui vont faire émerger, eux-mêmes, de nouveaux acteurs ou en pousser certains à conduire de nouvelles recherches et donc à produire de nouveaux savoirs (Callon *et al.*, 2001) (quelles sont les transformations sociales qui accompagnent les controverses sur la consommation de viande ?). C'est cette approche pragmatique qui a été utilisée pour mieux comprendre les débats autour de la consommation de viande.

D'un point de vue pratique, étudier les controverses suppose :

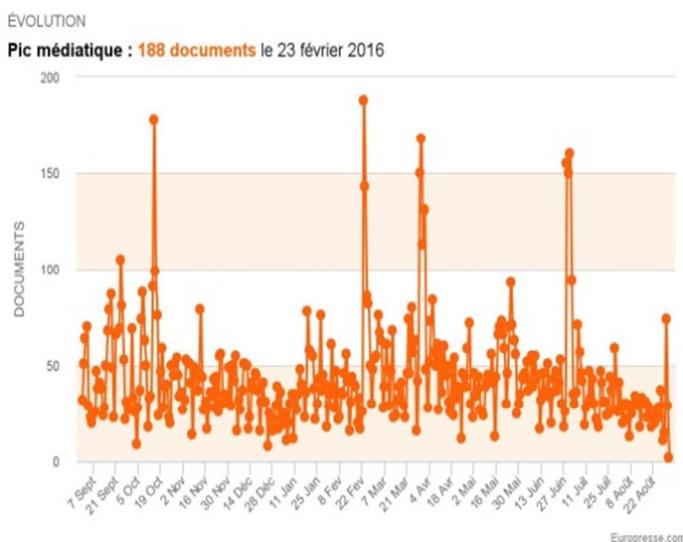
- d'identifier des séquences temporelles courtes (appelée « épreuves »), liées les unes aux autres, qui vont servir d'unité d'analyse de la trajectoire et de la dynamique des controverses (Chateauraynaud et Torny, 1999).

- d'adopter le principe de symétrie, c'est-à-dire de prendre avec le même sérieux les arguments de chaque acteur, dans la mesure où le dénouement de la controverse est incertain.
- de s'intéresser au processus qui conduit à l'émergence et à la diffusion des arguments de chacun des acteurs (quels sont les problèmes que la consommation de viande suscite dans l'espace public ?), notamment par le biais du traitement médiatique des prises de position.

## 2. Un exemple d'approche pratique d'une controverse : l'abattage des animaux de boucherie

Les travaux du groupe ont été conduits en deux étapes. Le premier volet consiste en un inventaire général mettant en lumière les acteurs, les problèmes et les mondes possibles de l'ensemble des controverses qui gravitent autour de la consommation de viande grâce à la constitution d'un corpus documentaire (articles de presse généraliste, reportages et débats télévisuels, rapports et études mis en avant par les professionnels, les scientifiques et les militants...) Ce travail a été complété par la réalisation d'entretiens auprès de responsables professionnels de l'aval des filières (abattage/transformation, grande distribution et restauration collective), de représentants d'interprofession ou d'organismes de médiation ainsi que de deux consommateurs végétariens. Sur cette base une cartographie globale a été élaborée montrant les principaux points de débat et leurs caractéristiques. Elle ambitionne de rendre plus lisible une situation complexe et de montrer des pistes à approfondir.

A la suite de cette phase exploratoire, une controverse particulière en pleine évolution a été analysée plus en détail : la question de l'abattage des animaux. Un second corpus a été constitué, formé de l'ensemble des journaux télévisés du soir des 4 principales chaînes nationales généralistes gratuites ainsi que des articles de grands quotidiens nationaux de la presse généraliste en utilisant le mot-clé « abattoir ». Les entretiens de la phase exploratoire ont également été mobilisés pour explorer cette controverse particulière.



**Figure 1** : Nombre de publications avec le mot "abattoir" depuis septembre 2015 (source : Europresse).

La Figure 1 présente, d'après Europresse, le nombre d'articles répertoriés contenant l'occurrence « abattoir » dans la presse française de début septembre 2015 à fin-août 2016.

Les pics de publication d'articles sur les abattoirs correspondent aux dates de diffusion des vidéos de l'association L214. Chacun de ces pics indique une nouvelle épreuve qui va venir redistribuer l'identité des acteurs et redéfinir ce qui fait problème autour de l'abattage des animaux. La problématisation de la question de l'abattage va venir façonner les réponses à apporter et donc, la manière dont va se clôturer la controverse. Peut-on régler le problème de manière technique ou faut-il prendre des décisions politiques ? L'analyse des controverses suggère que le seul point de vue techniciste pour résoudre les problèmes formulés par les différents acteurs est insuffisant. Les techniques embarquent avec elles des aspects politiques, économiques, éthiques et juridiques que seules des décisions d'ordre politique peuvent résoudre.

### Conclusion

Les controverses témoignent de l'existence de conflits entre des acteurs de différentes natures. Elles permettent de révéler les sujets auxquels une partie de la société est sensible. A condition de dépasser la tentation de dénigrer l'opinion contraire, leur analyse peut permettre aux professionnels des filières de mieux comprendre les attentes sociétales et d'avoir un retour réflexif sur leur propre activité en prenant en compte l'image qu'ils renvoient.

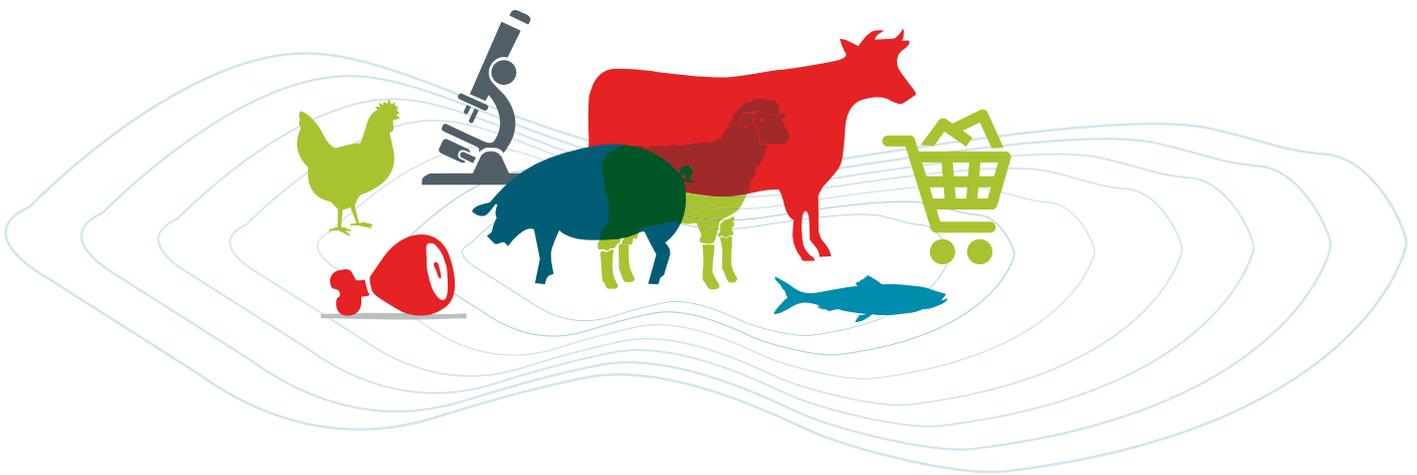
Face à un sujet complexe, aux tenants et aboutissants multiples, les premiers travaux entrepris dans le cadre du RMT ont pour objectif de mieux comprendre les caractéristiques des controverses. La cartographie globale nécessitera d'être approfondie, notamment pour mieux comprendre les processus de médiatisation des arguments. Enfin, la question de l'influence qu'ont les aspects controversés sur le comportement des consommateurs face à la viande est cruciale.

### Références bibliographiques

- Callon M., Lascoumes P., Barthe Y. (2001) Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique, Edition du Seuil.
- Chateauraynaud F., Torny D. (1999), Les sombres précurseurs : Une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque, EHESS.
- Delanoue E. et Roguet C. (2014) Acceptabilité sociale de l'élevage en France. Recensement et analyse des controverses. GIS Elevage Demain, 87 p.
- Lemieux C. (2007). A quoi sert l'analyse des controverses ? Mil neuf cent. Revue d'histoire intellectuelle, n° 25.



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 2**

**« Maitrise de la qualité sanitaire  
des aliments carnés : la dualité  
des microorganismes »**



# ETUDE DE LA REPARTITION DES *ESCHERICHIA COLI* O157:H7 DANS LES MELEES DE VIANDE HACHEE ET CONSEQUENCES SUR LA FIABILITE DES PLANS D'ECHANTILLONNAGE

BIECHE-TERRIER C. <sup>1</sup>, LOUKIADIS E. <sup>2</sup>, MALAYRAT C. <sup>3</sup>, FERRE F. <sup>2</sup>, AUGUSTIN J. C. <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Elevage, Service Qualité des Viandes, F-14310 Villers-Bocage, France

<sup>2</sup> Laboratoire d'études des Microorganismes Alimentaires Pathogènes (LMAP) / LNR pour les STEC, VetAgro Sup - Campus vétérinaire de Lyon, Bâtiment Galtier / LNR, F-69280 Marcy l'Etoile, France

<sup>3</sup> Institut de l'Elevage, Laboratoire d'analyse et de technologie des produits, F-14310 Villers-Bocage, France

<sup>4</sup> Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, F-94704 Maisons-Alfort, France

clemence.bieche@idele.fr

**Abstract: Distribution of *Escherichia coli* O157:H7 in ground beef: assessing the clustering intensity for an industrial-scale grinder and a low and localized initial contamination**

To improve the risk assessment for *E. coli* O157:H7 in ground beef, and more precisely to evaluate the probability of detection of these pathogenic bacteria in this food matrix, pilot scale experiments were conducted to study the distribution of *E. coli* O157:H7 in ground beef. After several genetic transformations to lead to a non-pathogen fluorescent *E. coli* O157:H7 strain, the EDL 933  $\Delta$ stx pGfp AmpR strain was inoculated on a 50 g piece of meat (to achieve a 10 cfu/g to 100 cfu/g final concentration in the mixture), which was used to produce 25 kg of ground meat. At the end of a 3-step processing, ground beef was sampled (60 samples) to enumerate working strain bacteria. This procedure was repeated three times with 25 kg of chilled meat and three times with 8 kg of frozen meat mixed with 17 kg of chilled meat.

The results of the bacterial enumerations recovered from ground meat were used to adjust gamma distributions and deduce the "clustering" parameter  $b$  which characterizes the bacterial distributions in this food matrix. The results show that these distributions were characterized by  $b$ -values ranging from 1 to 2, which match with a moderately homogeneous distribution of STEC in ground meat at the end of the processing but not a perfectly random distribution.

## Introduction

Les *Escherichia coli* entérohémorragiques (EHEC), dont la plus fréquente est *E. coli* O157:H7, sont des bactéries pathogènes alimentaires dont les infections et les complications (Syndrome Hémolytique et Urémique) peuvent être graves, particulièrement pour les enfants. Les épidémies dues à ce pathogène sont souvent liées à la consommation de viande de bœuf hachée (VH). Afin d'améliorer la sécurité sanitaire de ce produit vis-à-vis des EHEC en France, l'ANSES travaille depuis des années sur une analyse quantitative des risques qui a permis notamment de mettre en évidence le manque de données concernant la répartition des EHEC au sein de mêlées de VH industrielles (Anses, 2011).

La présente étude a été menée dans l'objectif de combler cette lacune, en acquérant des données techniques permettant la caractérisation précise de la distribution des EHEC présents en faible quantité dans les VH. Ceci permettra d'améliorer la précision des modèles statistiques développés pour la détection de ces pathogènes dans cette matrice alimentaire.

## Matériel et méthodes

Une souche de travail a été créée à partir de la souche O157:H7 EDL 933 responsable d'une épidémie en 1983 et bien caractérisée depuis. Des transformations génétiques successives ont permis d'obtenir une souche non pathogène, fluorescente et facilement différenciable des autres EHEC qui pourraient être présents dans la viande naturellement. Ainsi, après délétion des gènes *stx* (codant pour la shigatoxine) et introduction du plasmide pGfp (Green fluorescent protein plasmid) contenant une cassette de résistance à l'ampicilline, la souche EDL 933  $\Delta$ stx pGfp AmpR a été obtenue (Fratamico et al. 1997).

Six mêlées de 25 kg de VH, calibrées à 15% de matières grasses, ont été fabriquées à l'échelle pilote lors de répétitions indépendantes, selon un procédé en 3 étapes réalisé à température de réfrigération (hachage primaire à 8 mm de granulométrie, mélange standardisé avec ajout de neige carbonique et hachage secondaire à 3 mm de granulométrie). Au préalable, un lambeau de viande d'environ 50 g de chaque mélange de viande pour hacher (VPH) a été inoculé avec la souche de travail par dépôt d'une goutte de 10  $\mu$ l de suspension (simulation d'une contamination « spot »), afin d'obtenir une concentration d'EHEC de 10 à 100 ufc/g de VH dans les mêlées finales. Soixante prises d'essais ont été prélevées dans chaque mêlée en fin de procédé (20 fois 5 g, 25 g et 100 g) pour dénombrer la souche de travail (méthodes de dénombrement sur géloses LB et NPP avec ajout d'ampicilline à 100  $\mu$ g/ml de milieu de culture pour sélectionner la souche EHEC transformée). Six répétitions indépendantes ont été réalisées : 3 avec uniquement de la VPH réfrigérée et 3 avec un mélange d'1/3 de VPH surgelée et 2/3 de VPH réfrigérée. Les résultats des dénombrements de la souche de travail dans les mêlées ont été utilisés pour ajuster des distributions Poisson-

gamma et en déduire le paramètre statistique de forme des distributions  $b$  (« clustering »), qui caractérise la répartition des EHEC au sein des mēlées (Flores et al., 2004 ; Jongenburger et al., 2011)

## Résultats et discussion

Les estimations des paramètres  $b$  réalisées à partir des résultats des dénombrements de la souche de travail *E. coli* O157:H7 EDL 933  $\Delta$ stx pGfp AmpR dans chaque prise d'essai des 6 mēlées réalisées, ainsi que les taux de recouvrement de la souche de travail pour chaque répétition sont présentés dans le tableau 1. Les résultats obtenus sont similaires entre les répétitions, quelle que soit la présentation des VPH ([100% réfrigérées] ou [2/3 réfrigérées + 1/3 surgelées]) avant le hachage primaire.

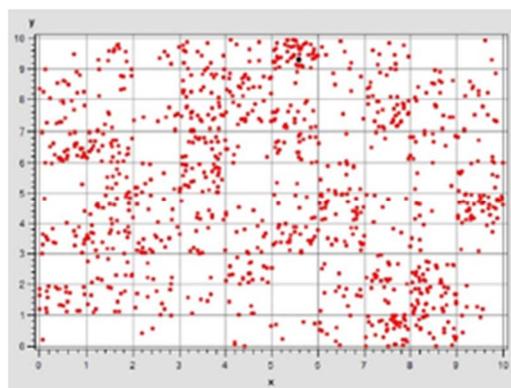
**Tableau 1 :** Estimation des paramètres  $b$  décrivant la dispersion des EHEC transformées dans les mēlées de VH, et taux de recouvrement de ces bactéries par rapport aux concentrations introduites par répétition

Répétitions	Présentation des VPH	Paramètres $b$	Concentrations de EHEC recouvrées (ufc/g) <sup>#</sup>	Concentrations de EHEC présentes dans les mēlées (ufc/g) <sup>**</sup>	Taux de recouvrement
1	100% réfrig.	1.3	0.3	9	4%
2	100% réfrig.	1.5	0.9	10	9%
3	100% réfrig.	1.1	27	98	27%
4	2/3 réfrig. + 1/3 surg.	1.6	18	97	19%
5	2/3 réfrig. + 1/3 surg.	1.0	14	117	12%
6	2/3 réfrig. + 1/3 surg.	1.1	4.0	47	8%

<sup>#</sup> : « EHEC » désigne dans ce tableau les bactéries de la souche de travail *E. coli* O157:H7 EDL 933  $\Delta$ stx pGfp AmpR

<sup>\*</sup> : Concentrations évaluées à partir de lambeaux de VPH témoins inoculés parallèlement à ceux utilisés pour la contamination des mēlées

Les distributions Poisson-gamma ont été correctement ajustées aux données expérimentales avec des paramètres  $b$  compris entre 1 et 1,6. Ceci traduit une distribution des EHEC dans les mēlées de VH réfrigérées qualifiée de « moyennement homogène », comme illustrée dans la figure 1 (Anses, 2011). Les taux de recouvrement des bactéries de la souche de travail sont en moyenne de 13%. Le fait de ne pas retrouver la majorité des bactéries inoculées peut s'expliquer soit par une perte de viabilité des bactéries, soit par la présence d'amas bactériens en certains points de la mēlée. Cette deuxième hypothèse ne remettrait pas en cause la détectabilité des contaminations en EHEC dans les VH, grâce aux bactéries dispersées dans la mēlée, dont la répartition est aujourd'hui connue.



**Figure 1 :** Illustration de la distribution de bactéries selon une valeur du paramètre  $b$  égale à 1

## Conclusion

La répartition des EHEC dans les mēlées de VH peut être caractérisée par un paramètre  $b$  compris entre 1 et 2, correspondant à une répartition dite « moyennement homogène ». Bien que n'atteignant pas une homogénéité aléatoire parfaite, ce type de distribution permet néanmoins une bonne détection des contaminations en EHEC dans cette matrice alimentaire : la simulation statistique montre qu'une mēlée contaminée par des EHEC à hauteur de 1 ufc/g dont la répartition est décrite par un paramètre  $b$  égal à 1, aurait plus de 95% de chance d'être identifiable dès l'analyse d'une prise d'essai de 25 g, composite ou non (les échantillons composites augmentant les chances de détection).

L'estimation du paramètre  $b$  va pouvoir être utilisée dans les modèles d'estimation du risque développés par l'ANSES et ainsi améliorer la maîtrise du risque des EHEC dans les mēlées de VH produites en France.

## Références bibliographiques

Anses, 2011. Avis du 11/01/2011 relatif à la révision et à la définition des *E. coli* entéro-hémorragiques (EHEC) majeurs typiques, à l'appréciation quantitative des risques liés à ces bactéries à différentes étapes de la chaîne alimentaire, selon les différents modes de consommation des steaks hachés, et à la prise en compte du danger lié aux *E. coli* entéro-pathogènes (EPEC) dans les aliments.

Flores R. A., Stewart T. E. (2004) JFS: Food Microbiol & Safety 69: 121-126.

Fratamico P. M., Deng Y., Strobaugh, P., Palumbo, S. A. (1997). J Food Prot 60:1167-1173.

Jongenburger I., Reij M. W., Boer E. P. J., Gorris L. G. M., Zwietering M. H. (2011). Food Control 22: 1448-1455.

# INFLUENCE DE LA FORMULATION SUR L'ECOSYSTEME BACTERIEN DES SAUCISSES FRAICHES DE PORC

BOUJU A., GUILLOU S., REMENANT B., PILET M.F.

UMR 1014 SECALIM, INRA, Oniris 44307 NANTES, France

agnes.bouju@oniris-nantes.fr

## Abstract: Influence of formulation on the bacterial ecosystem of fresh pork sausages

The bacterial communities were characterized in two sausage formulations containing preservatives or not. Conventional microbiological analysis and a high-throughput 16S rDNA amplicon sequencing method were performed in several meat batches conditioned under modified atmosphere (70% oxygen; 30% carbon dioxide) at chilled storage. In addition, meat pH, color, and gas composition of the packaging headspace were monitored until the end of the shelf-life. During storage, whatever the formulation, populations of *Pseudomonadaceae* and *Enterobacteriaceae* were stable, whereas the mesophilic microbiota, *Brochothrix thermosphacta* and lactic acid bacteria increased from 4-5 log CFU/g. The evolution of physicochemical parameters (pH, package gas composition) was similar in all samples. In the preservative-free formulation, a higher microbial diversity was observed. At the end of the shelf-life, preservatives seemed to limit *Brochothrix* development by promoting a selection pressure towards *Lactobacillus curvatus/graminis* and *Leuconostoc mesenteroides*. The latter could represent good candidates for bioprotective flora.

## Introduction

A l'heure actuelle, afin de répondre à la demande des consommateurs, les industriels doivent avoir recours à des solutions alternatives à l'utilisation de conservateurs dans les aliments pour l'élaboration de produits plus sains et naturels. L'utilisation d'antimicrobiens naturels, ou l'ajout d'une flore protectrice sont autant de pistes envisagées pour maintenir ou allonger la durée de vie des produits alimentaires en l'absence de conservateurs. Ces solutions peuvent avoir divers impacts sur la qualité microbienne du produit. Dans cette étude, deux formulations de saucisses fraîches de porc avec et sans conservateurs ont été étudiées. L'objectif de ce travail était d'évaluer l'impact de la formulation sur l'écosystème bactérien et sur les paramètres physico-chimiques des saucisses, afin d'identifier la flore bactérienne potentiellement responsable des altérations, dans le but de cibler une méthode de conservation alternative à l'utilisation de conservateurs.

## Matériel et méthodes

L'étude a porté sur 5 journées de production (A, B, C, D, E) de deux formulations de saucisses, l'une sans conservateurs (CLEAN) et l'autre contenant des conservateurs : le lactate de potassium et l'acétate de sodium (LACTATES). Les saucisses ont été emballées par lots de six, sous atmosphère protectrice (70% d'oxygène ; 30% de dioxyde de carbone) et envoyées au laboratoire, à 4°C, le jour de leur élaboration. A réception, les barquettes ont été conservées à 4°C pendant 8 jours puis à 8°C jusqu'à la fin de l'expérimentation (norme AFNOR V01-003). La couleur mesurée dans l'espace colorimétrique ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), le pH, les teneurs en gaz dans les barquettes ont été mesurés à J1, J12, J15 et J19. Les caractéristiques sensorielles ont également été notées (évolution de la couleur et de l'odeur). Des dénombrements de la flore aérobie mésophile totale (FMT), de la flore lactique anaérobie (FL), des Entérobactéries, des *Pseudomonas sp.* et des *Brochothrix thermosphacta* ont été réalisés à J1, J12 et J15 sur 3 lots (C, D et E). Une identification de 5 colonies bactériennes prélevées par milieu de culture à J12, sur le lot C, a été réalisée par séquençage de l'ADNr 16S. Enfin, l'analyse métagénomique de l'écosystème bactérien des saucisses à J12, date limite de consommation, a été réalisée par pyroséquençage de l'ADNr 16S (technologie 454, Roche) (Chaillou *et al.*, 2015).

## Résultats

Au cours de leur conservation, les caractéristiques sensorielles se sont modifiées de manière plus rapide et intense dans la formulation CLEAN. Les changements les plus fréquemment observés étaient associés à la couleur, l'odeur, et la texture de la viande, ainsi qu'au gonflement des barquettes. Malgré une légère différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les formulations, les paramètres physico-chimiques ont évolué de la même manière : l'oxygène, l'indice de rouge ( $a^*$ ), l'indice de jaune ( $b^*$ ) et le pH ont diminué tandis que le dioxyde de carbone a augmenté. Les mesures de clarté (indice  $L^*$ ) n'ont pas permis de dégager une tendance (valeurs similaires). Les populations d'Entérobactéries et de *Pseudomonas sp.* se sont maintenues à 2,3 et 3,5 log UFC/g tandis qu'une augmentation significative des populations de *B. thermosphacta*, de FMT et de FL a été observée. L'identification de 36 isolats par séquençage de l'ADNr 16S a permis de mettre en évidence une prédominance de bactéries lactiques à J12 dans les deux formulations. La diversité des espèces bactériennes

semblait plus importante dans la formulation CLEAN avec 4 espèces identifiées (*Lactobacillus fuchuensis*, *Lactobacillus curvatus/graminis*, *Leuconostoc carnosum*, *Leuconostoc gelidum subsp. gasicomitatum*) alors que deux espèces ont été identifiées dans la formulation LACTATES (*Lactobacillus curvatus/graminis* et *Leuconostoc carnosum*). Cette diversité a été confirmée par l'analyse de l'écosystème bactérien des saucisses par pyroséquençage, qui révèle également que les flores majoritaires varient selon le type de formulation (Figure 1).

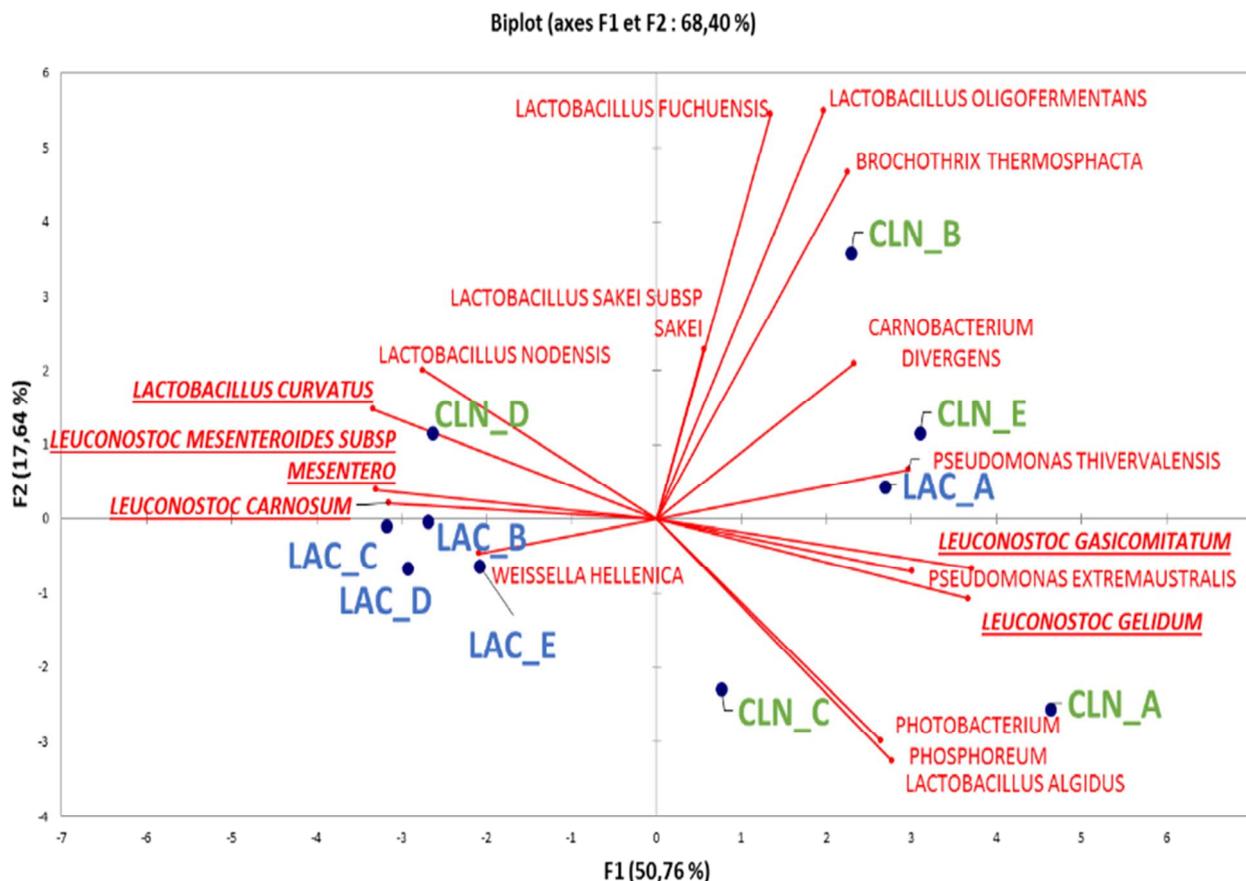


Figure 1 : Représentation en ACP de la répartition des lots en fonction des espèces prédominantes.

## Discussion

L'évolution de la population bactérienne et des paramètres physico-chimiques dans les saucisses a montré de faibles différences entre les deux formulations au cours de leur conservation à basse température. L'altération des saucisses de la formulation CLEAN est apparue de manière plus précoce que dans la formulation LACTATES et s'est caractérisée par une modification de la couleur (plus pâle et grisonnante) et de la texture de la viande (plus compacte). Les bactéries lactiques et *B. thermosphacta* étaient dominants au moment de l'altération, ce qui a souvent été mis en évidence dans les études sur saucisses fraîches (Cocolin *et al.*, 2004 ; Dias *et al.*, 2013). Cependant l'étude de l'écosystème bactérien a montré d'une part une plus grande diversité dans la formulation CLEAN, et d'autre part que les lactates semblaient limiter le développement de *B. thermosphacta* et favoriser la prédominance de *L. curvatus/graminis* et *L. mesenteroides*.

## Conclusion

La présence de conservateurs dans les saucisses n'a pas d'impact majeur sur les caractéristiques physico-chimiques des saucisses ni sur les indicateurs microbiologiques classiquement utilisés pour évaluer la qualité. La description de l'écosystème microbien a, en revanche, permis de montrer une tendance dans la sélection des flores majoritaires par la présence de conservateurs. Les deux espèces de bactéries lactiques prédominantes dans cette formulation pourraient être de bons candidats pour une utilisation en biopréservation, à condition de vérifier leur impact sur les qualités organoleptiques du produit.

## Références bibliographiques

- Chaillou *et al.* (2015). The International Society for Microbial Ecology Journal, 9, 1105-1118  
 Cocolin *et al.* (2004). Applied and Environmental Microbiology, 70, 1883-1894.  
 Dias *et al.* (2013). Food Science Technology, 33, 468-474.  
 Norme AFNOR V01-003 : Lignes directrices pour la réalisation des tests de vieillissement microbiologique.

# UTILISATION D'UN FERMENT PRODUCTEUR DE MONOXYDE D'AZOTE COMME ALTERNATIVE AUX SELS NITRITES ?

RAS G.<sup>1,2</sup>, ZULIANI V.<sup>2</sup>, DERCK P.<sup>3</sup>, SEIBERT T. M.<sup>4</sup>, TALON R.<sup>1</sup>, LEROY S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA, UR454 Microbiologie, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup>CHR. HANSEN SAS, 91290 Saint Germain lès Arpajon, France

<sup>3</sup>CHR. HANSEN A/S, 2970 Hørsholm, Denmark

<sup>4</sup>CHR. HANSEN GmbH, 35415 Pohlheim, Germany

sabine.leroy@clermont.inra.fr

**Abstract: The use of a nitric oxide-producing starter culture as an alternative to the curing nitrite salt?**

*Staphylococcus xylosum*, a coagulase-negative *Staphylococcus* is usually used as a starter culture in meat products. It contributes to the reduction of nitrate to nitrite through its nitrate reductase activity that is crucial for color development. Nitrite is reduced to nitric oxide (NO), which binds to the meat pigment metmyoglobin to form the stable red nitrosomyoglobin. However, the safety of the use of nitrite regarding human health has been questioned. Therefore, alternatives to substitute nitrite are under investigation. The aim was to evaluate the ability of *S. xylosum* nitric oxide synthase (NOS) to produce NO, based on an assay in which metmyoglobin is converted to nitrosomyoglobin. A mutant strain deleted for *nos* ( $\Delta nos$ ) has been generated. The ability of the  $\Delta nos$  mutant to form nitrosomyoglobin was sharply decreased compared to the wild-type and the *nos* complemented mutant, demonstrating the contribution of *S. xylosum* NOS in the production of NO. The NOS pathway needs to be further understood and could constitute a natural solution to substitute nitrite in meat products.

## Introduction

*Staphylococcus xylosum* est une bactérie à coagulase-négative, commensale de la peau et des muqueuses de l'Homme et l'animal. Cette bactérie est fréquemment isolée à partir de produits d'origine animale. Dans les produits carnés fermentés tel que le saucisson, il est d'usage d'ajouter des sels nitrités. *S. xylosum* est couramment utilisé comme ferment pour la fabrication de ces produits où il contribue, entre autre, à la formation de la couleur par son activité nitrate réductase qui réduit les nitrates en nitrites. Les nitrites formés sont chimiquement réduits en monoxyde d'azote (NO) qui va se lier au pigment de la viande, la myoglobine, pour former de la nitrosomyoglobine qui donne la couleur rouge typique des produits de salaison. L'utilisation des nitrites dans ces produits est régulièrement remise en question à cause du risque de formation de composés toxiques tels que les nitrosamines. Par conséquent, une alternative visant à minimiser voire à supprimer l'apport de nitrite dans ces produits doit être envisagée. *S. xylosum* possède un gène codant une nitrique oxyde synthase (NOS). Cette enzyme, bien décrite chez les Eucaryotes et chez certaines bactéries, est capable de synthétiser du NO à partir de l'arginine (Crane *et al.* 2010). L'objectif de cette étude a été de déterminer si *S. xylosum* est capable de produire du NO et d'évaluer la part de la NOS dans cette production.

## Matériel et méthodes

*Souches bactériennes et conditions de croissance.* La souche de *S. xylosum* C2a et ses dérivés ont été utilisés et cultivés en condition aérobie à 30°C en milieu de laboratoire.

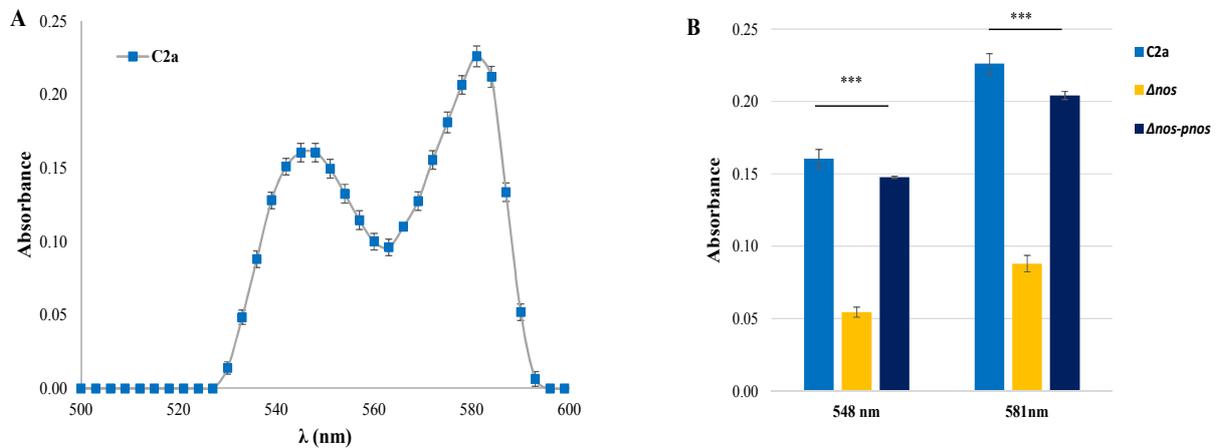
*Délétion du gène nos et complémentation.* La souche *S. xylosum* C2a a été délétée du gène *nos* et une cassette de résistance à l'érythromycine a été insérée (*nos::erm*). Le mutant correspondant ( $\Delta nos$ ) a été complémenté avec le gène *nos* porté par un plasmide ( $\Delta nospRBnos$ ).

*Mise en évidence de la production de NO in vitro.* Des cultures de *S. xylosum* C2a et ses dérivés ( $\Delta nos$  et  $\Delta nospRBnos$ ) ont été inoculées dans un milieu supplémenté en metmyoglobine et incubées 24 heures à 30°C. Après centrifugation, les spectres d'absorbance des surnageants ont été mesurés entre 500 et 600 nm afin d'évaluer la formation de nitrosomyoglobine.

## Résultats

La capacité de formation de nitrosomyoglobine a été évaluée pour la souche *S. xylosum* C2a, le mutant  $\Delta nos$  et le mutant complémenté  $\Delta nospRBnos$ . La formation de nitrosomyoglobine par la souche C2a a été mise en évidence par l'apparition de deux pics d'absorption caractéristiques de ce pigment, aux longueurs d'onde  $\lambda_{548 \text{ nm}}$  et  $\lambda_{581 \text{ nm}}$

(Figure 1A). La formation de nitrosomyoglobine apparaît significativement réduite pour le mutant  $\Delta nos$  en comparaison de la souche C2a ou du mutant complétement  $\Delta nospRBnos$ . Ce résultat démontre l'implication de la NOS dans la production de NO chez *S. xylosus* C2a.



**Figure 1 : Evaluation de la production de monoxyde d'azote (NO) via la formation de nitrosomyoglobine.** A) Spectre d'absorbance obtenu après conversion de metmyoglobine en nitrosomyoglobine pour la souche C2a, montrant deux pics d'absorption à 548nm et 581nm. B) Mesure de l'absorbance à 548 nm et 581 nm pour la souche C2a, le mutant  $\Delta nos$  et le mutant complétement  $\Delta nospRBnos$ . \*\*\*, p<0.001.

## Discussion

Au cours de cette étude nous avons étudié la capacité de *S. xylosus* à produire du NO via son activité NOS, comme potentielle alternative à l'utilisation de sels nitrités pour la fabrication des produits carnés. La production de NO chez *S. xylosus* a été mise en évidence par la conversion de metmyoglobine en nitrosomyoglobine *in vitro*. D'autres études avaient montré que *S. xylosus* pouvait convertir la metmyoglobine en nitrosomyoglobine, *in vitro* et *in situ* dans des produits carnés sans ajout de nitrite, mais sans mettre en évidence le mécanisme impliqué (Morita *et al.* 1998; Li *et al.* 2013). Nous avons démontré l'implication de la NOS de *S. xylosus* dans la production de NO grâce à la construction d'un mutant délété du gène *nos*. Ce mutant produit significativement moins de NO. Une production résiduelle de NO est observée et des études complémentaires devraient permettre de déterminer son origine.

## Conclusion

Cette étude est la première mettant en évidence une activité nitrique oxyde synthase (NOS) chez une espèce couramment utilisée comme ferment pour la fabrication de produits carnés. Les conditions optimales de production de NO par *S. xylosus* restent à déterminer pour le développement d'une alternative naturelle à l'utilisation des nitrites dans les produits carnés.

## Références bibliographiques

- Crane B.R., Sudhamsu J., Patel B. A. (2010). Annual Review of Biochemistry. 79: p445-70  
 Morita H., Sakata R., Nagata Y. (1998). Journal of Food Science. 63(2): p. 352-355  
 Li P., Kong B., Chen Q., Zheng D., Liu N. (2013). Meat Science. 93:67-72

G. RAS est bénéficiaire d'une bourse CIFRE financée par CHR-HANSEN.

# MAITRISE DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DE SAUCISSES FRAICHES A TENEUR REDUITE EN NITRITE PAR BIOPRESERVATION

FEURER C. <sup>1</sup>, MARGERIN J. <sup>1</sup>, NIVEAU F. <sup>1</sup>, MARTIN J.-L. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFIP, Institut du Porc, F-94700 Maisons-Alfort, France

carole.feurer@ifip.asso.fr

**Abstract: Controlling the microbiological quality of fresh sausages with reduced nitrite content by means of biopreservation.**

Potassium or sodium nitrite (E 249 and E250) are used as preservatives and added to meat products to allow, amongst others, the development of the pink color specific to cured meat products. Because nitrite is a co-carcinogen molecule, some question its use in food processing, and rules are currently under review, to reduce its use. This study was aimed at preparing craftsmen pork butchers for the coming shift in rules, by offering tools to keep fresh sausage quality under control, without altering their organoleptic attributes. Here we considered the use of biopreservation to achieve this goal. To do this, we tested the efficiency of the culture SafePro® B-SF-77 (Chr Hansen) in French raw sausages (chipolata). We tested three recipes with reduced nitrite titrations and compared them to a biopreserved free benchmark formulation at 120 mg/Kg nitrite. We evaluated recipes through physicochemical, microbiological, spectrophotometric and sensorial analyses. In the framework of the study we proved a meaningful synergy between the SafePro® B-SF-77 culture and nitrite, allowing good control of the development of spoiling bacteria in raw sausages, while reducing nitrite titration to as low as 80 mg/Kg. Thanks to biopreservation, it seems to be possible to maintain chipolatas microbiological and sensorial quality under control for seven days in raw sausages with only 80 mg/Kg of nitrite.

## Introduction

Le nitrite est employé dans la fabrication des produits de charcuterie et de salaison pour (1) ses propriétés bactériostatiques voire bactéricides, (2) son effet de stabilisation de la couleur, (3) son pouvoir antioxydant, et (4) pour son effet sur la flaveur des produits. L'utilisation du nitrite est régie par le règlement CE 1333/2008 et le Code des Usages de la Charcuterie, qui peut être plus restrictif. Le nitrite étant co-cancérogène, son utilisation est décriée (Cammack *et al.*, 1999). C'est pourquoi une révision de la réglementation visant à réduire la quantité de nitrite autorisée est en cours (règlement UE N° 1129/2011). Cette étude avait pour but de préparer les artisans à ce changement réglementaire, en leur proposant un moyen de maintenir la qualité sanitaire de saucisses fraîches, produit sensible de courte durée de vie, tout en conservant des caractéristiques organoleptiques acceptables. Le procédé proposé est la biopréservation, à travers l'utilisation d'une culture protectrice.

## Matériel et méthodes

Le produit modèle de cette étude est la chipolata embossée en boyau naturel et conservée sous film pendant 7 jours (soit 2 jours de plus que la DLC classique). La formulation du produit est la suivante : épaule (≈ 80%), gras (≈ 20%), nitrite (dose variable), lactate de potassium 2%, erythorbate de sodium 0,3%, dextrose 0,2%. Trois doses réduites en nitrite ont été testées. La dose de nitrite de référence était de 120 mg/Kg, correspondant à l'usage actuel pour la chipolata artisanale. Pour chaque fabrication, la culture protectrice utilisée était la SafePro® B-SF-77 (*Staphylococcus carnosus* et *Leuconostoc carnosum*, Chr Hansen). Cinq modalités ont ainsi été testées et répétées 4 fois de manière indépendante afin de tenir compte de l'hétérogénéité de contamination des matières premières :

- Témoin : 120 mg/Kg nitrite – non biopréservé
- Essai 1: 120 mg/Kg nitrite + SafePro® B-SF-77 (vérification de la non altération du produit par la culture protectrice)
- Essai 2: 100 mg/Kg nitrite + SafePro® B-SF-77
- Essai 3: 80 mg/Kg nitrite + SafePro® B-SF-77
- Essai 4: 0 mg/Kg nitrite + SafePro® B-SF-77

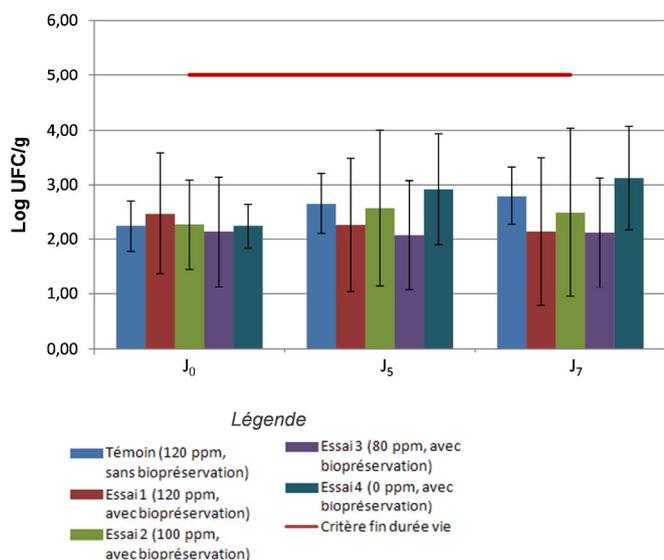
Pour chaque fabrication, des descripteurs visuels en termes de couleur et d'aspect général du produit ont été suivis en cours de conservation des produits à la température usuelle (2 à 4°C), depuis le jour de la fabrication et jusqu'à la DLC des produits (J5+ 2 jours). Des mesures colorimétriques ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) ont été réalisées. Une validation de la durée de vie microbiologique a été réalisée à 3 temps, J0, J5 et J7. Les flores suivantes ont été dénombrées : Entérobactéries à 30°C (NF V08-054), Flore aérobie mésophile (NF ISO 4833-1), Flore lactique (NF ISO 15214) et *Pseudomonas* (BKR 23/09-05/15 A). Un suivi pH (NF ISO 11289) et  $a_w$  (ISO 21807) a été réalisé à ces trois temps.

Une analyse statistique des résultats a été réalisée en utilisant le test de student, l'ANOVA et le test de Kruskal-Wallis.

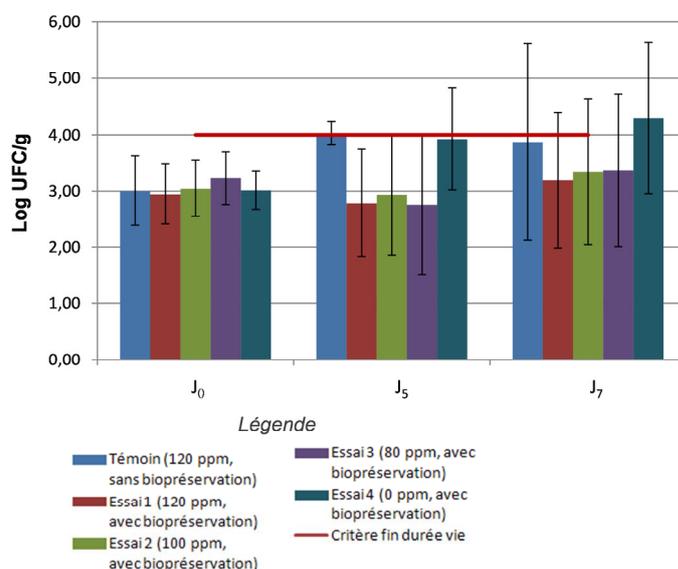
## Résultats

Les mesures physico-chimiques ont montré que l' $a_w$  (0,968-0,976) restait stable dans le produit tout au long de la durée de vie et ce, quelque soit la formulation. A J0, les valeurs moyennes de pH s'échelonnaient de 5,87 à 6,11 suivant les

répétitions. Pour les produits biopréservés, lors des quatre répétitions, une perte moyenne de 0,2 unités de pH entre J5 et J7 était observée. La flore totale des essais biopréservés, essentiellement composée de flore lactique présentait une concentration moyenne de 6,3 log UFC/g et restait stable entre J0 et J7.



**Figure 1 :** Evolution moyenne de la concentration en entérobactéries pour chaque formulation



**Figure 2 :** Evolution moyenne de la concentration en *Pseudomonas* pour chaque formulation

La Figure 1 montre que le critère de fin de durée de vie relatif aux entérobactéries (5 log UFC/g) est toujours respecté. Il n'existe pas de différence significative entre le témoin et les essais. La Figure 2 montre que le critère de fin de durée de vie relatif aux *Pseudomonas* est respecté à J5 par l'ensemble des formulations contenant à la fois culture protectrice et nitrite, et ce pour une teneur en nitrite dans les chipolatas variant entre 120 et 80 mg/Kg. Dans le cadre d'un plan à 3 classes, les formulations 1 (120 mg de nitrite /kg de viande, biopréservation), 2 (100 mg de nitrite /kg de viande, biopréservation) et 3 (80 mg de nitrite /kg de viande, biopréservation) sont acceptables voire conformes de J0 à J7, ce qui n'est ni le cas pour la formulation témoin (non biopréservée), ni pour la formulation biopréservée sans nitrite. Les mesures spectrophotométriques ont mis en évidence une oxydation des chipolatas statistiquement plus importante pour les formulations à teneur en nitrite plus élevée. Cet aspect a également été souligné par le jury de l'analyse sensorielle. Tous les essais ont cependant été jugés acceptables par le jury.

## Discussion

Même si la différence n'est pas significative, on note une tendance bactériostatique du nitrite combiné à la culture protectrice à l'égard des entérobactéries qui est à confirmer. Par ailleurs, Les *Pseudomonas* se développent mieux dans les essais ne contenant que du nitrite (non biopréservés) ainsi que dans ceux uniquement biopréservés (sans nitrite). Cela confirme qu'il existe probablement une action bactériostatique due à l'utilisation combinée du nitrite et de la culture protectrice, limitant la croissance des *Pseudomonas* dans les chipolatas, comme observé précédemment. L'association du nitrite avec la biopréservation pourrait permettre de réduire l'utilisation de ce conservateur de 20 à 40 mg/Kg, tout en garantissant que les produits respecteront les critères de fin de durée de vie à J5, voire à J7. Le problème d'oxydation des chipolatas identifié pourrait être résolu en améliorant le processus de fabrication (diminution du contact avec l'O<sub>2</sub>), ou en ajoutant le nitrite et l'érythorbate (antioxydant) séparément lors de la fabrication.

## Conclusion

Les résultats ont montré qu'il était possible, grâce à la biopréservation, de réduire la teneur en nitrite dans les chipolatas de 120 à 100 ou 80 mg/Kg tout en garantissant la qualité microbiologique et organoleptique des saucisses. Il est même envisageable de prolonger de cinq à sept jours la DLC, les seuils de contamination étant toujours acceptables pour les chipolatas avec une telle teneur en nitrite.

*Cette étude a reçu le soutien financier d'Inaporc*

## Références bibliographiques

R Cammack, *et al.*, (1999). Biochimica et Biophysica Acta 1411, 475-488  
Règlement UE N° 1129/2011, modifiant l'annexe II du règlement (CE) n° 1133/2008

# ANALYSE METAGENOMIQUE DE LA DYNAMIQUE DE L'ECOSYSTEME BACTERIEN DE LA VIANDE DE PORC BIOPRESERVEE

BOZEC A.<sup>1</sup>, LE ROUX A.<sup>1</sup>, FEURER C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>IFIP- Institut du porc, La Motte au Vicomte 35651 Le Rheu, France.

arnaud.bozec@ifip.asso.fr

## Abstract: Metagenomic dynamic analysis of the bacterial ecosystem of biopreserved pork meat

The objective of this study was to evaluate the bacterial evolution of biopreserved pork meat, vacuum-packed and stored at a temperature of -1.5° C for 12 weeks. The use of metagenomic analysis allowed a new insight into the bacterial competition taking place. The comparison of control samples to biopreserved meat with two separate *Pediococcus acidilactici* and *Lactobacillus sakei* cultures showed three different scenarios. *Pediococcus acidilactici* survived well for a period of five weeks. Subsequently however, it was then supplanted by the bacterial flora naturally present in the product, which was, in this case, *Lactobacillus sakei*, *C. divergens* and *Leuconostoc gelidum*. Alternatively, the protective culture *Lactobacillus sakei* showed the ability to maintain the microbiological quality in the vacuum-packed meat at an acceptable level for 12 weeks.

## Introduction

Cette étude vise à étudier la possibilité de conservation de viande de porc biopréservée conditionnée sous vide pendant 12 semaines à -1.5°C. Le challenge de la biopréservation est de pouvoir doubler la limite de conservation actuelle qui est de 6 semaines (Bozek *et al.*, 2005), grâce à la maîtrise des flores d'altération et au maintien de la qualité sanitaire des viandes. La comparaison des modalités expérimentales, avec l'utilisation de deux ferments par rapport à un essai témoin non biopréservé a permis de suivre l'évolution bactérienne par microbiologie classique et métagénomique tout au long de la conservation.

## Matériel et méthodes

Cent vingt carcasses ont été sélectionnées au cours du processus d'abattage dans le but d'assurer la variabilité microbiologique. Après refroidissement, découpe et désossage, chaque filet de porc a été coupé en trois morceaux et les ferments ont été appliqués. Un échantillon témoin sans culture a été inclus dans l'expérience. Environ 2,75 g de ferment ont été pulvérisés sur les viandes (1.1 kg en moyenne) avant le conditionnement sous vide. Les viandes sous vide ont ensuite été refroidies dans une cellule de refroidissement cryogénique puis stockées à l'obscurité à -1,5 °C pendant 12 semaines. Les cultures de protection 1 et 2, respectivement, appartiennent à l'espèce *Pediococcus acidilactici* et *Lactobacillus sakei*. Afin d'étudier l'écosystème bactérien associé aux viandes une analyse par approche métagénomique 16S a été réalisée. L'évolution de la flore totale (ISO 4833-1), des bactéries lactiques (ISO 15214), des entérobactéries (NF V08-154) a été suivie. Les prélèvements ont été réalisés sur les viandes par excision de 25 cm<sup>2</sup> en surface des rôtis. N=5 échantillons ont été analysés par semaine et par modalité. Les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SAS version 9.2 avec les tests de khi-2 et de FISHER.

## Résultats et discussion

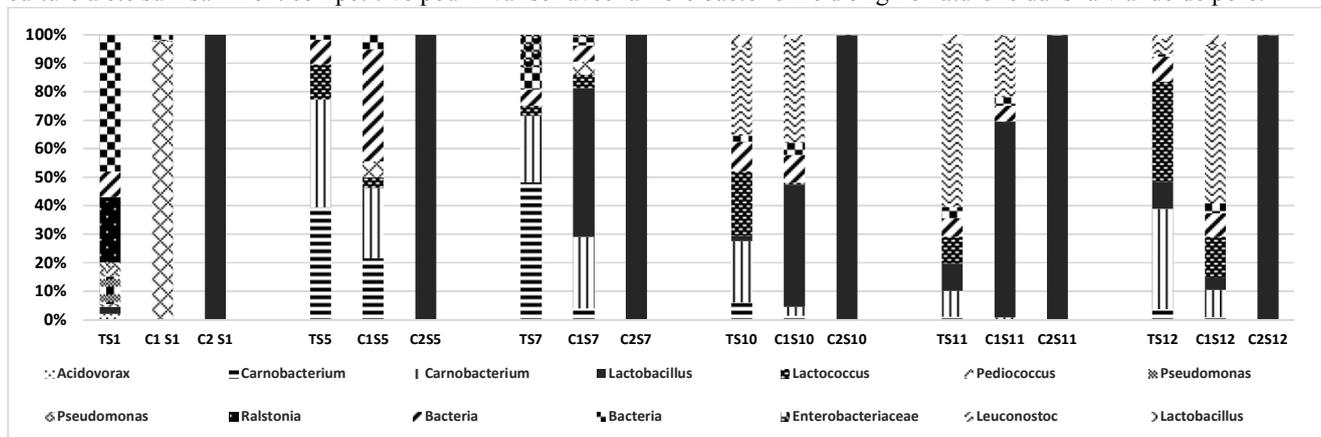
**Microbiologie :** La surveillance microbiologique de la flore totale a mis en évidence trois scénarios distincts. Le témoin avait un niveau de contamination initiale de 4 LOG CFU/cm<sup>2</sup>, cohérent avec les niveaux observés au sein de l'industrie française. Les viandes de porc biopréservées montraient des niveaux de flore totale allant de 7 à 8 LOG UFC/cm<sup>2</sup>. Les niveaux de bactéries lactiques variaient de 7-9 LOG UFC/cm<sup>2</sup>, montrant que la flore totale était principalement composée de bactéries lactiques. Cela a confirmé la bonne colonisation des cultures de protection au cours de l'essai. L'application de la culture 1 a empêché le développement des entérobactéries jusqu'à la 4<sup>ème</sup> semaine de stockage. Au-delà son efficacité n'a pas été démontrée. En revanche, l'efficacité de la culture 2 (*L. sakei*) contre la croissance des entérobactéries a été démontrée (test de Fisher, p <0,005) de la semaine 1 (S1) à S12 dans le cadre de l'application d'un plan en trois classes (n=5, C1=2, C2=0, M=10 m) avec m = 5 LOG UFC/cm<sup>2</sup>.

**Métagénomique des échantillons témoins :** En S1, la composition bactérienne était très diverse et comprenait plus de 54 taxons bactériens. Elle était dominée par le genre *Ralstonia* qui représentait près de 23% des séquences identifiées suivies par *Pseudomonas sp.* ou *P. syncyanea* (14,6%). *Lactobacillus sakei* qui est souvent identifié dans la viande de porc représentait 2,5% des séquences. En S5, deux espèces *Carnobacterium divergens* et *C. maltaromaticum* (Imaki *et al.*, 2011) ont émergé, représentant 77% des séquences et mettant en évidence une diversité bactérienne inférieure de l'échantillon. *Lactococcus piscium* a été détecté pour la première fois, représentant jusqu'à 12% des séquences. Entre S1 et S5, S6, S7 10% de la composition bactérienne correspondait à une espèce inconnue actuellement. En S6, S7 et S8, l'échantillon témoin était dominé par *C. divergens* ou *C. maltaromaticum* et *L. piscium* était faiblement détecté (de 0,7% à 3,5% dans les séquences). *L. sakei* représentait 11% des séquences en S7 et S8. En S9, *L. piscium* est devenu dominant (46,8% des séquences) avec *C.*

*maltaromaticum* (32,6%). En S10, l'émergence de *Leuconostoc gelidum* était observée (31%), cette espèce devenant l'une des espèces les plus dominantes. Cette espèce est capable de croître à des températures inférieures à 4°C et est décrite comme responsable d'altération type « odeur de vinaigre », « décoloration », « production de gaz et de poissage » dans les viandes. Deux autres bactéries ont également pris une place importante : *L. piscium* (22,8%) et *C. divergens* (21,6%). *L. piscium* est une bactérie que l'on retrouve dans la viande fraîche emballée sous vide, son effet sur le porc sous atmosphère protectrice a été démontré. *C. divergens* est une bactérie anaérobie, hétérofermentaire et faiblement aéro-tolérante et est fréquemment isolé à partir de produits laitiers, de viande, de poisson et de crevettes. Elle est impliquée dans l'altération de la viande fraîche. En S11, *L. gelidum* est devenu dominant, avec 60% des séquences tandis que *C. divergens*, *L. sakei* et *L. piscium* représentaient chacun en moyenne 10% des séquences. En S12 et S13, *L. piscium* et *C. divergens* sont devenus dominants à nouveau, et ensemble représentait de 70,3% (S12) à 81,8% (S13) des séquences identifiées.

**Métagénomique des échantillons biopreservés avec la culture 1 (*P. acidilactici*) :** De la S1 à la S4, la culture protectrice 1 était dominante, et représentait 94,5% à 98,6% des séquences identifiées dans l'échantillon. En S5, les deux espèces *C. maltaromaticum* et *C. divergens* ont émergé, cette évolution est similaire à celle observée dans l'échantillon témoin. S5, *L. piscium* a été détectée dans 3,6% des séquences. À partir de S7 et jusqu'à S9, *L. sakei* qui représentait auparavant moins de 0,5% des séquences est devenu dominant et représentait entre 52,2% et 79,2% des séquences en S9. Entre S7 et S8, cette domination a été partagée avec *C. divergens* (≈ 25%). En S10, comme dans le témoin, l'émergence de *L. gelidum* a été observée (36,5%). Cette espèce, ainsi que *L. sakei* (42,8%), représentaient les deux espèces dominantes identifiées dans la viande de porc, alors que *C. divergens* ne représentait que 3,1% des séquences. En S11, le scénario était similaire avec une prévalence plus élevée de *L. sakei* (68,7%). En S12, *L. sakei* est devenu subdominant (4,1%) au profit de *L. piscium* alors que *L. gelidum* est resté prédominant avec 55,6% des séquences détectées. En S13, comme dans le témoin, *C. divergens* et *L. piscium* dominaient l'échantillon avec 36,4% et 23,7% des séquences identifiées respectivement. *L. sakei* était la troisième espèce dominante avec près de 13% et *L. gelidum* représentait 6,8% des séquences identifiées. A partir de la S5, l'évolution de la composition bactérienne des échantillons inoculés avec la culture 1 (*P. acidilactici*) était similaire à celui observé dans l'échantillon témoin. Cela démontre que, dans les conditions de notre expérience, la culture 1 n'a pas été compétitive et a été supplantée par la flore bactérienne naturellement présente dans la viande de porc.

**Métagénomique des échantillons biopréservés avec la culture 2 (*L. sakei*) :** Quel que soit le stade de l'analyse, la souche de *L. sakei* de la culture 2 était toujours largement dominante dans les échantillons de 99,8% à 100% des séquences. Cette culture de protection était particulièrement adaptée pour se développer sur la viande de porc. Inoculée jusqu'à 6 LOG UFC/cm<sup>2</sup>, cette culture a été suffisamment compétitive pour rivaliser avec la flore bactérienne d'origine naturelle dans la viande de porc.



**Figure 1 :** Proportion (%) des espèces bactériennes dans les échantillons (Témoin (T), Cultures 1&2 (C1, C2)) pendant les semaines 1 à 12 (S1-S12)

## Conclusion

Les résultats de cette étude sont très encourageants. L'analyse métagénomique 16S de la dynamique de la flore bactérienne d'échantillons de viande de porc suivis pendant 12 semaines nous a donné un nouvel aperçu des compétitions bactériennes qui s'opèrent pendant le stockage. La biopréservation représente une nouvelle avancée dans la conservation longue durée de la viande de porc. Cependant, le choix d'une culture protectrice adaptée à la matrice alimentaire est primordial afin que la souche utilisée ne soit pas supplantée par la flore bactérienne endogène.

## Références bibliographiques

Bozec A., Minvielle B., Vautier A., Le Roux A. (2005). Techniporc, vol 28, n°1.  
 Imazaki P.H, Tahiri A., Rodrigues A., Taminiau B., Nezer C., Daude G., Clinquart A (2011). University of Liège

**VERMASSEN A., TALON R., LEROY S.**

**INRA, UR454 Microbiologie, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France**

sabine.leroy@clermont.inra.fr

**Abstract: *Staphylococcus xylosus*, a starter adapted to meat**

*Staphylococcus xylosus* is commonly used as a starter culture for meat fermentation. A global transcriptomic approach was carried out to determine the mechanisms for its adaptation to meat or meat products. *S. xylosus* modulated the expression of about 50% of the genes to growth and survive in a salted meat model in conditions that mimic the fermentation period of sausage manufacturing. Many genes involved in DNA machinery and cell division but also in cell lysis were overexpressed. This suggested a balance between cell division and cell lysis in the meat model since the *S. xylosus* population remained stable during the incubation. Several genes encoding enzymes involved in glucose and lactate catabolism were overexpressed reflecting that glucose and lactate were used simultaneously as carbon sources by *S. xylosus*. Several genes encoding peptide transporters, peptidases or amino-acid transporters were also overexpressed showing that *S. xylosus* can use peptides and amino acids present in meat. In parallel, *S. xylosus* responded to salt by up-regulating the expression of genes involved in transport and synthesis of osmoprotectants and Na<sup>+</sup> and H<sup>+</sup> exchange. Meat is particularly rich in hemic and non-hemic iron sources. Among these, ferritin is an efficient iron storage protein. It is highly resistant to bacterial attack and few microorganisms are able to acquire iron from ferritin. *S. xylosus* may acquire iron from this source and it was even one of the preferential iron sources. A cluster of three genes encoding a potential reductive pathway was involved in this acquisition. This ability could participate in the adaptation of *S. xylosus* to meat products.

## **Introduction**

*Staphylococcus xylosus* est une bactérie commensale de la peau et des muqueuses des animaux et se retrouve naturellement présente dans de nombreux aliments d'origine animale. *S. xylosus* est couramment utilisé comme ferment dans les produits carnés pour son rôle dans le développement de la couleur et de la flaveur. Comme tout ferment, il joue également un rôle protecteur et compétiteur contre une contamination de ces produits par des bactéries potentiellement à risque (Leroy *et al.*, 2016). *S. xylosus* est une bactérie adaptée à la viande et aux produits carnés, résistante à de nombreux procédés de transformation. Notre objectif a été de déterminer quels étaient les mécanismes moléculaires mis en place par *S. xylosus* pour s'adapter à la matrice carnée. Dans un premier temps, l'étude du transcriptome de *S. xylosus* a été menée *in situ* dans une matrice carnée de type mêlée de saucisson. Dans un deuxième temps, la physiologie de *S. xylosus* en fonction des principales sources de fer présentes dans la viande a été caractérisée. Le fer est un élément requis pour la survie et le maintien des processus cellulaires des bactéries. La viande est un aliment riche en fer mais cet élément est complexé à des protéines et manque de biodisponibilité. Ainsi il est important de déterminer quel est le comportement des ferments vis-vis de cet élément clé dans la viande.

## **Matériel et méthodes**

*Souche et conditions de culture.* La souche *S. xylosus* C2a dont le génome a été entièrement séquencé (LN554884) a servi de modèle à cette étude. Elle a été cultivée en milieu chimiquement défini ou dans une matrice à base de viande de porc hachée additionnée de glucose et de sel.

*Etude transcriptomique.* Après incubation à 22°C de la matrice viande inoculée avec *S. xylosus*, les ARN ont été extraits aux temps 24, 48, et 72 h et après reverse-transcription et marquage, ils ont été hybridés sur la puce à ADN spécifique du génome de la souche C2a (GPL19201) selon le protocole de Vermassen *et al.* (2014). L'expression des gènes de *S. xylosus* en matrice carnée a été comparée à celle de l'inoculum.

*Comportement vis-vis de sources de fer.* La croissance de *S. xylosus* a été évaluée en milieu chimiquement défini en présence de FeSO<sub>4</sub> ou de sources de fer présentes dans la viande, myoglobine, hémoglobine, ferritine, ou transferrine. Un cluster de gènes potentiellement impliqués dans l'acquisition de la ferritine a pu être identifié à partir de données transcriptomiques. La délétion d'une partie de ce cluster a été réalisée chez la souche C2a et le mutant correspondant a été caractérisé.

## **Résultats**

*S. xylosus* en matrice carnée. La croissance de *S. xylosus* C2a était exponentielle jusqu'à 24h pour atteindre un niveau de 9 log CFU/g. La population est restée stable jusqu'aux 72 h d'incubation. L'expression de nombreux gènes impliqués dans la division cellulaire mais également dans la lyse cellulaire était augmentée. De nombreux gènes codant des enzymes impliqués dans le catabolisme du glucose et du lactate étaient surexprimés. De plus, *S. xylosus* modulait

l'expression de nombreux gènes impliqués dans le métabolisme des acides aminés et répondait au stress salin généré par la présence de NaCl dans la matrice en surexprimant des gènes codant des enzymes impliquées dans le transport et la synthèse d'osmoprotectants et dans l'extrusion des ions  $\text{Na}^+/\text{H}^+$ .

*S. xylosus et les sources de fer présentes dans la viande.* La souche C2a a été capable de se multiplier en présence des différentes sources de fer testées alors qu'elle n'en était pas capable dans un milieu dépourvu de toute source de fer. La vitesse maximale de croissance ou  $\mu_{\text{max}}$  de *S. xylosus* variait en fonction des sources de fer et était maximale en présence de ferritine (Tableau 1). L'implication d'un cluster de 3 gènes, dans l'acquisition du fer de la ferritine a été démontrée en réalisant un mutant de délétion chez la souche *S. xylosus* C2a. Le mutant avait une croissance significativement inférieure à celle de la souche C2a en présence de ferritine comme seule source de fer. La croissance du mutant était par contre identique à la souche C2a en présence de  $\text{FeSO}_4$ .

Tableau 1 : Effet des sources de fer sur la vitesse maximale de croissance ( $\mu_{\text{max}}$ ) de la souche *S. xylosus* C2a.

Sources de fer	$\mu_{\text{max}}$ ( $\text{h}^{-1}$ )
FeSO4 (50 $\mu\text{M}$ )	0.23
Myoglobine (40 $\mu\text{M}$ )	0.13
Hémoglobine (20 $\mu\text{M}$ )	0.23
Ferritine (5 $\mu\text{M}$ )	0.38
Transferrine (80 $\mu\text{M}$ )	0.23

## Discussion

La croissance et la survie de *S. xylosus* dans la matrice carnée ont entraîné un changement global de l'expression de ses gènes avec la modulation de l'expression d'environ 50% d'entre eux. L'expression de nombreux gènes impliqués dans la machinerie du cycle cellulaire mais également de gènes impliqués dans la lyse cellulaire était surexprimée, révélant un équilibre entre division et lyse pour un maintien de la population à un niveau constant après une phase initiale de croissance. De plus, l'expression de gènes impliqués dans le catabolisme du glucose et du lactate était surexprimée révélant que *S. xylosus* pouvait simultanément cataboliser le glucose ajouté dans la matrice viande et le lactate présent dans la viande de porc. *S. xylosus* a également utilisé des peptides et des acides aminés présents dans la viande. Il a répondu au sel ajouté à la matrice carnée en surexprimant des gènes codant des protéines impliquées dans des mécanismes d'osmoprotection (Vermassen *et al.* 2016).

L'analyse du génome de *S. xylosus* a révélé la présence de nombreux gènes codant des protéines impliquées dans le transport et l'acquisition du fer. De façon surprenante, *S. xylosus* utilise de façon préférentielle le fer de la ferritine en mettant en jeu un complexe membranaire d'oxydo-réduction encore jamais décrit chez d'autres bactéries (Vermassen *et al.* 2016a).

## Conclusion

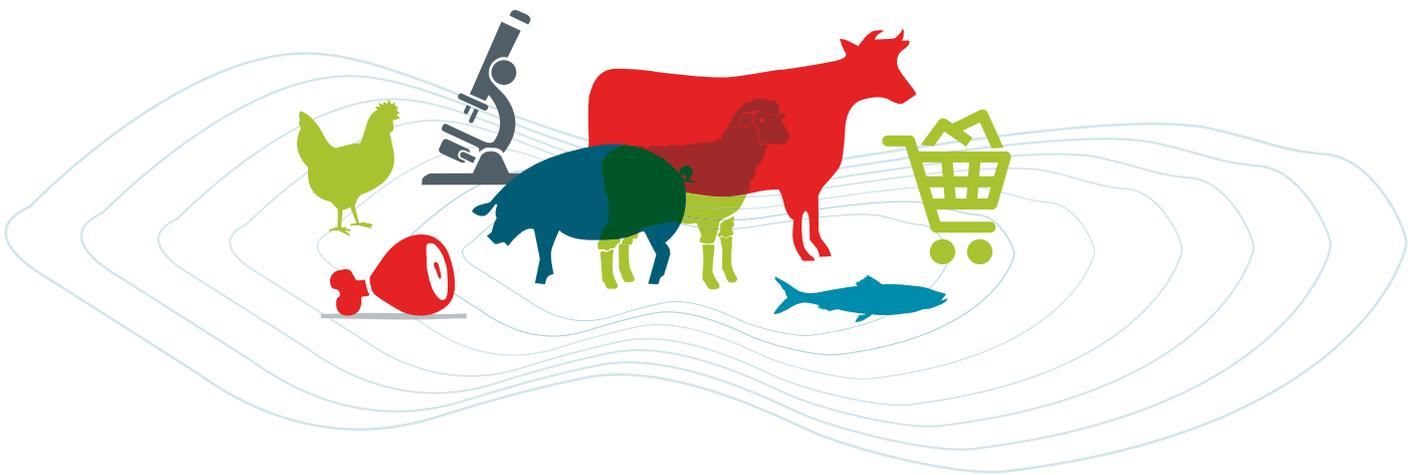
Cette étude est la première qui caractérise l'adaptation globale du ferment *S. xylosus* aux produits carnés et montre sa capacité à utiliser plusieurs sources de fer disponibles dans la viande. De plus, *S. xylosus* fait partie des rares bactéries à être capable d'utiliser le fer de la ferritine et cela n'avait jamais été observé chez un staphylocoque. Nos résultats permettent de mieux comprendre comment ce ferment peut se multiplier et survivre dans les produits carnés. Ils permettent également de cibler les substrats qui pourront donner un avantage à *S. xylosus* face à d'autres micro-organismes.

## Références bibliographiques

- Vermassen A., De La Foye A., Loux V., Talon R., Leroy S. (2014). *Frontiers in Microbiology*, 5:691.  
 Leroy S., Vermassen A., Talon R. (2016). In: *Encyclopedia of Food and Health*, Vol 5, pp 140-145.  
 Vermassen A., Dordet-Frisoni E., de La Foye A., Micheau P., Laroute V., Leroy S., Talon R. (2016). *Frontiers in Microbiology*, 7:87.  
 Vermassen A., Talon R., Leroy S. (2016a). *International Journal of Food Microbiology*, 225:20-26



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 3**

**« Analyse économique de la crise  
des filières viande »**



# ANALYSE DE LA COMPETITIVITE DE LA FILIERE AVICOLE FRANCAISE : QUELS FACTEURS ET QUELLES RAISONS D'ESPERER

DEMAN C., MAGDELAIN P.

ITAVI, 7 rue du Faubourg Poissonnière, 75009 PARIS

deman@itavi.asso.fr

## Abstract: Analysis of the competitiveness of the French poultry sector

After being the first poultry meat producer in the EU, France has been surpassed by Poland whose growth has been dramatic. After a tough decade, we can see positive signals due to the maintaining of the national consumption and the recovery in industrial investment. Nevertheless, there is still a problem of competitiveness compared to our European neighbors. The removal of export subsidies in 2013 has enhanced this lack of competitiveness that France already perceived while competitors were becoming increasingly present.

## Introduction

Après avoir occupé la première place des pays européens producteurs de viande de volaille et ce, pendant des décennies, la France est désormais devancée par la Pologne dont la progression a été fulgurante. Ce recul, alors que la consommation nationale reste bien orientée, s'explique par une perte de compétitivité de la filière à l'international et au sein de l'UE. La suppression des restitutions à l'export en 2013 auparavant financée par le budget européen n'a fait qu'accentuer ce déficit de compétitivité que la France percevait déjà alors que ses concurrents se montraient de plus en plus présents. Toutefois, on observe aujourd'hui des signaux positifs comme la reprise des investissements industriels et des constructions de bâtiments qui vont dans le sens d'une amélioration de la situation de la filière.

## Matériel et méthodes

Cette communication s'attachera à analyser les facteurs de manque de compétitivité de la filière avicole française, les raisons de son déclin mais également les leviers d'action à partir d'une analyse bibliographique ainsi que les enquêtes ITAVI sur les coûts de production et les performances techniques.

## Résultats

Après un fort développement jusqu'à la fin des années 90, la production française de volailles a diminué d'environ 11 % sur les 20 dernières années (de 2,10 MT en 1995 à 1,86 MT en 2015). Ce recul, dans un contexte de croissance régulière de la consommation nationale (+ 1,4 % par an depuis 20 ans), est en grande partie lié à la perte de marchés à l'exportation et à une progression constante des importations. Le taux d'autosuffisance français est ainsi passé de 156 % en 1995 à 105 % en 2015. L'excédent commercial de 1,1 milliard d'euros en 2000 n'a cessé de se réduire jusqu'à atteindre son plus bas niveau en 2014 (6,7 millions d'euros) avant de légèrement remonter en 2015 (42 millions d'euros). A noter que la France présente un solde négatif avec l'UE depuis 2009, déficit qui n'a jamais été aussi important qu'en 2015 (- 388 millions d'euros).

La part des importations dans la consommation nationale atteint 30 % en volailles et 43 % pour la viande de poulet. Ces importations proviennent à plus de 90% de l'UE. Elles portent sur des découpes standard de poulet, destinées essentiellement à la RHD (Restauration Hors Domicile) et à l'industrie de transformation.

Plusieurs facteurs viennent expliquer la perte des marchés à l'export et à l'inverse la hausse croissante des importations. Différents indicateurs et études montrent en effet que la filière française souffre d'un double handicap de compétitivité vis-à-vis de ses compétiteurs des Pays tiers et notamment du Brésil, mais aussi vis-à-vis de ses concurrents européens.

A l'échelle internationale, différentes sources permettent d'évaluer le surcoût actuel de production entre l'Europe et le Brésil à environ 45 %. Les principaux avantages compétitifs du Brésil demeurent des coûts d'intrants et de main-d'œuvre plus faibles, un faible niveau de charges et, enfin, un cadre réglementaire moins contraignant que celui de l'UE, notamment en ce qui concerne la protection de l'environnement et certaines normes sanitaires. Cet écart est 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 (Tableau 1). Cependant, la compétitivité du Brésil s'est à nouveau fortement améliorée depuis deux ans, en relation avec la dévaluation du real par rapport à l'euro.

**Tableau 1. Evolution des coûts de production du poulet vif en France et au Brésil (en €/kg vif)**

	Brésil		France		Surcoût France/Brésil	
	Coût du vif	Coût aliment	Coût du vif	Coût aliment	Coût du vif	Coût aliment
<b>2000*</b>	0.409	0.275	0.707	0.400	75.9%	47.5%
<b>2010*</b>	0.605	0.409	0.888	0.518	47.6%	27.5%
<b>2013*</b>	0.700	0.496	1.019	0.597	45.6%	25.2%

(Itavi d'après LEI, Embrapa et ses propres sources) \* moyenne triennale

Au sein de l'Union européenne, si la France n'accuse pas de handicap rédhibitoire sur le coût du vif (surcoût de 2 à 4 % selon les pays), elle a perdu l'avantage concurrentiel qu'elle possédait par le passé. Sur les coûts aval (abattage/découpe), l'écart apparaît plus significatif (de 15 à 35%). La différence de coût unitaire de la main-d'œuvre ouvrière entraîne la moitié de l'écart de coût d'abattage avec l'Allemagne. Le coût du travail salarié est en effet le 3<sup>ème</sup> plus élevé en France derrière la Belgique et les Pays-Bas. A cela s'ajoute le fait que le poids de la masse salariale dans la valeur ajoutée est très élevé en France (91 %) alors qu'il est beaucoup plus faible en Pologne ou en Roumanie (60 %) où l'automatisation des outils de production est plus forte. Les autres raisons sont liées à l'organisation, les gammes, la taille des outils ou leur taux de saturation. Au final, le surcoût sortie abattoir est estimé autour de 7 % (par rapport au Benelux et à l'Allemagne).

Le déficit français de compétitivité intra UE s'explique par un cumul de facteurs défavorables. Tout d'abord, l'environnement réglementaire est plus contraignant en France (fiscalité, coût du travail, interprétation plus contraignante en France de la réglementation environnementale ou sanitaire). Par exemple, les élevages français de 30 000 à 40 000 emplacements sont soumis au régime ICPE d'enregistrement alors que la directive européenne IED s'applique aux élevages de 40 000 emplacements et plus. Les outils (élevages et industriels) sont aussi plus petits. Alors que la capacité moyenne totale d'un atelier français professionnel de poulet standard (hors Label) était en 2010 de 30 000 poulets (en effectif instantané), les ateliers belges et espagnols hébergent en moyenne 30 000 animaux, les allemands 60 000 et les britanniques plus de 90 000 (RA 2010). Ces écarts de taille sont également constatés au niveau des outils industriels d'amont et d'aval. Enfin, un manque de standardisation des process et un manque d'investissements dans les outils à tous les stades de la filière française pénalisent la filière volailles de chair.

## Discussion

Au-delà du constat sur la perte de compétitivité de la France, il reste néanmoins quelques raisons d'espérer :

1. Une demande internationale et européenne dynamique notamment en viande de poulet. La croissance de la consommation se fera majoritairement dans des zones géographiques à faible potentiel productif où l'enjeu sera de développer des stratégies à l'export permettant de compenser le handicap de compétitivité coût. Ce dernier est en réduction du fait de la hausse du prix international des végétaux et de l'augmentation plus rapide du coût de la main-d'œuvre dans les Pays tiers.
2. Un marché français à forte valeur ajoutée et potentiellement attractif. La segmentation du marché français est une originalité par rapport à la concurrence. Elle est caractérisée par une grande diversité de produits, tant en termes d'espèces que de qualité.
3. Un déficit de compétitivité avec les pays du nord qui est surmontable. On observe une reprise timide des constructions de bâtiments d'élevage neufs, avec des taux de construction supérieurs à 2 % depuis 2012 ainsi que des restructurations dans le secteur industriel, avec des ambitions affichées de reconquête d'une partie du marché approvisionné par des viandes importées.

## Conclusion

Après avoir traversé une décennie clairement difficile, sous le poids de la concurrence des pays du nord de l'UE, les acteurs de la filière française de la volaille de chair doivent se structurer et s'organiser au mieux (avec l'appui des pouvoirs publics) et le soutien des consommateurs français, pour reconquérir le marché intérieur du poulet standard, maintenir un flux d'exportation vers l'UE comme vers les Pays tiers et valoriser commercialement les produits issus de la filière qualité. La contractualisation a également permis de sécuriser le revenu des éleveurs et améliorer la coordination entre certains maillons.

## Références bibliographiques

- Chatellier V., Magdelaine P., Tregaro Y. (2015). *La compétitivité de la filière volaille de chair française : entre doutes et espoirs*, INRA Productions Animales, 28 (5), 411-428.
- Cadudal F. (2015). *Les mutations des filières avicoles européennes depuis 2000*, Les études de FranceAgriMer, 102 p.

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

BOIZOT-SZANTAI C. <sup>1</sup>, SANS P. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA-UR1303 ALISS, 65 boulevard de Brandebourg, 94205 Ivry-sur-Seine, cedex

<sup>2</sup> ENV Toulouse et INRA-UR1303 ALISS, 23 chemin des Capelles, 31076 Toulouse cedex 03

christine.Boizot@ivry.inra.fr

**Abstract: Crossed price elasticities 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 was aimed at measuring the sensitivity of demand to price variation. uncompensated (not presented in this paper) and compensated price-elasticities from 1999 and 2009 were estimated for 10 groups of meat and meat products using a Quadratic Almost Ideal Demand System on a French data panel. As expected, direct price elasticities were higher for the most expensive meats. Regarding crossed price elasticities, we evidenced several situations of substitution and complementarity between group products. Nevertheless, the comparison with the literature remains problematic since the evaluation of elasticities depends on the data set used and the specifications of the chosen model.

## Introduction

La consommation de viandes se caractérise par une diminution globale des volumes consommés par habitant et par une modification de la structure tant en termes d'espèces (au profit des viandes de monogastriques) que de type de produits achetés (découpe, produits élaborés). Dans un contexte d'augmentation assez forte des prix de vente des principales viandes sur la dernière décennie (FranceAgriMer, 2015), il est intéressant d'étudier l'effet d'un des déterminants du choix des consommateurs : le prix. Cette contribution, qui poursuit et complète un travail antérieur (Boizot-Szantai et Sans, 2014), vise à évaluer la sensibilité de la demande à la variation des prix des biens de l'univers des produits carnés.

### 1. Matériel et méthode :

La méthodologie employée est décrite dans (Boizot et Sans, 2014). Nous avons utilisé un modèle QUAIDS (QuadraticAlmostIdealDemand System) pour mettre en évidence les substitutions ou complémentarités entre les produits sur un échantillon de 3021 ménages en 1999 et 6189 ménages en 2009 dont les achats ont pu être suivis tout au long de l'année. Après avoir vérifié que la structure de la dépense estimée par le modèle est très proche de la structure « réelle » (c'est-à-dire issue des valeurs du panel) pour les deux années observées, nous avons estimé, les élasticités-prix directes et croisées de la demande, non compensées (non présentées ici) et compensées (c'est-à-dire en neutralisant l'effet de perte de pouvoir d'achat liée à l'augmentation du prix du produit).

### 2. Résultats :

Les élasticités-prix croisées significatives, seules interprétables, sont relativement peu nombreuses (Tableau 2). Pour un couple de produits, les valeurs ne sont pas toujours significatives pour les deux années considérées. Leur interprétation est donc délicate.

Le découpage en dix groupes des produits carnés met en évidence les différences de valeur des élasticités directes selon l'ensemble concerné (Tableau 2 – cases grisées). Elles se situent, pour les viandes (6 premiers groupes) dans les plages de variation rapportées par Andreyeva *et al.* (2010) sur des données de la période 1938-2007 aux Etats-Unis ou par Gallet (2012) pour la zone Europe. Par ailleurs, conformément à ce qui est rapporté dans la littérature, les élasticités des viandes les plus chères sont les plus élevées (Wong *et al.*, 2013). Notons cependant que les valeurs que nous obtenons pour les viandes sont inférieures à celles publiées en 2009 par les services de la statistique agricole français en utilisant des données agrégées du panel KantarWorldPanel (Ageste, 2009)<sup>1</sup>.

Les principales substitutions concernent la viande de bœuf et le veau ou l'agneau (en 2009), le veau et le porc (en 1999), le veau et les autres charcuteries (en 2009), le porc et la volaille ou la charcuterie de volaille (en 2009), l'agneau et la charcuterie de porc (en 1999), la volaille et le porc frais ou en charcuterie et les produits préparés à base de viande (en 2009). Ces résultats concordent seulement en partie avec ceux rapportés dans des travaux menés dans d'autres pays (Aepli et Finger, Chernet *et al.* (2002). En ce qui concerne les complémentarités, elles concernent principalement dans notre étude, les viandes de volailles et de mouton avec le groupe « Autre viande » (dont le lapin et le cheval), la viande bovine et les autres charcuteries (en 2009).

Les différences observées dans les estimations des valeurs d'élasticités résultent essentiellement de 4 facteurs (Gallet, 2010) : la spécification du modèle utilisé pour les estimer, la méthode d'estimation, la zone géographique considérée et le type de données utilisées. A titre d'exemple, nos résultats ne concordent que partiellement – tant en ce qui concerne les valeurs que les substitutions ou complémentarités entre groupes de produits – avec celles obtenues dans une étude

---

1 En l'absence de travaux portant sur les mêmes sous-ensembles, les valeurs d'élasticités-prix obtenues pour les 4 autres groupes ne peuvent être confrontées à la littérature.

menée par le BIPE pour le compte de FranceAgriMer sur la période 2007-2013 et utilisant des données de la comptabilité nationale produites par l'INSEE (FranceAgriMer, 2015).

**Tableau 2** : Élasticités prix directes et croisées compensées.

		Bœuf	Veau	Mouton	Porc	Volaille	Autre viande	Charcuterie de Porc	Charcuterie de Volaille	Autre charcuterie	Produits préparés à base de viande
Bœuf	1999	-0.236*	0.366	-0.001	-0.039	0.079	0.511	0.013	0.316	-0.070	-0.085
	2009	-0.404***	0.471**	0.448*	0.134	0.080	0.462	-0.032	0.259	-0.528*	0.117
Veau	1999	0.117	-1.183***	-0.182	0.420***	0.025	-0.234	0.007	0.308	0.106	0.212
	2009	0.142*	-1.110***	0.240	-0.015	0.053	-0.101	0.066	-0.464	0.718***	0.085
Mouton	1999	0.000	-0.122	-1.158***	0.017	-0.006	-0.382*	0.148**	-0.011	0.001	0.263*
	2009	0.085	0.150	-0.943***	0.030	0.003	-0.375*	0.061	-0.378	-0.162	0.080
Porc	1999	-0.017	0.586**	0.035	-0.925***	0.072	0.035	0.082	0.212	0.055	0.072
	2009	0.058	-0.022	0.069	-0.646***	0.157*	0.251	-0.026	0.660*	-0.042	0.063
Volaille	1999	0.057	0.057	-0.020	0.117	-0.709***	-0.690**	0.247***	-0.638	0.368	0.305
	2009	0.064	0.141	0.013	0.290**	-0.732***	-0.667**	0.195***	-0.499	-0.180	0.446**
Autre viande	1999	0.070	-0.100	-0.245*	0.011	-0.131*	-0.387*	0.078	-0.012	0.107	0.071
	2009	0.057	-0.041	-0.243*	0.071	-0.102*	-0.604***	0.067*	0.030	0.166	0.010
Charcuterie de Porc	1999	0.020	0.035	1.095***	0.290	0.542***	0.899*	-0.572***	0.069	0.235	-0.064
	2009	-0.053	0.361	0.527	-0.097	0.401**	0.905*	-0.456***	0.848*	0.846*	0.150
Charcuterie de Volaille	1999	0.026	0.079	-0.004	0.039	-0.072	-0.007	0.004	-0.316	-0.020	0.019
	2009	0.031	-0.183	-0.239*	0.181**	-0.074	0.029	0.062	-0.571**	-0.020	0.036
Autre charcuterie	1999	-0.005	0.023	0.000	0.008	0.035	0.053	0.010	-0.017	-0.705***	-0.014
	2009	-0.026	0.119*	-0.043	-0.005	-0.011	0.068	0.026	-0.008	-0.933***	0.017
Produits préparés à base de viande	1999	-0.033	0.259*	0.479***	0.063	0.164**	0.203	-0.016	0.090	-0.077	-0.779***
	2009	0.047	0.113	0.170	0.058	0.225***	0.032	0.037	0.123	0.136	-1.003***

Une élasticité prix croisée indique la variation de la quantité demandée d'un bien j (en colonne) lorsque le prix du bien i (en ligne) augmente de 1%. Sur la diagonale en grisé, on retrouve les élasticités prix directes.

\*\*\*p<0.001; \*\*p<0.01; \*p<0.05

## Conclusion

Peu d'études se sont attachées à mesurer la sensibilité de la demande de ce groupe aux prix et les effets de complémentarité/substitution entre espèces ou type de produits. Ce travail constitue une contribution visant à combler (partiellement) ce manque. Compte-tenu de la sensibilité des évaluations des élasticités au modèle choisi et au type d'estimation (Gallet, 2010), il pourrait être utilement complété selon deux axes : d'une part, en utilisant différents modèles et méthodes d'estimation sur un même jeu de données et pour les mêmes agrégats ; d'autre part, en désagrégant les groupes de produits d'une même espèce afin d'étudier son effet sur les valeurs des élasticités et les substitutions entre produits (exemple : désagréger le groupe « Bœuf » composé de produits dont les dynamiques d'achat sont très diverses : forte progression des viandes hachées, régression des morceaux à braiser et bouillir).

## Bibliographie

- Agreste (2009) En 2009, la consommation de viande se contracte encore. Synthèses 4 p.
- Andreyeva T., Long M. W. and Brownell K. D. (2010). The Impact of Food Prices on Consumption: A Systematic Review of Research on the Price Elasticity of Demand for Food. *American Journal of Public Health* 100(2): 216-222.
- Chern W. S., Ishibashi K., Taniguchi K. and Tokoyama Y. (2002). Analysis of food consumption behavior by Japanese households. E. W. Paper. Roma, FAO: 81.
- FranceAgriMer (2015) Impact de la crise économique sur la consommation de viandes et évolution des comportements alimentaires. Disponible au : <http://www.franceagrimer.fr/content/download/38713/357409/file/SYN-VIA-21-impact%20crise%20conso%20viande%20comportement-2015.pdf>
- Gallet C. A. (2010). Meat Meets Meta: A Quantitative Review of the Price Elasticity of Meat. *American Journal of Agricultural Economics* 92(1): 258-272.
- Gallet C. A. (2012). A Meta-Analysis of the Price Elasticity of Meat: Evidence of Regional Differences. 2012 2(2): 12.
- Wong L., Selvanathan E. A. and Selvanathan S. (2013). Changing Pattern of Meat Consumption in Australia. The 42nd Australian Conference of Economists ; Beyond the Frontiers: New Directions in Economics, Perth, Murdoch University.

# LA CRISE DE LA FILIERE VIANDE BOVINE EN FRANCE ET EN UE, EFFETS DE LA CRISE LAITIERE & FAIBLESSES ENDOGENES

CHOTTEAU Ph., MONNIOT C.

Département Economie, Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy, F-75012 Paris

philippe.chotteau@idele.fr

**Abstract: Beef crisis in France & the EU, impact of the dairy crisis and specific weaknesses**

The EU beef industry chain has been deeply affected by the dairy market evolution over the last five years. The decapitalization after 2014 has flooded the beef market with cheap culled dairy cows. Consumption has been severely hit by the financial crisis in some importing EU countries, such as Greece, Italy or Spain. Consumption is more & more focused on industrially processed beef products, which is not in favor of suckler beef herds. How do we design a sustainable future for the suckler farming systems and the whole beef industry chain in the EU?

## Introduction

Les filières lait et viandes européennes sont en plein bouleversement depuis une dizaine d'années. Les élargissements successifs de l'UE, mais surtout la mise en place de « l'atterrissage en douceur » pour la sortie des quotas laitiers depuis avril 2008 et la crise économique et financière de l'automne 2008 ont profondément perturbé les équilibres antérieurs. La profonde crise laitière de ces deux dernières années a pu masquer la crise de la viande bovine, plus sourde mais sans doute plus durable.

## Matériel et méthode

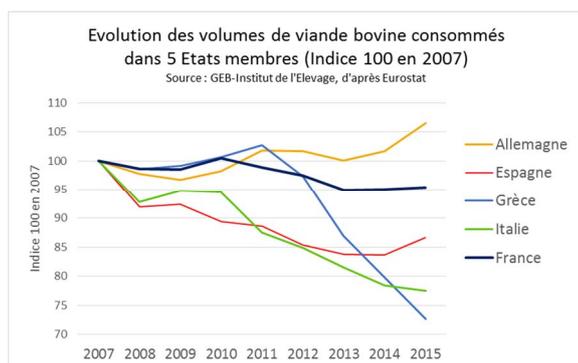
Cette synthèse reprend des éléments d'études menées en 2015-2016 par le Département Economie de l'Institut de l'Élevage, en collaboration avec divers partenaires, comme l'interprofession bovine Interbev, les Chambres d'agriculture dans le cadre des Réseaux d'élevage INOSYS ou encore les centres de gestion agricole du réseau CER-France. Outre l'analyse continue de nombreuses sources statistiques sur la conjoncture de la viande bovine (production, cheptel, commerce extérieur, prix, consommation...), les méthodes d'investigation utilisées diffèrent d'une étude à l'autre. Pour « Où va le boeuf », interviews et bilans chiffrés de 70 opérateurs de l'aval de la filière ; pour les estimations de revenus : analyses des comptabilités de 314 exploitations viande bovine des Réseaux d'élevage ; analyse des situations de trésorerie et d'endettement de 417 exploitations bovins viande de 10 départements avec CER-France.

## Résultats

De 2001 (dernière crise ESB) jusqu'en 2011, le cheptel laitier européen diminuait tendanciellement au rythme de la progression des rendements laitiers. Avec la perspective de la fin des quotas et l'attrait d'un prix du lait plutôt incitatif, il s'est mis à augmenter à partir de 2012. En décembre 2015, il était ainsi de 23,6 millions de têtes, supérieur de 2,2 millions de têtes à ce qu'il aurait été en prolongeant la tendance des années antérieures. En outre, le cheptel de génisses laitières augmentait lui aussi. Dans le même temps, le cheptel de vaches allaitantes oscillait un peu au-dessus de 12 millions de têtes.

Depuis l'été 2014, la crise du prix du lait est profonde et beaucoup plus longue que celle de 2009. Partout en UE, de nombreux éleveurs qui avaient dans les premiers mois de la crise maintenu leur cheptel ont ensuite lâché prise. L'inversion de la capitalisation antérieure a ainsi abouti à un rebond des abattages de femelles de 13% en deux ans. Selon nos estimations, elles représenteraient près de 47% de la production totale de viande bovine en 2016.

Ce nouvel afflux de viande d'origine laitière va à l'encontre de la tendance générale de la consommation européenne de viande bovine. En effet, la dé-consommation a atteint près de 1,3 million de têtes (-15%) entre 2007, à la veille de la crise économique et financière, et 2014. Par habitant, la tendance est encore plus marquée.



Cette dé-consommation est surtout marquée dans les pays les plus affectés par la crise et les politiques d'austérité, notamment en Grèce (-27%), en Italie (-23%) et en Espagne (-14%). Or ces pays sont aussi les principaux importateurs de produits issus du cheptel allaitant spécialisé, qu'il s'agisse de viande de jeunes bovins ou d'animaux d'élevage destinés à l'engraissement sur place (brouillards). A l'inverse, un pays comme l'Allemagne voit sa consommation augmenter de 7% sur la période.

Si la crise économique semble être le déterminant premier de cette dé-consommation, d'autres remises en cause plus

insidieuses pourraient la miner à l'avenir. Ainsi, les attaques médiatiques contre les régimes carnés, voire contre l'élevage de rente en général, ont un impact croissant partout en Europe de l'Ouest, y compris dans les pays du Sud jusque récemment plutôt épargnés. Certes, le pourcentage de végétariens stricts progresse peu (2% en France selon un récent sondage de l'IFOP commandé par le projet ACCEPT), mais le flexitarisme est très en vogue, comme on a pu récemment le constater dans les allées du SIAL qui s'est tenu en octobre 2016 à Paris. Une étude récente du CREDOC (consommation et comportements alimentaires des Français en 2016) estime ainsi à 23% la part des flexitariens en France.

Par ailleurs, la consommation de viande bovine est de plus en plus orientée vers les produits élaborés, au détriment des découpes, notamment celles vendues en barquettes. Ainsi, l'étude « Où va le bœuf » indique qu'en France, 42% de la viande bovine commercialisée est passée par la transformation industrielle en 2014, avec comme locomotive le haché, tant en GMS qu'en restauration. Même en boucherie, le haché (artisanal) représentait 21% des ventes en volumes. Ces fabrications industrielles concernent d'abord et avant tout des femelles d'origine laitière (en 2014, 52% des volumes). Mais elles absorbent aussi une part croissante des carcasses d'animaux à viande (32% des tonnages de femelles de races à viande étaient transformés), limitant les différentiels de valorisation entre les animaux de type viande et lait. Ainsi, l'afflux actuel de femelles laitières de réforme affecte-t-il les débouchés des femelles de type viande, pris en étau entre la baisse des ventes de viandes piécées et la concurrence accrue sur le marché de l'élaboré. Les élevages allaitants sont en outre directement affectés par la baisse de la demande dans les pays importateurs de viande de jeunes bovins et de broutards, comme la Grèce, l'Italie ou l'Espagne.

Ainsi, entre baisse des prix des femelles, des broutards et des jeunes bovins, les revenus des éleveurs naisseurs français se dégradent depuis 2014. Selon nos premières estimations, un quart des éleveurs suivi par les Réseaux d'élevages, ayant pourtant des performances techniques bien au-dessus de la moyenne des exploitations françaises de même type, auraient dégagé moins de 10 k€ de revenu courant avant impôts et charges sociales par travailleur familial en 2016. Une autre étude pour le compte de la CNE montre sur la période 2013-2015 une dégradation rapide de la situation des trésoreries des élevages spécialisés viande, avec des dettes fournisseurs qui ont doublé en 2 ans. Pour l'ensemble de ces exploitations spécialisées en bovins viande, il fallait en 2015 8 € d'actif pour espérer dégager 1 € d'EBE !

## Discussion

Les abattoirs européens tournent à plein régime depuis 2 ans en UE grâce aux flux de réformes laitières. Mais les débouchés sont toujours plus difficiles à trouver, en UE comme dans les pays tiers où la concurrence est féroce malgré des perspectives alléchantes. Cette concurrence est d'ailleurs paradoxalement moindre pour les exportations de bovins vivants dans le bassin méditerranéen et au Proche-Orient, mais ceux-ci restent dépendants de nombreux aléas sanitaires (ex FCO) et politiques (ouverture/fermeture du marché turc). La question se pose tout particulièrement de la valorisation des animaux de type viande, dont la place spécifique dans les linéaires français, britanniques, et *a fortiori* italiens ou grecs est profondément remise en cause. C'est toute une stratégie de valorisation qui est à reconstruire. Cela ne pourra passer que par une assurance de satisfaction (expérience gustative) du consommateur, et par une image qui s'appuie sur une histoire sincère et vérifiable qui lui parle (naturalité, locavorisme, bien-être animal...).

La demande sur le segment haut de gamme de la viande bovine progresse en France, en UE, comme dans de nombreux pays émergents. Mais les produits du cheptel allaitant européen sont en concurrence avec ceux, souvent plus compétitifs, originaires des grands pays exportateurs (Australie, USA, Canada, Argentine, Uruguay...), comme en témoigne par exemple le succès du « Black Angus » sur les tables des restaurants du monde entier. Les arguments en faveur du bœuf européen ne manquent pourtant pas (normes les plus drastiques au monde, absence d'hormone...).

## Conclusion

Les systèmes d'exploitation spécialisés viande sont pour la plupart très fragilisés en UE. Soumis à des aléas climatiques et sanitaires toujours plus nombreux, sur un marché ballotté au gré des déséquilibres des marchés laitiers, ils sont aujourd'hui peu résilients, avec un retour sur investissement très long. La dernière réforme de la PAC n'a pas pu leur donner les souplesses nécessaires. C'est toute une stratégie de développement durable qui est aujourd'hui à redéfinir, pour ces élevages comme pour la filière dans son ensemble.

## Références

- « Où va le bœuf », Dossier Economie de l'Élevage n°461 – Octobre 2015
- « Annuel Bovins Viande », Dossier Economie de l'Élevage n°464 – Janvier 2016
- « Etat de l'endettement et des trésoreries des élevages bovins en France », étude Institut de l'Élevage pour la CNE à paraître.
- « Etude Consommation et comportements alimentaires des Français », CREDOC – Octobre 2016 (présentation des principaux résultats de cette étude réservée aux souscripteurs dans la lettre ACTU de Culture Viandes n°42)

# REPARTITION DES GAINS DE PRODUCTIVITE EN ELEVAGE BOVIN VIANDE. QUI SONT LES GAGNANTS ET LES PERDANTS SUR LES 35 DERNIERES ANNEES ?

VEYSSET P. <sup>1</sup>, LHERM M. <sup>1</sup>, NATIER P. <sup>2</sup>, BOUSSEMART J.P. <sup>2</sup>

<sup>1</sup>UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup>Université de Lille, LEM/IESEG-School of Management, 59000 Lille, France

patrick.veysset@inra.fr

**Abstract: Generation and distribution of productivity gains in beef cattle farming. Who are the winners and the losers over the last 35 years?**

Thanks to the surplus accounting method, we measured the productivity gains and the combined effects of output and input price variation on Charolais beef cattle farmers' income between 1980 and 2014. During this period, the total factor productivity has grown slightly at an average annual rate of 0.16% mainly due to a huge increase in labour productivity, while the productivity of all other factors decreased. We observed a decrease in the farmers' income, a slight drop in intermediate consumption prices, land rent and financial costs, and a high increase in public aids. Over the 35 years, with a share of nearly 60% of the global surplus, the downstream of the beef sector appears as the main beneficiary of these productivity gains through a decrease in agricultural product prices. The state was the main funder of this drop in prices and farmers were the losers in the surplus distribution via a significant decrease of their income.

## Introduction

Les gains de productivité en agriculture ont permis une baisse des coûts de production et des prix des produits agricoles. Pourtant, depuis les années 90, on observe une baisse de la productivité des facteurs variables dans le secteur de l'élevage bovin viande (Veysset et al. 2015), alors que la productivité du travail ne cesse de s'accroître. Il est alors important de s'intéresser aux déterminants de la formation de ces gains de productivité, et à leur répartition entre les différents agents économiques. Cet article propose d'évaluer, par la méthode des comptes de surplus (Boussemart et al., 2012), les gains de productivité globale des facteurs de production et les effets combinés des variations de prix des produits agricoles et des facteurs pour des exploitations bovines allaitants Charolais au cours des 35 dernières années (1980-2014).

## Matériels et méthodes

L'étude porte sur un réseau d'exploitations d'élevage bovines allaitants charolais, suivies sur le long terme. 168 exploitations ont été présentes au moins deux années consécutives entre 1980 et 2014 pour un total de 3071 observations (exploitations-années) sur ces 35 années. Avec une moyenne annuelle de 87,7 exploitations, nous comptons en échantillon constant 24 exploitations sur 35 années (27% de l'échantillon total), 46 exploitations sur 25 ans (1990-2014) et 53 exploitations sur 15 ans (2000-2014). Ces exploitations sont des exploitations professionnelles de grande taille (Veysset et al., 2014).

Entre deux années, les gains de productivité mesurent les évolutions de la différence entre volumes de la production et volumes des facteurs de production (consommations intermédiaires, capital, terre, travail). Les volumes de chacun des postes sont calculés à partir des valeurs économiques annuelles observées et d'indices de prix spécifiques à l'agriculture. En déflant chaque poste de produit et chaque poste de charge de son indice de prix respectif, la variation de valeur déflatée observée entre deux années correspond à la variation de volume de ce poste entre ces deux années. La variation de l'indice de prix d'un poste entre deux années correspond à sa variation de prix.

Les comptes de surplus permettent de mettre en évidence la répartition entre agents du surplus économique résultant des gains de productivité. Cette méthode repose sur le fait que, entre deux périodes, les variations de valeur liée aux variations de volume entre les produits et les intrants (surplus de productivité globale des facteurs de production, SPG), sont égales aux variations de valeur liée aux variations de prix (avantage prix, AP). Cette égalité montre qu'entre deux périodes, une entreprise est contrainte de ne pouvoir distribuer sous forme de variation de rémunérations (ou d'avantages prix) que ce qu'elle est capable de générer en termes de gains de productivité. L'augmentation du prix d'un intrant est considérée comme un avantage prix pour son fournisseur (sa rémunération augmente), la baisse de prix d'un produit est considérée comme un avantage prix pour le client (le prix du produit est moins élevé). En cumulant les avantages prix négatifs avec un SPG positif, on obtient le montant total des ressources que les bénéficiaires d'avantages positifs vont se partager. Si l'entreprise enregistre une baisse de productivité (SPG < 0), elle doit contrebalancer par des prélèvements supplémentaires sur certains partenaires qui subiront des désavantages prix. On peut alors construire un compte de surplus équilibré entre emplois et ressources (tableau 1).

Tableau 1 : origine et distribution du surplus économique total

	Surplus économique total	
	Distribution ou emploi	Origine ou ressource
Efficiency technique du système	SPG négatif	SPG positif
Clients	Baisse du prix des produits	Augmentation du prix des produits
Fournisseurs de consommations intermédiaires	Augmentation du prix des consommations intermédiaires	Baisse du prix des consommations intermédiaires
Fournisseurs de facteurs fixes	Augmentation de la rémunération	Baisse de la rémunération
Etat	Baisse des aides publiques	Augmentation des aides publiques
Exploitant	Augmentation du revenu	Baisse du revenu

Les variations de volume, de prix, les SPG et AP sont calculés chaque année n+1 par différence avec l'année n pour chaque exploitation présente l'année n et l'année n+1. Une moyenne des résultats annuels des SPG et AP est effectuée, puis nous additionnons ces moyennes pour obtenir le cumul des surplus de productivité globale et d'avantages prix et ainsi réaliser le compte de surplus équilibré sur la période considérée. Les calculs ont été effectués à partir de 11 produits répartis en 3 groupes (production bovine, autres productions, subventions) et 32 intrants regroupés en 5 groupes (consommations intermédiaires, capital, foncier, travail, profitabilité).

## Résultats

La productivité du travail n'a pas cessé d'augmenter sur les 35 années (+2,05%/an), alors que celle du foncier s'est détériorée depuis 1992 (extensification des surfaces fourragères et stagnation du rendement en céréales). La productivité des consommations intermédiaires décroît continuellement (-0,39%/an). Du fait des très forts investissements bâtiments et surtout matériel réalisés au cours des années 90, la productivité du capital décroît fortement (-0,85%/an). La constante hausse de la productivité du travail entraîne un gain de productivité globale de +0,16%/an.

De 1980 à 2014, le cumul du surplus de productivité global et de la valeur absolue des avantages prix négatifs représente, en euros constant, un surplus économique total de 87 830 euros (tableau 2). Ce surplus économique provient majoritairement de l'Etat (57%) via les aides distribuées aux éleveurs, et pour seulement 15% aux gains de productivité globale. On observe une baisse du prix des consommations intermédiaires et des fermages (baisse qui représentent respectivement 8% et 7% du surplus économique). Malgré un gain de SPG et les aides publiques, le revenu des exploitants chute, cette baisse de la rémunération du travail des éleveurs représente 12% du surplus économique cumulé. L'ensemble de ces ressources est captée à 88% par l'aval, sous forme de baisse de prix des produits agricoles. C'est l'aval de la filière bovine qui a le plus gagné en captant 61% du surplus. Les cotisations sociales des exploitants ont augmenté captant 6 % des ressources, le travail salarié a légèrement augmenté et les fournisseurs de matériels et équipements ont captés 3% du surplus.

Tableau 2 : compte de surplus cumulé 1980-2014, en % des ressources et emplois

Distribution ou emploi	%	Origine ou ressource	%
Aval bovin	61	SPG	15
Aval autres productions	27	Fournisseurs consommations intermédiaires	8
Cotisations sociales exploitant	6	Propriétaires fonciers	7
Salariés	3	Banques (frais financiers)	2
Matériel et bâtiments	3	Etat, UE, public	57
		Exploitant	12
Total emplois 87 830€	100	Total ressources 87 830€	100

## Discussion

De 1980 à 2015, en euros constants, le prix des bovins payés aux producteurs a chuté de 40%, alors que le prix de la viande bovine achetée par les consommateurs (indice des prix à la consommation viande bovine) a augmenté de 25%. L'observatoire de la formation des prix et des marges note, dans son dernier rapport (FranceAgriMer, 2016), que le résultat courant avant impôt des entreprises de transformation des filières viande bovine demeure très faible et que la marge nette du rayon boucherie des grandes et moyennes surfaces est négative. La baisse des prix à la production des bovins s'est donc diluée au sein de l'aval de la filière parmi un grand nombre d'acteurs, traduisant une transformation de fond des modes de mise en marché, de transformation, de distribution et de consommation des produits alimentaires. De 1995 à 2007, la part de la valeur ajoutée agricole dans la consommation alimentaire passe de 12% à 8%, alors que celle des services passe de 15% à 19% (Boyer et Butault, 2013). Le transfert du gain économique du citoyen (l'Etat) vers l'aval n'a pas forcément bénéficié au consommateur. En fait, les aides PAC perçues par les éleveurs cumulent des aides liées à la production (1<sup>e</sup> pilier) et au développement rural (2<sup>nd</sup> pilier : social, économique et environnemental), et il apparaît que la quasi-totalité de ces aides ait été captée par l'aval des filières alimentaires.

## Conclusion

L'analyse de la répartition des ressources productives du secteur bovin-viande charolais au cours des 35 dernières années montre que les clients de la filière ont été les principaux gagnants via les baisses de prix. Le financement de ces baisses de prix a été essentiellement assuré par l'Etat et l'Union européenne via l'ensemble des aides publiques. Les gains de productivité du travail des éleveurs masquent l'érosion de la productivité des autres facteurs (foncier, consommations intermédiaires et capital). La baisse du revenu des exploitants indique clairement qu'ils sont perdants dans cette répartition des gains de productivité. Pour enrayer la chute de la valeur ajoutée créée par l'élevage et améliorer le profit des éleveurs, une solution pourrait être d'attacher les productions agricoles au territoire, à travers la production de proximité (engraissement des animaux localement) et les labels de qualité. L'enjeu, pour les agriculteurs, est de capter une partie des services prenant de plus en plus de place dans la consommation alimentaire.

## Références bibliographiques

- Boussemart J.P., Butault J.P., Ojo O. (2012). Bulletin USAMV, Horticulture, 69(2), 55-67.  
 Boyer P., Butault J.P. (2013). Économie rurale, 342, 45-68.  
 FranceAgriMer (2016). Rapport au Parlement 2016, 262p.  
 Veysset P., Benoit M., Laignel G., Bébin D., Roulenc M., Lherm M. (2014). INRA Prod. Anim., 27(1), 49-64.  
 Veysset P., Lherm M., Roulenc M., Troquier C., Bébin D. (2015). Economie Rurale, 349-350, 149-169.

# PLACE DE LA VIANDE ROUGE IMPORTEE DANS LA CONSOMMATION HUMAINE ALGERIENNE

SADOUD M. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université H. Benbouali de Chlef, Faculté des sciences de la Nature et de la vie, Département de Biologie, Chlef, (02 000), Algérie.

m\_sadoud@yahoo.fr

## Abstract: Place of imported red meat into Algerian human consumption

Since the submission to competition and the opening of import quotas to private importers in 1990, the import of red meat has increased significantly. Given the lack of a local production of meat, supply from domestic production has been complemented by imports generally operated as frozen meat. Since liberalization and the opening of foreign trade in 1990, these imports have been increasing. We used the statistics of meat imports from MADR, the CNIS and the FAO which were analyzed in this study. The goal through this is to show the place of red meat imported into Algerian human consumption.

## Introduction

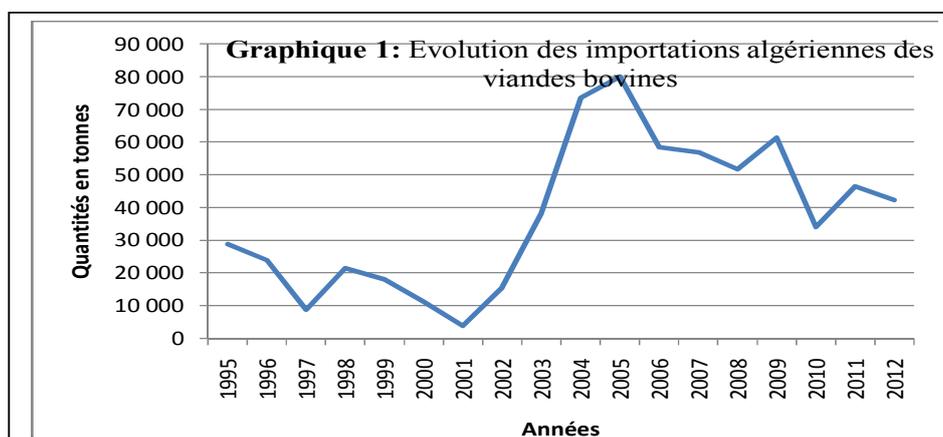
La filière viande rouge en Algérie repose globalement sur des élevages bovins et ovins. Elle est articulée à un marché interne fort rémunérateur, du fait du maintien de la demande à un niveau relativement élevé (Sadoud, 2010). Elle constitue un secteur stratégique dans l'économie nationale et ce par sa contribution à la satisfaction des besoins en protéines animales d'une population en plein essor démographique. Elle a connu une croissance de 50% en passant de 220 000 tonnes en 1990 à 350 000 tonnes en 2011 ; une augmentation concernant autant les bovins que les ovins. Mais, la consommation de l'algérien en viande rouge n'excède pas 11 kg par personne et par an (MADR, 2013). L'analyse qui suit traite la place de la viande rouge importée dans la consommation humaine algérienne.

## Matériel et méthodes

Cette analyse est conduite à partir des travaux de recherches menés sur les viandes rouges en Algérie par Sadoud (2010, 2011), ainsi qu'à partir des statistiques du centre national d'informatique et de ceux établis par le Ministère de l'agriculture et du développement rural et de la FAOSAT (MADR, 2013 ; CNIS , 2014 et FAOSTAT). Nous avons recalculé ces données par année et par groupe de pays qui sont les grands pays exportateurs d'Europe, d'Amérique Latine, d'Amérique du Nord et d'Asie

## Résultats et discussion

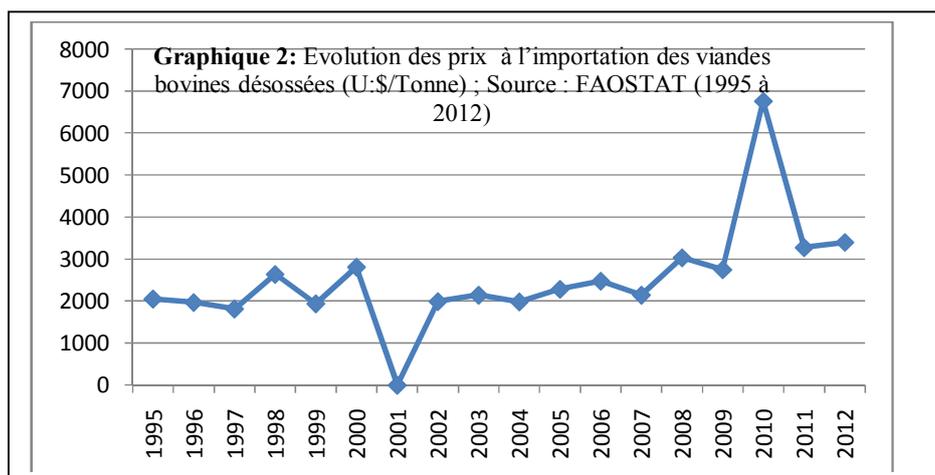
D'après les statistiques du CNIS, les importations de viande rouge en Algérie ont connu une tendance à la hausse jusqu'en 2001, année caractérisée par un recul des tonnages importés, qui s'explique surtout par les barrières à l'importation mises en place par les autorités sanitaires depuis l'apparition de la maladie de la vache folle en Europe. De plus, selon les statistiques du centre national d'informatique et statistique (CNIS, 2014), l'Algérie a exporté de la viande bovine locale durant les années 1996, 1997 et 1998 avec des quantités respectivement de 24, 29 et 30 tonnes et ce vers la France, la Belgique, l'Allemagne et le Niger.



De 2002 à 2005, les importations de viande ont connu un développement rapide en passant de 15 000 tonnes en 2002 à 60 000 tonnes en 2007, suite à leur faible prix de vente (Graphique 1).

En raison de l'augmentation des prix de la viande locale, l'importation nationale en viandes bovines est devenue un impératif pour réguler le marché où la flambée des prix devient monnaie courante, notamment à l'approche du Ramadan et des fêtes (Sadoud et Chehat, 2011).

Le marché international de la viande rouge n'a que peu d'influence sur le fonctionnement des segments de la filière, puisque 80% des disponibilités proviennent de la production locale. Malgré cela, les importations de ces viandes rouges se classent actuellement parmi les principaux produits alimentaires importés. En 2006, la valeur annuelle des importations, constituées essentiellement de viande bovine est de l'ordre de 144 millions de Dollars (CNIS, 2014). Le total des importations des produits alimentaires est estimé à 3,43 milliards de \$ US ; les viandes bovines comptent pour environ 5,1%, ce qui les place en cinquième position dans les importations algériennes des biens de consommation (MADR, 2013). Bien que les importations de viandes bovines aient connu une régression en 2006 en quantité, de l'ordre de 25% par rapport à 2005, la valeur des importations en \$/tonne a connu une augmentation de 10% durant la même période et s'est maintenue au même niveau durant l'année 2012, soit 2500 \$/tonne. Ceci suggère que les prix de la viande bovine connaîtront des fluctuations significatives au cours des prochaines années pour deux familles de raisons : d'une part la hausse du coût des aliments des animaux et le renforcement de la demande de viande qui est en grande partie liée à la croissance économique des pays en développement (FAO, 2008) et, d'autre part, la mise en œuvre de nouvelles règles du commerce international régies par l'organisation mondiale du commerce avec la réduction des subventions aux produits agricoles et la gestion et la régulation des stocks. A cela, s'ajoutent les fluctuations observées au cours des dernières années dues en partie aux contraintes sanitaires à la suite des graves perturbations qu'a connu le monde notamment avec des épidémies accentuées du cheptel bovin, qui ont servi de tremplin à la création de nouvelles règles induisant des coûts plus élevés à la production (Graphique 2). Ainsi, pour des raisons sanitaires, l'UE est le fournisseur exclusif de l'Algérie en Broutard et bovins d'abattage.



## Conclusion

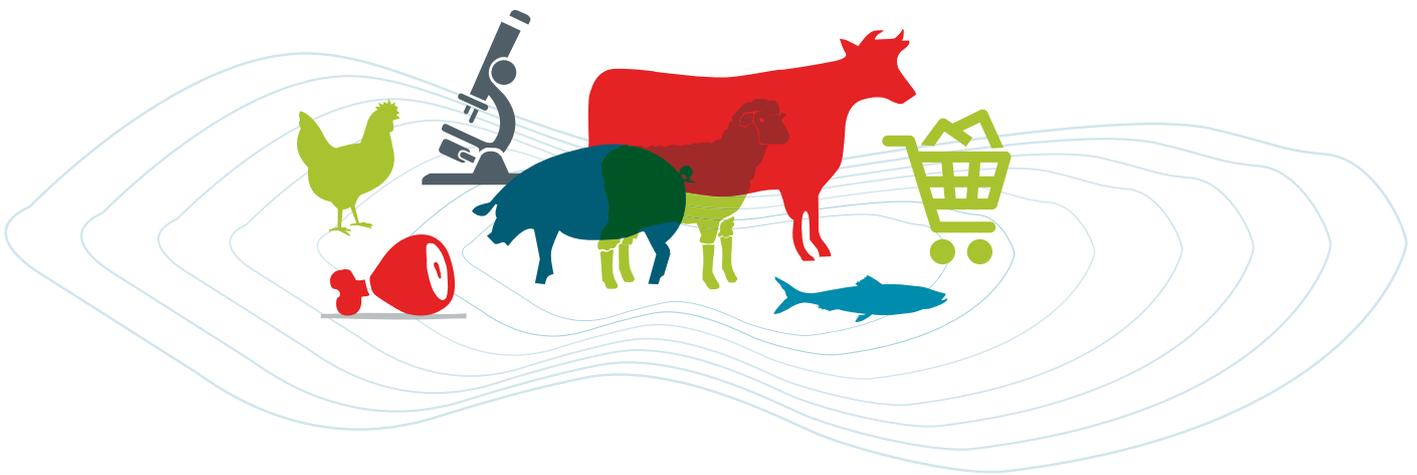
La production algérienne arrive difficilement à satisfaire la demande croissante en viandes rouges. En effet, la hausse des prix de cette dernière a entraîné des importations afin de satisfaire la demande de la population en ces produits en provenance principalement des pays d'Amérique et qui représentent 20% de la consommation globale. Les perspectives de l'évolution de la démographie et de l'urbanisation laissent craindre que la production locale n'arrive pas à suivre le rythme de la démographie et entraîne une croissance des importations.

## Références bibliographiques

- Benfrid M (1998). La commercialisation du bétail et de la viande rouge en Algérie, séminaires Méditerranéens, France. CNIS, Centre national d'informatique et de statistiques (1990-2014)  
FAOSTA (1995-2012)  
MADR, (2013). Ministère de l'agriculture et du développement rural 2013.  
Sadoud M. et Chehat F. (2011). Rôle du maillon abattage dans les circuits de commercialisation des viandes rouges en Algérie. Rencontres Recherches Ruminants, 16, 219.  
Sadoud M. (2010). Rôle des marchés du bétail dans les filières viandes bovine et ovine d'une région semi-aride algérienne. European Association of Agricultural Economists, 116<sup>th</sup> Seminar, Parma, Italy.



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 4**

**« Prédiction de la qualité sensorielle »**



# LES BIOMARQUEURS D'UN MUSCLE POUR PREDIRE LA TENDRETE ET LA TENEUR EN LIPIDES DES CARCASSES DE L'AOP MAINE ANJOU

PICARD B. <sup>1</sup>, AL JAMMAS M. <sup>1</sup>, COUVREUR S. <sup>2</sup>, PECOT M. <sup>3</sup>, AMINOT G. <sup>3</sup>, LEGER S. <sup>4</sup>,  
DE KONING L. <sup>5</sup>, VALAIS A. <sup>3</sup>, BONNET M. <sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont université, 63122 Saint-Genès-Champanelle ;

<sup>2</sup>Unité de Recherche sur les Systèmes d'Elevage (URSE), Univ Bretagne Loire, Ecole Supérieure d'Agricultures (ESA), 49007 Angers Cedex ;

<sup>3</sup>S.I.C.A. Rouge des Prés, 49220 Chenillé-Champteussé ;

<sup>4</sup>CNRS, UMR 6620, Laboratoire de Mathématiques, 63171 Aubière ;

<sup>5</sup>Institut Curie Centre de Recherche, Université de recherche PSL, Plateforme RPPA, 75248 Paris Cedex 05

brigitte.picard@inra.fr

**Abstract: Biomarkers of one muscle as predictors of carcass tenderness and intramuscular fat (IMF) content in Maine Anjou PDO**

The aim of this study was to predict tenderness and intramuscular fat (IMF) content of the French PDO Maine Anjou by the measure of the relative abundance of accurate candidate biomarkers of these traits. Another objective was to choose among five muscles, one on which the abundance of biomarkers could be measured in order to predict the tenderness and the IMF of the others. The results show that the abundance of 4 proteins of the *Triceps brachii* combined with data on slaughter age and finishing period duration, allowed an accurate prediction of the affiliation group of tenderness and IMF.

## Introduction

La tendreté et la teneur en lipides de la viande sont deux critères majeurs conditionnant la qualité sensorielle des viandes. Pour la viande bovine, la tendreté représente la première qualité recherchée. Même si les principaux facteurs de variation sont aujourd'hui bien connus (Guillemin *et al.*, 2009), elle se caractérise encore par une grande variabilité non maîtrisée. De plus, à l'heure actuelle il n'existe aucune méthode simple, fiable et reproductible pour la prédire. C'est pourquoi, depuis une dizaine d'années des travaux de génomique fonctionnelle ont été entrepris afin d'identifier des protéines considérées comme des biomarqueurs de la tendreté utilisables dans des équations de prédiction. Ainsi une liste de protéines prédictives de la tendreté a pu être établie (pour revue Picard *et al.*, 2015). Le projet QUAFIMA (Qualité en Filière Maine Anjou) conduit en collaboration entre la SICA Rouge des Prés, l'Inra et l'ESA d'Angers avait pour objectif de compléter la liste de biomarqueurs de tendreté en révélant des protéines spécifiques à la race Rouge des Prés et d'étendre la démarche à la recherche de biomarqueurs de la teneur en lipides intramusculaires (LIM). Un second objectif était de choisir un muscle sur lequel ces biomarqueurs pourraient être mesurés à terme pour prédire la tendreté et les LIM d'un ensemble de morceaux de la carcasse.

## Matériel et méthodes

L'étude a porté sur 101 bovins de l'AOP Maine Anjou abattus en abattoir industriel (Charal, Sablé sur Sarthe). Des échantillons de 5 muscles de tendreté et adiposité différentes ont été prélevés : le faux-filet (*Longissimus thoracis* : LT), le tende de tranche (*Semimembranosus* : SM), la bavette de flanchet (*Rectus abdominis* : RA), la boule de macreuse (*Triceps brachii* ; TB) et le rond de gîte (*Semitendinosus* : ST). Le jour de l'abattage une partie de l'échantillon a été découpée en petits cubes congelés directement dans l'azote liquide pour les analyses de biomarqueurs.

Au moment de la découpe (72 heures après abattage) une tranche de 3 cm d'épaisseur de chacun des 5 muscles a été mise sous vide, une partie a été laissée à mûrir pendant 14 jours à 4°C puis congelée à -20°C. L'autre partie a été congelée à -20°C pour mesurer la teneur en LIM par la technique « accelerated solvent extractor : ASE200 » (Couvreur *et al.*, 2013). La tendreté de la viande a été évaluée par mesure de la force de cisaillement (warner-bratzler : WB) des échantillons après une cuisson sur grill jusqu'à 55°C à cœur.

Une partie des échantillons congelés dans l'azote liquide a été broyée et les protéines extraites pour une mesure de l'abondance relative de 20 protéines biomarqueurs de tendreté et/ou de teneur en LIM par la technique RPPA (Akbani *et al.*, 2014). Cette technique permet l'analyse simultanée de 500 échantillons pour 20 protéines à l'aide d'anticorps spécifiques. La spécificité de ces anticorps sur muscle bovin et leurs conditions d'utilisation, ont été au préalable définies par western-blot basé sur le même principe de révélation que la méthode RPPA. Les abondances relatives des 20 biomarqueurs ont ensuite été mises en relation avec les données de WB et LIM par analyses statistiques multidimensionnelles. Un WB moyen pondéré (WBmp) prenant en compte la valeur bouchère des 5 muscles a été calculé à l'aide de la formule suivante :  $3 \times \text{WB}_{LT} + 2 \times \text{WB}_{SM} + 2 \times \text{WB}_{RA} + \text{WB}_{TB} + \text{WB}_{ST}$ . A partir des valeurs de WBmp, 3 groupes de tendreté ont été constitués en fonction de notre expertise et des informations disponibles dans la littérature : tendres ( $\text{WBmp} < 42 \text{ N/cm}^2$ ), durs ( $\text{WBmp} > 50 \text{ N/cm}^2$ ), moyens ( $42 < \text{WBmp} < 50 \text{ N/cm}^2$ ).

La prédiction de l'appartenance à un des 3 groupes a été réalisée en appliquant des arbres de décision à l'aide du logiciel XLSTAT v.2009.1.01. Enfin, parmi les carcasses tendres, un autre arbre de décision a permis de distinguer les viandes tendres et maigres ( $\text{LIM} < 2,5\%$ ) et les tendres et grasses ( $\text{LIM} > 2,5\%$ ).

## Résultats et discussion - Prédiction de classes de tendreté et d'adiposité

La stratégie de tri des carcasses proposée est constituée de 3 étapes permettant un classement en 4 groupes : durs, tendres, très tendres maigres et très tendres grasses afin d'optimiser leur affectation et leur traitement industriel. Les résultats obtenus (Tableau 1) montrent qu'il est possible de classer les WBmp dans ces groupes avec une précision de 70 à 100% selon les cas. Pour chaque muscle le nombre de protéines (parmi les 20 mesurées) retenues dans les arbres de décision varie de 2 à 6. Dans certains cas la prédiction est améliorée en prenant en compte des facteurs tels que le poids carcasse, l'âge à l'abattage ou la durée de finition, qui sont des critères facilement disponibles à l'abattage. Les critères considérés quant au choix du muscle à retenir parmi les 5 pour une utilisation à terme dans un outil de prédiction utilisable à l'abattoir, sont d'utiliser le moins de protéines possibles, de permettre un bon classement en ne tolérant aucun WPmp dur (0%) prédit dans les tendres et d'accepter une erreur de 5% maximum pour le classement d'un moyen en dur ou inversement. Ainsi, si l'on combine les 3 étapes selon ces critères, au final 6 protéines différentes doivent être mesurées pour les muscles LT, TB, SM ; 7 pour le ST et 9 pour le RA.

**Tableau 1** : Résultats des prédictions d'appartenance à une classe obtenus par les arbres de décision, prenant en compte l'abondance relative des 20 biomarqueurs dans chacun des 5 muscles et des facteurs liés à l'animal ou sa conduite disponibles à l'abattoir

Etapas	Muscles	Variables prédictives	% de bien prédits	
			Durs	Autres
<b>Etape 1</b>	LT	2 protéines + poids carcasse	70	93
	SM	4 protéines	100	87
	RA	2 protéines + poids carcasse	83	85
	TB	3 protéines + durée finition	79	93
	ST	4 protéines	80	90
<b>Etape 2</b>			Moyens	Tendres
	LT	3 protéines + âge ab.	85	77
	SM	2 protéines + âge ab.	84	73
	RA	6 protéines + âge ab.	83	81
	TB	3 protéines	80	83
	ST	2 protéines + âge ab., durée finition	88	81
<b>Etape 3</b>			Tendres maigres	Tendres gras
	LT	3 protéines	95	86
	SM	2 protéines	89	86
	RA	3 protéines	100	100
	TB	2 protéines	90	78
	ST	3 protéines	100	90

*Il est à noter que la même protéine peut se retrouver à différentes étapes.*

Afin d'utiliser le moins possible de protéines, ces premiers résultats nous ont conduits à approfondir les analyses sur les muscles TB et SM dont le prélèvement à l'abattage déprécie moins la carcasse que pour le LT. Ainsi pour le muscle TB nous proposons l'utilisation de seulement 4 protéines qui avec l'âge à l'abattage et la durée de finition prédisent des WBmp durs avec une précision de 93%, les moyens et les tendres avec une précision de 73% pour chacun. Les tendres maigres sont bien classés à 60% et les tendres gras à 85%. Ces premiers résultats demandent maintenant à être validés sur de nouveaux jeux de données sur des effectifs élevés et à être affinés pour améliorer encore les niveaux de prédictions obtenues.

## Conclusion

Ces résultats montrent qu'il est possible de classer correctement les carcasses de l'AOP Maine Anjou selon leur tendreté et adiposité à partir de 4 protéines biomarqueurs et d'informations sur l'âge à l'abattage et la durée de finition des animaux. Ils identifient également le muscle TB comme muscle prédicteur. Le prélèvement de quelques grammes de ce muscle de l'avant de la carcasse à l'abattage présente l'avantage de ne pas trop déprécier la carcasse. D'autre part, les résultats présentés par Al Jammas *et al.* (JSMTV 2016) montrent que c'est le seul des 5 muscles analysés pour lequel l'abondance des 20 protéines biomarqueurs n'est pas différente entre les vaches et les bœufs, ce qui constitue un autre atout de ce muscle utilisable pour des prédictions à la fois chez des bœufs et des vaches. Enfin, l'analyse des résultats montre que d'autres combinaisons de protéines parmi les 5 muscles considérés permettent une bonne prédiction des classes de tendreté/teneur en LIM et restent à considérer dans des étapes de validations.

## Remerciements

Région Pays de la Loire pour le financement, Arnaud Cougoul pour sa participation aux analyses statistiques, Bérengère Ouine, Aurélie Cartier et Audrey Criqui pour les expériences RPPA.

## Références bibliographiques

- Akbani R., Becker KF., Carragher N., *et al.*, (2014). *Mol Cell Proteomics*, 13(7), 1625-43.8.  
 Couvreur S., Le Bec G., Micol D., Picard B. (2013). 64<sup>th</sup> Annual Meet. Europ. Fed. Anim. Sci., 26-30 Août 2013.  
 Guillemain N., Cassar-Malek I., Hocquette J.F., *et al.*, (2009). *INRA Productions Animales*. 22 (4), 331-344  
 Picard B., Lebret B., Cassar-Malek I., Liaubet L., *et al.*, (2015). *INRA Productions Animales*, 28 (2), 183-196.

# BIOMARQUEURS POUR DISCRIMINER DES CLASSES DE QUALITE SENSORIELLE ET TECHNOLOGIQUE DES VIANDES DE PORC

LEBRET B.<sup>1,2</sup>, CASTELLANO R.<sup>1,2</sup>, VINCENT A.<sup>1,2</sup>, FAURE J.<sup>1,2</sup>, KLOAREG M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR 1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France ;

<sup>2</sup> Agrocampus Ouest, UMR 1348 PEGASE, 35000 Rennes, France

<sup>3</sup> Kuzulia, 29860 Plabennec, France

benedicte.lebret@inra.fr

## Abstract: Biomarkers to discriminate sensory and technological pork quality classes

Meat quality (MQ) is a complex phenotype assed by different indicators measured using costly and/or invasive analyses. Early post-mortem (*pm*) biomarkers of MQ have been identified, but they refer to a single MQ trait and not to the overall quality of pork samples. This study was aimed at determining pork quality classes combining both sensory and technological dimensions. Then, combinations of biomarkers discriminating between quality classes were identified to further predict MQ level of pork loins. Sensory, technological and gene expression data were collected on 100 pig *Longissimus lumborum* muscle samples (last rib level) exhibiting a wide and gradual variability in MQ. Scientific and statistical approaches were combined to select indicators and their threshold values specifying quality classes differing on sensory and technological attributes: low, acceptable, and extra quality. Gene expressions were used as predictive variables in a generalized linear model to discriminate quality classes. The best model included expression levels of 12 genes (18% error rate on known data, 24% after cross validation). Based on these results, the ability to detect high quality loins early *pm* could be useful in the meat industry and pork chains of high quality products.

## Introduction

Les composantes sensorielles et technologiques de la viande de porc dépendent du type génétique, des conditions d'élevage et d'abattage des animaux et des procédés de transformation des produits. La qualité de viande (QV) est un phénotype complexe qui ne peut être déterminé que quelques jours après abattage par des méthodes souvent coûteuses et/ou invasives. Même lorsque ses principaux facteurs de variation sont maîtrisés, la QV présente une variabilité élevée et est difficile à prédire. Les méthodes de génomique fonctionnelle ont été récemment appliquées à l'identification de biomarqueurs post-mortem (*pm*) précoces de qualité dans plusieurs espèces (te Pas *et al.*, 2011 ; Picard *et al.*, 2015). Chez le porc, des biomarqueurs ont été identifiés puis validés dans un dispositif expérimental (n=100) présentant une variabilité progressive et élevée de QV. Les associations entre les caractères de qualité et le transcriptome du muscle *Longissimus lumborum* (LL, 30 min *pm*) déterminé sur un sous-échantillon (n=50) ont permis d'identifier des biomarqueurs qui ont été testés (RT-PCR) sur le reste du dispositif : 60 associations ont ainsi été validées, le niveau d'expression d'un gène expliquant jusqu'à 46% de la variabilité d'un caractère (Damon *et al.*, 2013). Afin d'améliorer la capacité prédictive des biomarqueurs, nous avons établi des classes de qualité technologique et sensorielle et recherché des biomarqueurs pour prédire rapidement après abattage le niveau (classe) de qualité de carcasses ou pièces.

## Matériel et Méthodes

**Classes de qualité.** Les données de QV du LL (pH 30 min *pm*, pH ultime (pHu), couleur (L\*, C\*, h°), perte en eau à 3 j *pm*, teneur en lipides intramusculaires (LIM), force de cisaillement, notes de tendreté, jutosité, flaveur) obtenues sur 100 porcs Basque ou Large White produits dans différents systèmes d'élevage (Lebret *et al.*, 2015) ont été exploitées en combinant expertise et statistiques (analyse en composantes principales (ACP), analyse des correspondances multiples, classification ascendante hiérarchique; R package FactoMineR). Des indicateurs de QV et leurs valeurs seuils ont ainsi été retenus pour définir 3 classes de qualité : à défaut (D), correct (C) ou extra (E).

**Niveau d'expression des gènes.** Les données d'expression (qRT-PCR) de 40 gènes biomarqueurs de caractères de QV (Damon *et al.*, 2013) ont été exploitées. Après élimination des données aberrantes (ACP), une imputation de données a été réalisée (analyse multidimensionnelle) pour 52 échantillons présentant au moins une donnée manquante, en s'assurant de l'absence d'effet de l'imputation sur la distribution des données (R, missMDA). Au final, 93 échantillons présentant au maximum 7 données d'expression manquantes ont été considérés pour la suite des analyses.

**Marqueurs moléculaires discriminant les classes de qualité.** Afin de prédire l'appartenance d'un échantillon à une classe de qualité, un modèle linéaire multinomial généralisé a été calculé à partir des données d'expression génique en utilisant une sélection pas-à-pas et le critère d'information d'Akaike (R, fonctions multinom et step). Le seuil de probabilité pour prédire l'appartenance à la classe D a été fixé à 0,3 afin de réduire le risque de sur-classement d'échantillons. Une validation croisée (méthode « leave-one-out ») a ensuite été réalisée.

## Résultats

L'expertise scientifique et les données de la littérature ont conduit à considérer 6 indicateurs de QV : pH30, pHu, perte en eau, L\*, teneur en LIM, note de tendreté, parmi lesquels les plus discriminants ont été sélectionnés par statistiques.

Quatre indicateurs : pH 30, pHu, perte en eau, LIM et leurs valeurs seuils ont été retenus pour distinguer 3 classes de qualité : D (pH30 < 6,10 ou pHu < 5,50, i.e. PSE et tendance PSE ou acide et tendance acide, respectivement), C (perte en eau ≥ 1% ou LIM < 2,5%) et E (perte en eau < 1% et LIM ≥ 2,5%). Comme attendu, la classe D présente les valeurs de pH30 et pHu les plus basses et la perte en eau la plus élevée, l'inverse étant observé en classe E, la classe C étant intermédiaire (Tableau 1). Le taux de LIM est plus élevé en classe E mais ne diffère pas entre classes D et C. Concernant les autres indicateurs de QV, la classe E présente une viande moins claire et plus rouge (valeurs de L\* et h° inférieures) que les classes D et C. La classe E présente une moindre force de cisaillement (P=0,11) et les notes de tendreté et de jutosité les plus élevées, l'inverse étant observé en classe D, la classe C étant intermédiaire.

**Tableau 1 :** Caractéristiques des classes de qualité

	Défaut	Correct	Extra	Sign <sup>1</sup> .
n	34	25	34	
pH 30 min <sup>2</sup>	6.39 a	6.48 b	6.59 c	***
pHu <sup>2</sup>	5.43 a	5.57 b	5.66 c	***
Perte eau, % <sup>2</sup>	2.52 c	1.84 b	0.65 a	***
LIM, % <sup>2</sup>	2.90 a	2.71 a	3.67 b	**
L*	54.3 b	51.3 b	49.5 a	***
h°	37.6 b	35.8 b	31.5 a	***
Force cis., N	28.8	29.2	26.2	P=0.11
Tendreté	4.07 a	4.40 ab	4.92 b	***
Jutosité	2.81 a	3.19 ab	3.36 b	*
Flaveur	4.24	4.40	4.43	ns

<sup>1</sup>\*\*\*: P<0.001; \*\*: P<0.01; \*: P<0.05; ns: P>0.05.

<sup>2</sup>Caractères considérés pour établir les classes de QV.

Le meilleur modèle pour prédire l'appartenance d'un échantillon à une classe de qualité inclut 12 gènes : GLOD4, PPARd, GUP1, HSPD1, YDJC, CCDC91, NAP1, FOS, LIPE, SPARC, IGF1 et MCAT comme meilleures variables prédictives. Le taux d'erreur estimé est de 18%, ce qui signifie que 82% des échantillons testés (n=93) sont bien classés (Tableau 2). Après validation croisée, le taux de bon classement est de 76% (24 % d'erreur) (Tableau 3).

**Tableau 2 :** Prédiction d'attribution dans les classes

		Prédit		
		D	C	E
observé	D	33	0	1
	C	7	15	3
	E	4	2	28

**Tableau 3 :** Validation croisée du modèle

		Prédit		
		D	C	E
observé	D	30	2	2
	C	9	13	3
	E	4	2	28

## Discussion

La combinaison des approches d'expertise scientifique et d'analyse statistique a permis de définir 3 classes de qualité qui correspondent bien à différents niveaux de qualité sensorielle et technologique de la viande de porc, distinction importante pour les consommateurs comme pour les industriels de la filière. Notre jeu de données incluant des données de QV et d'expression génique a permis d'établir un modèle mathématique pour prédire le niveau de qualité technologique et sensorielle d'un échantillon de viande à partir du niveau d'expression de 12 gènes quantifiés dans le muscle LL prélevé quelques minutes *pm*. Après validation croisée, le taux moyen de bon classement est de 76%, avec 88% des échantillons D et 82% des échantillons E bien classés. Les gènes impliqués dans le modèle correspondent à différentes fonctions biologiques identifiées pour leur rôle dans la détermination des qualités technologiques et sensorielles de la viande : le métabolisme énergétique mitochondrial (GLOD4), le métabolisme lipidique (PPARd, LIPE, MCAT), le métabolisme des glucides (YDJC), le contrôle de l'expression génique (GUP1), les processus de régulation cellulaire et d'apoptose (HSPD1), le transport des protéines (CCDC91), le transport du calcium (FOS, SPARC), la structure et la contraction musculaires (SPARC) et l'hypertrophie musculaire (IGF1) (Damon *et al.*, 2013).

## Conclusion

Des classes de qualité de viande discriminant les dimensions qualitatives technologiques et sensorielles des viandes de porc ont été déterminées. Un modèle mathématique de prédiction d'appartenance d'un échantillon donné à une classe de qualité a été établi. Ce modèle présente un taux élevé de bon classement des viandes, en particulier pour celles présentant des défauts, ou à l'inverse une qualité élevée. La mise à disposition d'outils permettant de discriminer rapidement après abattage les pièces sur leur niveau de qualité permettra aux industries d'optimiser la valorisation des pièces dans les filières conventionnelles comme les filières spécifiques dédiées aux produits de qualité.

*Ce travail a été conduit dans le cadre du programme CASDAR Qualiporc et avec le soutien de la Région Bretagne.*

## Références bibliographiques

Damon M., Denieul K., Vincent A., Bonhomme N., Wyszynska-Koko J., Leuret B. (2013). Meat Science, 95, 744-754.  
 Leuret B., Ecolan P., Bonhomme N., Méteau K., Prunier A. (2015). Animal, 9, 1404-1413.  
 Picard B., Leuret B., Cassar-Malek I., Liaubet L., Berri C., Le Bihan-Duval E. *et al.* (2015). Meat Science, 109, 18-26.  
 te Pas M.F.W., Hoekman A.J.W., Smits M.A. (2011). Journal on Chain and Network Science, 11, 155-166.

# QUELS SONT LES FACTEURS D'ELEVAGE QUI CONDUISENT A L'OXYDATION DES BROCHETTES DE DINDE ?

BOURIN M. <sup>1</sup>, BAEZA E. <sup>2</sup>, MIKA A. <sup>1</sup>, GODET E. <sup>2</sup>, CHARTRIN P. <sup>2</sup>,  
SANTE-LHOUELLIER V. <sup>3</sup>, BERRI C. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Technique de l'Aviculture, URA, BP, F-37380 Nouzilly, France,

<sup>2</sup> INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France

<sup>3</sup> INRA, UR370 Qualité des Produits Animaux, F-63122 Saint-Genès Champanelle, France

marie-christine.bourin@inra.fr

**Abstract: What are the rearing factors that favor oxidation of turkey meat?**

The turkey industry is currently confronted with problems of oxidation. This defect increases over time and can lead to the withdrawal of products. Yet, factors at the origin of these defects have not been clearly identified even if the generalized heaviness of animals could be an aggravating factor. For the forty-four turkey flocks considered, various parameters related to the animal, its rearing system and meat traits were recorded. Occurrence and severity of oxidation defects were visually determined at day 6 and 15 post-mortem. Samples of meat were also taken to determine several physicochemical and biochemical traits. Our study highlights multifactorial determinism of turkey muscle oxidation. Indeed, several factors related to the animal or its finishing diet and to physicochemical or biochemical meat traits play a role in the occurrence and severity of oxidation spots. According to our results, oxidation would be favored in males slaughtered at older ages whose daily average gain, fattening during the finishing period were increased and meat ultimate pH decreased. Therefore, it can be suggested to reevaluate the energy and amino acid balance of the turkey finishing diets or reducing the age at slaughter to limit energy storage as lipids or glycogen in carcass or muscle.

## Introduction

Ces dernières années, une recrudescence des problèmes d'oxydation a été constatée sur des produits issus des muscles rouges de la cuisse chez la dinde. Dans la littérature, de nombreux paramètres liés à la production des animaux ou à leur abattage apparaissent importants à considérer pour mieux comprendre les conditions qui favorisent l'apparition de ces défauts. L'aliment est un facteur important à prendre en considération (Gatellier *et al.*, 2000 ; Mercier *et al.*, 1998). Les antioxydants et particulièrement la vitamine E, doivent être apportés à des niveaux élevés *via* l'alimentation, pour prévenir efficacement les phénomènes d'oxydation (Bartov et Kanner, 1996 ; Gatellier *et al.*, 2000 ; Mercier *et al.*, 1998). Enfin les conditions péri-mortem qui peuvent influencer l'installation de la *rigor mortis* sont également à prendre en compte. L'objectif de notre étude était d'évaluer l'impact de différents facteurs d'élevage et d'abattage sur l'apparition des phénomènes d'oxydation au cours du stockage sur des brochettes de dinde, mais aussi de faire le lien avec plusieurs caractéristiques de la viande.

## Matériel et méthodes

Au total, 44 lots de dindes ont été suivis dans 4 abattoirs les étés 2013 et 2014, sur lesquels plusieurs données ont été recueillies ou mesurées telles que les **données d'élevage** (souche, sexe, âge de l'animal à l'abattage et poids vifs moyens estimés 15 et 8 jours avant l'abattage) ; **données sur l'aliment finition** (temps de distribution, taux de protéines et de matière grasse, valeur énergétique, taux d'acide linoléique et linoléique et teneur en vitamines A et E) ; **données d'abattage** (temps d'accrochage et entre narcose et fin de saignée, cinétique de refroidissement des carcasses) ; **caractéristiques physico-chimique et biochimique de la viande** (couleur et pHu mesurés sur le muscle *Iliotibialis* de 8 cuisses par lot choisies au hasard) ; **l'analyse biochimique de la viande découpée à J+1** (brochette) (teneurs en lipides, matières sèches, protéines, fer héminique, lactate et glycogène et composition en acides gras, indice TBA-RS).

Le suivi de l'oxydation a été réalisé visuellement sur 50 barquettes de 4 brochettes pure viande, provenant des lots suivis, pendant 15 jours (stockage 10 jours 4°C puis 5 jours à 8°C : test de vieillissement classique). L'observation a été réalisée à J+6 et J+15 (DLC). La fréquence d'oxydation a été calculée (nombre de barquettes atteintes au sein de chaque lot) ainsi que l'intensité ou gravité de l'oxydation (barquettes notée en fonction de son degré d'oxydation allant de 0 si pas d'oxydation visible à 3 si présence de zones de décoloration très marquées et étendues). Pour chacun des lots, la moyenne des notes obtenues a été calculée.

La distribution des facteurs de variation a été analysée afin de définir des classes. Une analyse de variance (ANOVA) a été réalisée avec le logiciel StatView en fonction des classes définies pour évaluer l'effet de chacun des facteurs de variation étudié sur la fréquence et la sévérité des problèmes d'oxydation observés à J+6 et J+15.

## Résultats et Discussions

La description statistique des facteurs ayant un impact significatif sur la fréquence et la gravité de l'oxydation ainsi que les résultats de l'analyse de variance afférente à ces facteurs sont présentés dans le Tableau 1. Les premiers défauts d'oxydation sont apparus à J6 et se sont accentués au cours du temps. A J+6, 19 lots sur 44 étaient contaminés (2 à 53% de barquettes touchées, gravité notée de 0,02 à 0,83 / 3) alors qu'à J+15, 41 lots sur 44 étaient contaminés (5 à 100% de barquettes touchées, gravité notée de 0,04 à 2,92 / 3). Les paramètres liés à l'animal jouent un rôle prépondérant dans l'initiation de l'oxydation,

évaluée 6 jours post-mortem. Ainsi, la fréquence et la sévérité de l'oxydation à J+6 est accrue dans la viande provenant d'animaux âgés et dont le GMQ dans les 15 derniers jours est élevé (supérieur à 110 g/jour). La gravité de l'oxydation à J+6 est accrue chez les mâles. Il est à noter que ces trois critères sont liés entre eux, les mâles étant abattus en moyenne plus tard que les femelles (124 vs 89 jours) et ayant un GMQ dans les 15 derniers jours plus élevé que celui des femelles (132 vs 101 g/jour). Par ailleurs, l'augmentation de la durée de distribution de l'aliment finition favorise l'initiation et l'amplification de l'oxydation au cours du temps. Des teneurs élevées en matière grasse dans l'aliment finition favorisent également l'apparition de l'oxydation à J+6 alors que l'augmentation de sa valeur énergétique, de son ratio protéines/énergie et de sa teneur en vitamine E permettent de réduire la sévérité de l'oxydation de la viande observée en fin de DLC.

**Tableau 1 :** Statistiques descriptives des facteurs quantitatifs étudiés et impact des facteurs de variations étudiés sur la fréquence d'apparition et la sévérité de l'oxydation mesurées à J+6 et J+15 *post-mortem*<sup>1</sup>

	Facteurs	Effectif	Moyenne	Ecart-type	Oxydation à J+6		Oxydation à J+15	
					Fréquence	Gravité	Fréquence	Gravité
Données élevage	Sexe				NS	p < 0,05 Mâles*	NS	NS
	GMQ 15j avant abattage (g/jour)	44	118,91	30,21	p < 0,05 ↗	p < 0,05 ↗	NS	NS
	Age à l'abattage (jours)	44	110,98	21,81	p < 0,05 ↗	p < 0,05 ↗	NS	NS
Caractéristiques de l'aliment finition	Durée de distribution de l'aliment finition (jours)	23	16	9,83	p < 0,01 ↗	p < 0,05 ↗	p < 0,05 ↗	p < 0,01 ↗
	Valeur Énergétique de l'aliment finition (Cal/kg)	22	3227,17	41,78	NS	NS	p < 0,05 ↘	NS
	Ratio protéine/énergie dans l'aliment finition	22	0,01	0	NS	NS	p < 0,05 ↘	NS
	Taux de Matière Grasse dans l'aliment finition (%)	40	7,37	0,83	p < 0,05 ↗	NS	NS	NS
	Vitamine E dans l'aliment finition (UI/Kg)	40	36,13	45,15	NS	NS	NS	p < 0,05 ↘
Caractérisation de la viande de dinde au niveau de l'atelier de découpe	Composante a* du muscle <i>Iliotibialis</i>	44	11,04	1,67	NS	p < 0,05 ↗	p < 0,05 ↗	p < 0,05 ↗
	Composante b* du muscle <i>Iliotibialis</i>	44	-2,52	0,8	NS	NS	p < 0,05 ↗	p < 0,05 ↗
	pH des découpes de cuisse (mélange de muscles)	44	6,28	0,16	p < 0,05 ↘	NS	NS	NS
Caractérisation biochimique des brochettes à J+1	Taux de matières sèches des brochettes (%)	37	25,57	1,21	NS	NS	p < 0,01 ↗	p < 0,05 ↗
	Ratio AG n-6/AG n-3 des brochettes	37	10,78	3,4	NS	NS	p < 0,05 ↗	NS

↗: le phénomène d'oxydation augmente lorsque la valeur du facteur mesuré augmente, ↘: le phénomène d'oxydation augmente lorsque la valeur du facteur mesuré diminue, \*l'oxydation est la plus forte chez les mâles.

<sup>1</sup>Seuls les facteurs ayant un impact significatif (P<0,05) sur l'oxydation des brochettes sont présentés dans le tableau.

Plusieurs caractéristiques de la viande jouent également un rôle dans l'apparition des phénomènes d'oxydation tel que le pH qui lorsqu'il diminue augmente la fréquence d'oxydation à J+6. Le pH de la viande est un facteur important puisqu'il va en partie déterminer la vitesse d'oxydation des pigments héminiques, myoglobine et hémoglobine et donc favoriser les phénomènes d'oxydation de la viande (Brown et Mebine, 1969 ; Shikama et Sugawara, 1978). Une intensification de la couleur de la viande dans le rouge (a\*) et le jaune (b\*) est liée à l'amplification de l'oxydation. L'indice a\* peut être un indicateur de la présence de sang dans les muscles (sa valeur augmente avec la quantité de sang). L'indice de couleur b\* peut être une estimation de l'état d'engraissement des animaux, la proportion en matière grasse étant corrélée à l'oxydation de la viande (Durand *et al.*, 2012). Le taux de matière sèche et le ratio acides gras n-6/n-3 de la viande représentent aussi des facteurs aggravants du phénomène d'oxydation.

## Conclusion

Les problèmes d'oxydation sur la viande de dinde ne sont pas nouveaux. Ils ont fait l'objet d'un nombre important d'études mais aucune n'a envisagé la problématique de manière globale. Notre étude a confirmé le déterminisme multifactoriel des phénomènes d'oxydation qui apparaissent sur les muscles rouges de la cuisse. L'itinéraire d'élevage des animaux sur la période de finition a un impact majeur sur l'apparition précoce du phénomène mais aussi sur son aggravation au cours du temps. Parmi les pistes d'amélioration à envisager, il semblerait que distribuer en finition un aliment mieux équilibré en termes de concentration protéique et de valeur énergétique pourrait réduire l'apparition des phénomènes d'oxydation sur les produits. En effet, des ratios énergie/protéine trop élevés favorisent les dépôts énergétiques. Le glucose est soit transformé et stocké en AGMI soit stocké sous forme de glycogène, pouvant avoir pour conséquence un engraissement plus important des animaux et la production de viandes plus acides. La diminution de l'âge à l'abattage pourrait permettre également de limiter l'engraissement des animaux et donc l'incidence des défauts d'oxydation chez la dinde.

## Bibliographie

- Bartov I, Kanner J. (1996). Poultry Sci. 75:1039-1046.  
 Brown WD, Mebine LB. (1969). J. Biol. Chem. 244:6696-6701  
 Durand D., Gobert M, Gatellier P. (2012). Proceeding des 14<sup>èmes</sup> JSMTV, 13 et 14 novembre 2012 - Caen, pp. 9-16  
 Gatellier P, Mercier Y, Rock E, Renner M. (2000). J. Agric. Food. Chem. 48:1427-1433.  
 Mercier Y, Gatellier P, Viau M, Remignon H, Renner M. (1998). Meat Sci. 48:301-318.  
 Shikama K, Sugawara Y. Autoxidation of native oxymyoglobin. (1978). Eur. J. Biochem. 91:407-413.

# QUALITE DE LA CHAIR DES LIGNEES DE TRUITE ARC-EN-CIEL APRES SEPT GENERATIONS DE SELECTION SUR LA TENEUR EN LIPIDES MUSCULAIRES

LEFEVRE F. <sup>1</sup>, BUGEON J. <sup>1</sup>, GOARDON L. <sup>2</sup>, KERNEIS T. <sup>2</sup>, LABBE L. <sup>2</sup>, PANSERAT S. <sup>3</sup>,  
MEDALE F. <sup>3</sup>, QUILLET E. <sup>4</sup>

<sup>1</sup> INRA, UR1037 LPGP, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex France

<sup>2</sup> INRA, UE0937 PEIMA - Le Drennec - 29450 Sizun, France

<sup>3</sup> INRA, NuMEA, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Aquapôle, 64310, St-Pée/Nivelle, France

<sup>4</sup> INRA, GABI, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78352 Jouy-en-Josas cedex, France

florence.lefevre@inra.fr

## Abstract: Flesh quality of rainbow trout divergently selected for muscle lipid content after seven generations

Flesh lipid content is a determinant of fillet quality that could be controlled by selective breeding. Two lines of rainbow trouts divergently selected for lipid content, a lean muscle line (L) and a fat muscle line (F), were assessed for raw, cooked, and smoked fillet quality parameters. Fish from the L line gave consistently lower values than those from the F line for all adiposity parameters (fat-meter value, muscle lipid and dry matter content). Raw fillet from L fish gave lower values of lightness, redness and yellowness. However, cooked fillets differed only for yellowness whereas smoked fillets differed for both redness and yellowness but not for lightness. Mechanical resistance of fillets was also affected by selection. Fillets from L fish were firmer at slaughter time and two days *post-mortem*, as were the smoked fillets. However, no difference in textural parameters was measured between cooked fillets from the two lines. Histological measurement of white muscle fiber size revealed that M fish had much smaller fiber than G fish.

## Introduction

La teneur en lipides musculaires conditionne la qualité nutritionnelle de la chair des poissons mais également les qualités technologiques, notamment l'aptitude au fumage, et les qualités organoleptiques, en particulier des perceptions texturales comme la jutosité ou la fermeté. En élevage, l'adiposité des poissons peut être contrôlée par la voie nutritionnelle (valeur énergétique ou taux de lipides de l'aliment) ou par sélection génétique. Une sélection massale divergente, basée sur l'évaluation de la teneur en lipides musculaires par la mesure Fat-meter®, a permis d'obtenir une lignée muscle maigre (M) et une lignée muscle gras (G) (Quillet *et al.*, 2007). Des effets sur la couleur et la texture des filets ont été observés (Lefèvre *et al.*, 2015) dès la 3<sup>ème</sup> génération de sélection. Les filets des truites G sont plus lumineux, plus colorés, mais moins fermes que ceux de la lignée M. L'objectif de ce travail était de suivre l'évolution des caractéristiques des produits (crus, cuits et fumés) après 7 générations de sélection divergente et d'affiner ainsi la relation entre teneur en lipides musculaires et qualité des produits.

## Matériel et méthodes

Des truites arc-en-ciel des lignées M et G, issues de la 7<sup>ème</sup> génération de sélection, ont été élevées séparément en triplicats. Différents paramètres de qualité des filets ont été évalués au stade portion ( $\cong$  300g) sur le filet cru à l'abattage (t0) et 2 jours *post-mortem* (j2), et sur les filets cuits (cuisson au four micro-onde) ou fumés (salage au sel sec et fumage traditionnel). L'adiposité musculaire a été estimée au niveau individuel avec une mesure au Fat-meter® sur le poisson et la teneur en matières sèches du filet (%). Une mesure directe de la teneur moyenne en lipides musculaires (% de la matière fraîche) a également été réalisée pour chaque lignée (n=9 poissons par lignée, soit 3 poissons par réplicat et par lignée). La couleur des filets a été mesurée avec un chromamètre (Minolta) et la fermeté par des mesures de résistance mécanique des filets frais et transformés avec un test de pénétrométrie (outil cylindrique, diamètre 15 mm) et une mesure de compression-cisaillement (presse de Kramer). La taille des fibres musculaires a également été mesurée par analyse histologique de sections de muscle blanc (10  $\mu$ m) colorées au rouge Sirius et "fast green". L'effet de la sélection (M vs G) a été testé avec une analyse de variance (n  $\geq$  30).

## Résultats

Les poissons des lignées M et G ne présentent pas de différence de poids (382 $\pm$ 73 g vs 362 $\pm$ 71 g, p>0.05, respectivement) mais les poissons de la lignée M sont plus longs (296 $\pm$ 14 mm vs 281 $\pm$ 20 mm, p<0.001, respectivement). Les poissons de la lignée M ont donc un coefficient de condition K=Poids/Longueur<sup>3</sup> inférieur à celui des poissons de la lignée G (1.47 $\pm$ 0.16 vs 1.62 $\pm$ 0.13, p<0.001).

Une synthèse des différences de qualité des filets mesurées entre les deux lignées est présentée dans le Tableau 1.

Les lignées M et G divergent notablement sur les deux estimateurs de la teneur en lipides : la valeur Fat-meter® (5.1 $\pm$ 0.8 % vs 20.9 $\pm$ 4.8 %, p<0.001) et la teneur en matière sèche musculaire (25.5 $\pm$ 1.3 % vs 32.3 $\pm$ 2.1 %, p<0.001). La mesure directe de la teneur en lipides musculaires en % de la matière fraîche confirme l'écart entre lignées, avec une teneur en lipides 2 à 3 fois inférieure dans le muscle des poissons M (5.0 $\pm$ 1.0 vs 13.5 $\pm$ 2.2 %, p<0.001).

Les filets crus des truites M sont moins lumineux que ceux des truites G mais cette différence de luminosité disparaît après cuisson ou fumaison. Les filets crus des truites M sont également moins colorés que ceux des truites G, mais si la différence de composante jaune, b\*, persiste sur les filets crus à j2, cuits et fumés, la différence de composante rouge, a\*, s'atténue à j2 et disparaît après cuisson.

Les filets crus (à t0 et j2) et fumés des M sont plus fermes que ceux des G mais aucune différence entre les deux lignées n'est observée sur la fermeté des filets cuits.

L'analyse histologique de la taille des fibres du muscle blanc montre que les poissons M ont un diamètre moyen de fibres 28% plus faible que celui des poissons G (47.5±5.5 µm vs 60.7±6.4 µm, p<0.001, respectivement).

Une analyse de corrélation inter-lignées révèle que la résistance mécanique des filets crus est négativement corrélée à la teneur en matière sèche des filets (r=-0.66, p<0.001 pour Fmax/p en PK) et à la taille des fibres du muscle blanc (r=-0.72, p<0.001 pour Fmax/p en PK). Ce travail montre également que la couleur et la fermeté du filet fumé est en partie dépendante de celle du filet cru (r=0.44, p<0.001 pour a\*, r=0.35, p<0.01 pour b\* et r=0.69, p<0.001 pour la Fmax en TP).

**Tableau 1** : Différences de qualité des filets de truites M ou G

		Qualité du filet :			
		cru t0	cru j2	cuit	fumé
<b>Fat-meter<sup>®</sup> ou teneur en MS (%)<sup>§</sup></b>		G>>>M <sup>§</sup>	G>>>M <sup>§</sup>	G>>>M <sup>§</sup>	G>>>M <sup>§</sup>
<b>Couleur</b>	<b>L*</b>	G>>>M	G>>>M	M=G	M=G
	<b>a*</b>	G>>>M	G>M	M=G	G>>>M
	<b>b*</b>	G>>>M	G>>>M	G>>M	G>>>M
<b>TP</b>	<b>Fmax (N)</b>	M>>>G	M>>>G	M=G	M>>>G
	<b>W/ep (UA)</b>	M>>>G	M=G	M=G	M=G
<b>PK</b>	<b>Fmax (N)</b>	NE-	M>>>G	M=G	M>>G
	<b>Fmax/p (N/g)</b>	NE-	M>>>G	M=G	M>G

"M" : lignée muscle Maigre; "G" : lignée muscle Gras; t0 : mesure à l'abattage (<2h *post-mortem*); j2 : mesures à 2 jours *post-mortem*; MS : Matières Sèches; § : "cru t0" valeur fat-meter du poisson, "cru j2" "cuit" "fumé" teneur en MS du filet; L\* : luminosité, a\* : composante rouge; b\* : composante jaune; TP : résistance mécanique en test de pénétrométrie; Fmax : Force maximale; W : travail; ep : épaisseur du filet; PK : résistance mécanique en Presse de Kramer; p : poids de l'échantillon; "=" : p>0.05, ">" : 0.05<p<0.10, ">" p<0.05, ">>" : p<0.01, ">>>" : p<0.001, n≥30. NE : Non Evalué

## Discussion

Cette étude confirme l'importance de la teneur en lipides musculaires dans le déterminisme de la qualité des filets de truite et l'intérêt du modèle biologique des lignées M et G pour étudier ce déterminisme. Par rapport à la 3<sup>ème</sup> génération (G3) de sélection (Lefèvre *et al.*, 2015), l'écart de teneur en matière sèche musculaire entre les lignées G et M est passé de +9.5% en G3 à +26.7% en G7 (27.0% vs 29.6% en G3 et 25.5% vs 32.3% en G7 pour les M et G, respectivement). Cette différence accrue d'adiposité musculaire s'accompagne d'effets plus marqués sur la qualité des filets. Par exemple, la différence de résistance mécanique mesurée en PK entre les filets crus (j2) des lignées M et G est passée de +7% en G3 à +21% en G7 (13.2 N/g vs 12.2 N/g en G3 et 12.7 N/g vs 10.0 N/g en G7 pour les M et G, respectivement). Par contre, nos résultats confirment l'absence d'effet de la sélection sur la résistance mécanique des filets cuits.

Le modèle des lignées M et G, ayant des teneurs en lipides musculaires contrastées, permet de mesurer des corrélations significatives entre adiposité musculaire et qualité des filets. Si la relation entre teneur en lipides et couleur est généralement observée chez les salmonidés, le lien entre teneur en lipides et fermeté est plus ténu. Un lien entre lipides et certaines perceptions texturales comme l'humidité ou l'exsudation est souvent rapporté (Lefèvre *et al.*, 2015), mais le lien net avec la fermeté, comme nous le mesurons dans cette étude, n'est révélé qu'avec de fortes différences de teneurs en lipides. Néanmoins, les lignées M et G diffèrent également fortement par leurs tailles de fibres musculaires. Or ce paramètre est également un déterminant de la fermeté des filets chez la truite (Lefèvre *et al.*, 2008), les poissons ayant des fibres plus grosses, comme les G, ont une chair moins ferme, ce qui peut contribuer également aux différences de fermeté observées entre les lignées G et M.

## Conclusions

Ce travail confirme que la teneur en lipides musculaires affecte la couleur et la texture des filets de truite. Par rapport à la 3<sup>ème</sup> génération de sélection, l'augmentation de l'écart de teneur en lipides musculaires entre les lignées M et G s'accompagne d'une différence plus marquée de certains critères de qualité des filets, en particulier la plus grande résistance mécanique observée chez les M par rapport aux G. Cette étude montre également que les caractéristiques génétiques des cheptels sont des leviers pour contrôler la qualité des produits transformés tels que les filets fumés.

## Références bibliographiques

- Lefèvre F., Bugeon J., Auperin B., Aubin J. (2008). *Aquaculture*. 284, 81-89.  
 Lefèvre F., Cardinal M., Bugeon J., Labbe L., Medale F., Quillet E. (2015). *Aquaculture*. 448, 569-577.  
 Quillet E., Le Guillou S., Aubin J., Labbe L., Fauconneau B., Medale F. (2007). *Aquaculture*. 269, 220-231.

# COMPARAISON DES QUALITES DES VIANDES D'OVINS BRULES ET DEPOUILLES ET PERCEPTION DES ACTEURS DE LA FILIERE AU BENIN

SALIFOU C.F.A.<sup>1</sup>, AHOUNOU G.S.<sup>1</sup>, ISSIFOU T.M.<sup>1</sup>, YOUSSAO A.K.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université d'Abomey-Calavi, EPAC/PSA, 01 BP 2009 Cotonou, Bénin

chakiraths@yahoo.com

**Abstract: Comparison of meat quality of burnt and stripped sheep and the perception of the industry's professionals in Benin**

The aim of the study was to compare meat quality of burnt and stripped sheep in Benin based on the industry's actor's perception and meat physical and organoleptic analysis. Data collection was processed with 120 consumers and 120 butchers. The experimental research was carried out using 30 *Longissimus dorsi* of skinned Sahelian ewes plus 30 *Longissimus dorsi* of burnt Sahelian ewes. Consumers preferred burnt sheep meat rather than stripped sheep meat (61% vs 39%) and butchers preferred burn sheep rather than stripping them (72% vs 30%). Sheep meat that was burnt had a higher pH and was less red (pH<0.001). In addition to its good taste, it also had better tenderness (P<0.001) and was more profitable. Sheep stripped meat consumption is a matter of habit and the stripping process is easy.

## Introduction

Au Bénin, les ovins jouent un rôle très important sur le plan socio-économique (Youssao, 2015). Ils sont accessibles à tout moment de l'année et abattus quotidiennement dans les abattoirs. Lors de la préparation des carcasses, certains sont dépouillés et d'autres sont brûlés et présentés avec la peau. Les consommateurs, lors de l'achat s'orientent vers l'une ou l'autre forme de présentation de la carcasse. Les motifs de cette diversité de pratiques et de choix sont méconnus et le brûlage reste non conventionnel. L'étude a pour objectif de comparer les qualités de la viande des ovins dépouillés à celle des ovins brûlés à partir des perceptions des consommateurs et des bouchers et des analyses physiques et organoleptiques de la viande.

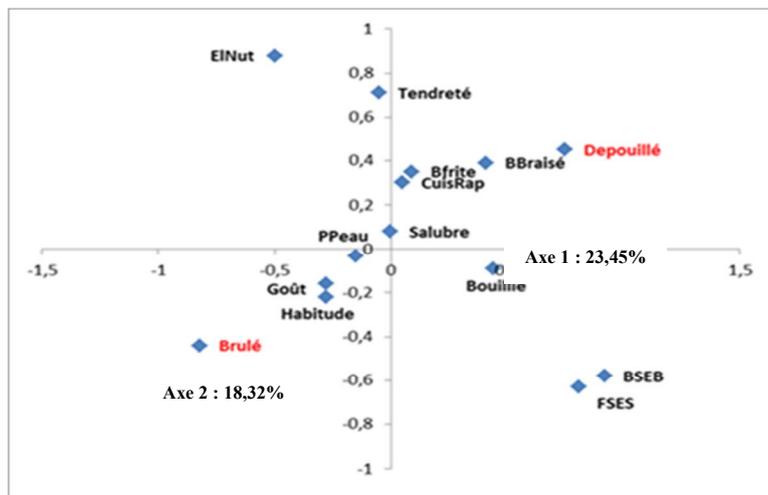
## Matériels et méthodes

La perception des consommateurs vis-à-vis de la qualité de la viande d'ovins brûlés et de la viande d'ovins dépouillés et celle des bouchers vis-à-vis du brûlage et du dépouillage des ovins ont été obtenues à partir d'une enquête réalisée auprès de 120 consommateurs et 120 bouchers au Sud du Bénin. L'étude expérimentale a été menée au Laboratoire de Biotechnologie Animale et de Technologie des viandes de l'Université d'Abomey- sur 30 *Longissimus dorsi* de brebis sahéniennes dépouillées et 30 *Longissimus dorsi* de brebis sahéniennes brûlées. Ces animaux, élevés sur pâturage naturel, étaient tous âgés de 2 à 3 ans et identifiés d'avance la veille du jour d'abattage. Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH mètre HANNA à 1 h et 24 h *post-mortem*. La couleur (CIE L\* a\* b\*) et la force de cisaillement ont été mesurées à 24 h *post-mortem* à l'aide respectivement d'un colorimètre Minolta CR400 et d'un texturomètre (LLYOD instruments). La perte de jus à la cuisson et l'analyse sensorielle (flaveur, jutosité, tendreté et note globale d'appréciation) des échantillons bouillis à l'eau (1 heure à 75°C) sans assaisonnement et sans sel et présentés en de petits cubes identiques, ont été réalisées à 24 h *post-mortem* selon la procédure réalisée par Salifou *et al.* (2013).

Une analyse de variance incluant l'effet type d'habillage (brûlage et dépouillage) a été réalisée à l'aide du logiciel SAS (2006). La procédure *Proc corresp* du SAS (2006) a été utilisée pour l'analyse factorielle des correspondances (AFC) en vue d'une meilleure appréciation de la perception des consommateurs et de celle des bouchers.

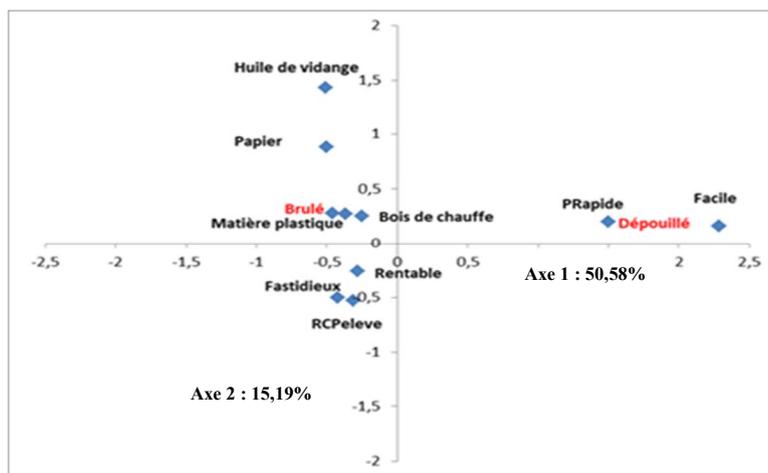
## Résultats

Trois axes ont été retenus pour l'interprétation des résultats de l'AFC chez les consommateurs ( $\chi^2= 54,71$ ) et chez les bouchers ( $\chi^2= 79,34$ ). Le premier axe factoriel discrimine les deux groupes enquêtés (consommateurs et bouchers). Les autres variables sont très bien représentées dans les deux autres axes factoriels. Les consommateurs aiment mieux la viande des ovins brûlés à celle des ovins dépouillés (61% vs 39%) et les bouchers préfèrent brûler les ovins abattus plutôt que de les dépouiller (72% vs 30%). Par rapport aux trois axes, les motifs des préférences sont présentés sur la Figure 1 chez les consommateurs et sur la Figure 2 chez les bouchers. Le meilleur goût, la présence de la peau et l'habitude justifient le choix de la viande d'ovins brûlés tandis que celles d'ovins dépouillés sont préférées parce qu'elles cuisent plus rapidement, paraissent plus salubres et sont mieux indiquées pour le braisage et pour être frites. Bien que la technique de brûlage soit fastidieuse, elle est préférée parce qu'elle est plus rentable et donne un rendement carcasse plus élevé. Le dépouillage, quant à lui, est facile à réaliser et plus rapide. Les combustibles utilisés pour le brûlage sont le bois de chauffe, les matières plastiques, le papier et l'huile de vidange. La tendreté et la richesse en éléments nutritifs ne sont pas recherchées par le consommateur à l'achat de la viande. Le pH, l'indice du rouge, la perte de jus à la cuisson, la force de cisaillement et la tendreté appréciée par un panel de jury ont varié significativement (P<0,001) en faveur de la viande d'ovins brûlés exception faite pour la perte de jus à la cuisson et la force de cisaillement qui ont été plus élevées pour la viande d'ovins dépouillés (Tableau 1).



**EINut** : éléments nutritifs ; **Bfrite** : Bouillie plus frite ; **CuisRap** : Cuisson rapide ; **BBraisé** : Bouillie et braisée ; **BSEB** : Braisée sans être Bouillie ; **FSES** : Fumée sans être bouillie

**Figure 1** : Analyse en composante principale des perceptions des consommateurs vis-à-vis de la viande d'ovine brûlée et celle d'ovine dépouillée



**PRapide** : Plus rapide ; **RCPeleve** : Rendement carcasse plus élevé

**Figure 2** : Analyse en composante principale des perceptions des bouchers vis-à-vis du brûlage et du dépouillage des ovins

**Tableau 1** : Paramètres de qualité de la viande des brebis Sahéliennes dépouillées et de la viande des brebis Sahéliennes brûlées

Variables		Dépouillage M±ES	Brûlage M±ES	ANOVA
Couleur	L*	43,05±0,066	43,20±0,66	NS
	a*	22,50±0,44	20,85±0,44	**
	b*	8,58±0,53	8,40±0,53	NS
pH	1 h	5,94±0,03	6,21±0,03	***
	24h	5,50±0,03	5,88±0,03	***
P cuisson	24h	42,51± 1,51	39,31±1,51	**
Tendreté (N)	24h	94,81±3,37	81,12±3,37	***
Caractéristiques sensorielles	Tendreté	2,67±0,11	3,07±0,11	***
	Jutosité	2,96±0,09	2,98±0,09	NS
	Flaveur	2,76±0,11	2,62±0,11	NS
	Note	3,04±0,09	3,24±0,09	NS

**M**: Moyenne; **ES**: Erreur Standard; **\*\*\***: P<0,001; **\*\***: P<0,01 **NS**: P>0,05; **P cuisson**: perte de jus à la cuisson.

## Discussion

Le meilleur goût de la viande des ovins brûlés exprimé par les consommateurs peut s'expliquer par la présence de la peau qui a certainement conféré un arôme spécial à l'ensemble viande et peau lors du brûlage. Et l'absence de variation significative obtenue pour la flaveur des deux types de viande peut être dû au fait que les viandes des ovins brûlés ont été dégustées par le panel sans la peau. La force de cisaillement plus élevée et la tendreté plus faibles pour la viande d'ovins dépouillés indiquent que la viande d'ovins brûlés est plus tendre. Mais cette tendreté n'est pas un critère de choix à l'achat. A la cuisine, la viande est cuite le plus longtemps possible jusqu'à l'obtention de la tendreté recherchée par le consommateur. Le brûlage a engendré un début de dénaturation des protéines, et de la myoglobine et certainement aussi une réduction du glycogène en sucres simples qui interagissent avec les acides aminés pour modifier la couleur de la viande. Ce qui s'est confirmé par le pH plus élevé, l'indice du rouge et la perte de jus à la cuisson moins élevés pour la viande des ovins brûlés. Talmant *et al.* (1994) ont obtenu des valeurs de pH légèrement plus élevées chez les porcs flambés comparativement à ceux épilés. Les matières plastiques, le papier et l'huile de vidange utilisés pour le brûlage ont laissé à coup sûr de résidus dans la viande.

## Conclusion

La viande des ovins brûlés a un meilleur goût, une meilleure tendreté, un pH plus élevé et une couleur moins rouge que celle des ovins dépouillés. Les combustibles utilisés doivent être revus. L'hygiène des deux procédés d'abattage doit être également évaluée.

## Références bibliographiques

- Salifou C.F.A., Youssao A.K.I., Ahounou S.G., Tougan P.U., S. et al. (2013). Ann. Med. Vet., 157: 27-44.
- SAS (1996). SAS/STAT User's guide, vers, 6, 4th ed, Cary, NC, USA, SAS Inst.
- Talmant A., Aillery P., Collas G., Caritez J-C., Renner M., Monin G. (1994). Journées Rech. Porcine en France, 26, 189-192.
- Youssao A.K.I. (2015). Rapport PNAG - Projet d'Appui aux Filières Lait et Viande (PAFILAV). Cotonou, Bénin, 344 pages.

# APPRECIATION DE LA QUALITE EN BOUCHE DE LA VIANDE BOVINE EN EUROPE PAR DES CONSOMMATEURS NAÏFS

BONNY S.P.F.<sup>1,2,3</sup>, HOCQUETTE J-F.<sup>1;2</sup>, LEGRAND I.<sup>4</sup>, POLKINGHORNE R.<sup>5</sup>,  
WIERZBICKI J.<sup>6</sup>, ALLEN P.<sup>7</sup>, FARMER L.J.<sup>8</sup>, PETHICK D.W.<sup>3</sup>, GARDNER G.E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INRA, <sup>2</sup> VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France ;  
<sup>3</sup> Murdoch University, Australie ; <sup>4</sup> Institut de l'Élevage, Qualité des Viandes, Limoges, France ;  
<sup>5</sup> Polkinghorne Pty Ltd, Australie ; <sup>6</sup> Polish Beef Association, Varsovie, Pologne ;  
<sup>7</sup> Teagasac Food Research Centre, Dublin, Irlande ; <sup>8</sup> AFBI, Belfast, Irlande du Nord

spfbonny@gmail.com

## Abstract: Untrained consumer assessment of the eating quality of European beef

Over 19,000 consumers from Northern Ireland, Poland, Ireland, France and Australia participated in sensory panels following Australian MSA (Meat Standards Australia) testing protocols where they scored cooked beef samples for tenderness, juiciness, flavour liking and overall liking. Consumers were then asked to allocate beef samples into one of four categories; unsatisfactory, good-every-day, better-than-every-day or premium quality. They were also asked to detail their willingness to pay for these four categories and to answer a short demographic questionnaire which recorded their age, income bracket, occupation, gender, composition of the household and their attitude towards beef. Analyses were performed for each experimental group, and for the dataset as a whole. European consumers behaved similarly to Australian ones with similar weightings for the sensory scores. Consumers were willing to pay between 1.5 to 2 times for premium beef and this observation was highly transferrable between different consumer groups. Overall, there were only small differences in a consumer's perception of beef eating quality between demographic groups. These results demonstrate that European consumers behave similarly to Australian consumers. So, we can speculate that a MSA-like grading scheme could be used in Europe.

## Introduction

Les consommateurs européens semblent demandeurs d'un système de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine afin de réduire sa variabilité (Verbeke *et al.*, 2010). Un tel système existe en Australie. Appelé MSA pour « Meat Standards Australia », ce système est basé sur l'appréciation de la qualité sensorielle de la viande bovine par des consommateurs naïfs (c'est-à-dire non entraînés) pour prédire la qualité de cette viande telle qu'évaluée par ses destinataires finaux. Il semble que le système MSA ne nécessiterait que des ajustements mineurs pour être adapté aux conditions de production de la viande bovine en Europe (Bonny *et al.*, 2016). C'est pourquoi, il nous apparaît important d'apprécier la diversité des goûts et préférences des consommateurs dans différents pays européens et selon différents critères sociologiques, afin de préciser si le système MSA est réellement extrapolable aux pays européens. Si tel est le cas, il s'agit aussi d'identifier les poids relatifs à donner aux différents critères analysés (tendreté, jutosité, appréciation de la saveur, appréciation globale) pour rendre compte au mieux du classement de qualité des consommateurs.

Le consentement à payer est un autre paramètre important pour l'implémentation éventuelle d'un système de prédiction de la qualité sensorielle de la viande bovine. D'une façon générale, les consommateurs sont prêts à payer deux fois plus une viande de qualité exceptionnelle (avec 5 étoiles selon le système MSA) par rapport à une viande seulement bonne pour une consommation quotidienne (avec 3 étoiles selon le système MSA), comme cela a été montré en Australie, au Japon, aux Etats-Unis, en Irlande et en Afrique du Sud (Lyford *et al.*, 2010 ; Thompson *et al.*, 2010). Nous faisons l'hypothèse qu'il en serait de même dans différents pays d'Europe.

Cette étude a donc pour objectif d'évaluer les effets potentiels des caractéristiques sociologiques des consommateurs de différents pays européens tant sur leur niveau d'appréciation de la viande bovine que sur leur consentement à payer de la viande de qualité supérieure.

## Matériel et méthodes

Les animaux utilisés pour cette étude provenaient d'Irlande, de France, de Pologne et d'Irlande du Nord (Bonny *et al.* (2016). Des échantillons de muscles différents correspondant à 22 pièces de boucherie ont été prélevés sur chaque animal. Au total, 19492 consommateurs de ces quatre pays ont noté la tendreté, la jutosité, l'appréciation de la saveur et l'appréciation globale de chaque échantillon sur une échelle de 0 à 100. Une note de qualité sensorielle globale appelée MQ4 (« Meat Quality 4 ») a été calculée comme la combinaison optimum des quatre notes d'analyse sensorielle permettant d'expliquer au mieux le classement des échantillons donné par les consommateurs dans l'une des classes de qualité suivantes : non satisfaisant, bon pour une consommation quotidienne, qualité supérieure, qualité exceptionnelle (Watson, 2008). Enfin, les consommateurs ont répondu à un court questionnaire afin d'indiquer leur consentement à payer pour les différentes classes de qualité et également pour préciser un certain nombre de caractéristiques les concernant : âge, sexe, niveau de revenu, profession, composition du ménage et goût pour la viande bovine.

Une fonction linéaire discriminante a été mise en œuvre en utilisant la fonction PROC DISCRIM de SAS pour déterminer la précision de la note MQ4 à prédire pour chaque type de muscle la classe de qualité (non satisfaisant, bon pour une consommation quotidienne, qualité supérieure, qualité exceptionnelle). De plus, des modèles linéaires mixtes ont été utilisés pour préciser l'effet des caractéristiques sociologiques des consommateurs sur les notes de qualité sensorielle et le consentement à payer pour une viande de qualité. Les effets non-significatifs ont été progressivement retirés du modèle. Les différences significatives entre moyennes ont été testées à l'aide de la fonction PDIF de SAS.

## Résultats

En moyenne, la combinaison linéaire permettant de calculer le MQ4 faisant le meilleur lien entre les 4 notes sensorielles et le classement de qualité attribués par les consommateurs est  $0,28 \times \text{tendreté} + 0,04 \times \text{jutosité} + 0,37 \times \text{flaveur} + 0,31 \times \text{appréciation globale}$ . L'appréciation de la flaveur est le facteur le plus important pour les consommateurs irlandais et polonais avec une contribution de 33 à 43% au déterminisme de la note globale MQ4. Cependant, la tendreté, la flaveur et l'appréciation globale sont d'importance comparable (27-36%) pour la viande grillée en Australie, France et Irlande du Nord. Dans les pays où cela a été testé (Irlande, Irlande du Nord et Pologne), la contribution de la tendreté au MQ4 est plus faible ( $P < 0,05$ ) dans le cas de la viande rôtie (18-21%) que pour la viande grillée (23-31%).

L'exactitude de l'estimation de la classe de qualité est en moyenne de 67%. Cependant, la méthodologie MSA permet de classer correctement environ 80% des échantillons de viande de qualité non satisfaisante.

Dans tous les pays à l'exception de l'Irlande, les consommateurs affirment vouloir payer moitié prix une viande de qualité non satisfaisante par rapport à une viande de qualité moyenne. De plus, les consommateurs français sont prêts à payer davantage une viande de qualité supérieure ou exceptionnelle par rapport à une viande de qualité moyenne (1,78 et 2,3 fois plus respectivement), ces résultats étant légèrement plus faibles en Australie (1,56 et 2,17 fois plus respectivement) et nettement plus faibles en Pologne (1,38 et 1,89 fois plus respectivement), en Irlande du Nord (1,25 et 1,49 fois plus respectivement) et surtout en Irlande. Le faible consentement à payer en République d'Irlande peut s'expliquer au moins en partie par un biais méthodologique lié à l'utilisation d'un questionnaire au format différent.

Dans l'ensemble, il y a peu de différences dans la perception de la qualité sensorielle de la viande bovine entre groupes de consommateurs de différents pays ou aux caractéristiques différentes. Cependant, le niveau de préférence des consommateurs en termes de cuisson impacte leurs préférences : par exemple, en Irlande du Nord, les consommateurs qui préfèrent leur viande bien cuite ou entre les degrés « à point » et « bien cuit » notent la qualité de la viande avec 4 points de plus que les consommateurs qui préfèrent la viande saignante. De plus, plus les consommateurs considèrent que la viande rouge est importante dans leur alimentation, plus ils notent favorablement la qualité de la viande.

## Discussion

Pour les consommateurs français et australiens, les coefficients de contribution des notes de qualité sensorielle à la note globale MQ4 sont comparables aux coefficients actuellement utilisés dans le système australien MSA, à savoir : 0,3/0,1/0,3/0,3 (Thompson *et al.*, 2010). Le poids de l'appréciation de la flaveur est plus important en Irlande, Irlande du Nord et Pologne, comme préalablement montré au Japon et en Afrique du Sud (Thompson *et al.*, 2010, Polkinghorne *et al.*, 2011). Ces écarts dans les contributions respectives de la tendreté et de la flaveur peuvent sans doute être expliquées par des différences culturelles entre pays. Enfin, comme attendu, la flaveur est plus importante que la tendreté pour la viande rôtie et la cuisson lente, alors que la tendreté est un critère important pour la viande grillée.

Environ 80% des pièces de viande bovine de qualité sensorielle non satisfaisante sont identifiées par notre analyse et, par voie de conséquence, le risque de décevoir le consommateur pourrait passer de 25% à 7% si le classement MSA était utilisé de façon binaire (qualité non satisfaisante vs qualité acceptable). Ceci permettrait de mieux contrôler la qualité de la viande offerte aux consommateurs en maîtrisant sa variabilité.

## Conclusion

Nos résultats démontrent que les consommateurs de différents pays ou de différents groupes sociaux apprécient la viande bovine de façon assez similaire. Il semble donc possible d'implémenter un système unique de classement de la qualité sensorielle de la viande bovine en Europe, comparable au système MSA. Comme en général les consommateurs se disent prêts à payer deux fois plus cher la viande de qualité exceptionnelle, il y a une plus-value potentielle importante pour la filière si le consommateur est en réelle capacité de choisir la viande de la qualité qu'il souhaite au moment de l'achat. Cela serait un signal économique fort encourageant pour la production d'une viande de qualité.

## Références bibliographiques

- Bonny *et al.* (2016). *Animal*, 10:6, 987-995.
- Lyford *et al.* (2010). *Australasian Agribusiness Review* 18(1), 1-17.
- Polkinghorne *et al.* (2011). *Animal Science Journal* 82(2): 325-333.
- Thompson *et al.* (2010). *Technical reports*. Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research ACIAR. 72.
- Verbeke *et al.* (2010). *Appetite* 54(2), 289-296.
- Watson *et al.* (2008). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48(11), 1360-1367.

# APPLICATION INDUSTRIELLE NIRS POUR LA PREDICTION DE LA CAPACITE DE RETENTION EN EAU DE LA VIANDE DE PORC

VAUTIER A. <sup>1</sup>, PIEPER T. <sup>2</sup>, LHOMMEAU T. <sup>1</sup>, CHRISTENSEN M. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> IFIP – Institut du Porc. La motte au Vicomte, BP 35104, 35561 Le Rheu Cedex, France.

<sup>2</sup> CAROMETEC - Hassellunden 9, 2765 Smørum, Denmark

antoine.vautier@ifip.asso.fr

**Abstract: Industrial NIRS tool for on line prediction of the drip loss of pork's Semimembranosus.**

Most of the NIR spectrometers available are not suited for on line measurements in slaughterhouses. The aim of the study was to test the ability of a device dedicated to industrial measurement (NitFom, Carometec) to predict drip loss and ultimate pH. Calibration results were satisfactory ( $R^2=0.59$  and  $R^2=0.70$ ) showing a similar accuracy level as a laboratory spectrometer (Labspec4, ASDI).

## Introduction

L'utilisation de la spectroscopie proche infrarouge (NIRS) pour la prédiction de la qualité technologique de la viande est de plus en plus étudiée dans la bibliographie (Prieto *et al.*, 2009), bien qu'elle soit plus classiquement utilisée pour la prédiction de la composition chimique de la viande. Cette technologie présente l'intérêt d'accéder rapidement à des signatures spectrales qui sont le reflet de la composition chimique et qui peuvent être exploitées pour la prédiction de critères complexes tels que la capacité de rétention en eau ou le rendement technologique. Peu d'appareils sont toutefois utilisables en conditions industrielles et leur utilisation est plutôt réservée au laboratoire du fait du mode de présentation de l'échantillon ou de la fragilité du système optique. Ce projet est né de l'opportunité d'utiliser un spectromètre proche infrarouge (NitFom, Carometec) initialement dédié à la prédiction en ligne de la composition en lipides de la bardière (indice d'iode et profil d'acides gras) afin de réaliser des calibrations à partir de mesures sur viande et d'en prédire sa qualité technologique (pertes d'exsudat et pH ultime). Utilisant une sonde invasive fonctionnant en transmission, cet appareil adapté à la mesure industrielle à haute cadence peut accéder à des zones musculaires qui ne sont pas accessibles avec l'appareil utilisé par l'IFIP depuis plusieurs années (Labspec4 ASDI, mesures de surface) et pour lequel des calibrations de prédiction du rendement technologique du jambon cuit ont été établies (Vautier *et al.*, 2013).

## Matériel et méthodes

Deux populations ont été constituées : 222 jambons (population 1) et 145 jambons (population 2) sélectionnés au hasard parmi des lots de porcs de production standard (génétique mâle Piétrain). Le pH ultime du muscle *Semimembranosus* a été mesuré à 24 h post mortem sur jambon avec os. Une mesure spectrale (995-2200 nm) a été réalisée pour chaque jambon avec os à l'aide du NitFom (Carometec) sur le même site de mesure que celui du pH<sub>24</sub>, exception faite de la profondeur (sonde invasive). Pour chacune des populations, un sous échantillonnage a ensuite été réalisé d'après les données de pH ultime afin de disposer d'échantillons à distribution homogène sur toute la gamme de variation du pH ultime (1/6 des effectifs pour chacune des classes de pH<sub>24</sub> : <5,5 ; 5,5-5,6 ; 5,6-5,8 ; 5,8-6,0 ; 6,0-6,2 ; >6,2). 41 et 45 jambons issus des populations 1 et 2, ont ainsi été sélectionnés, puis désossés en jambon 4D (découenné, dégraissé, désossé, dénervé) et une mesure spectrale a été réalisée sur la face interne du muscle *Semimembranosus* à l'aide d'un spectromètre LabSpec4 (ASDI, 350-2500nm) équipé d'une sonde de mesure en réflexion de 2 cm de diamètre. Les pertes d'exsudat ont été évaluées sur les 86 jambons 4D à partir de prélèvements de muscle *Semimembranosus* stockés à 6°C pendant 48h (méthode EZ, Rasmussen *et al.*, 1996). Les données spectrales ont été traitées à l'aide du logiciel Matlab et de la procédure PLS de la toolbox Eigenvector. Les calibrations pour la prédiction des pertes d'exsudat et du pH<sub>24</sub> ont été établies par validation croisée. Les spectres ont subi un traitement préalable : GLS (General Least Square Weighting) pour le NitFom et SNV (Standard Normal Variate) pour le Labspec4.

## Résultats et Discussion

Pour les deux populations réunies (n=86), les pertes d'exsudat sont en moyenne d'un niveau faible mais présentent un écart type important, en raison du tri pH pratiqué pour les besoins des calibrages (m=2.7%, e.t.=2.2, Tableau 1). La distribution des pertes d'exsudat en fonction du pH ultime (Figure 1) montre malgré tout les limites de l'utilisation du pH ultime comme unique critère de tri pour ce paramètre : le niveau de pertes d'exsudat n'est plus corrélé au pH ultime lorsque celui-ci est inférieur à 5.8, conformément aux données présentées par Huff-Lonergan *et al.* (2005).

**Tableau 1 : Données de calibrage**

	Population 1			Population 2			Population 1+2		
	n	m	e.t.	n	m	e.t.	n	m	e.t.
Exsudat (%)	41	2.0	1.4	45	3.3	2.6	86	2.7	2.2
pH 24	222	5.7	0.12	145	5.8	0.23	367	5.8	0.19

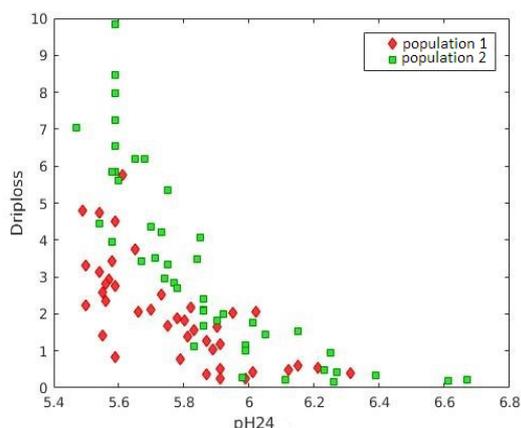
Les performances de calibration du Nitfom pour la prédiction des pertes d'exsudat sont satisfaisantes, avec un coefficient de détermination de 0.59 et une erreur de validation croisée de 1.48, nettement inférieur à l'écart type de la mesure de référence (Tableau 2, Figure 2). Ces résultats correspondent à un niveau de performance médian au regard des données de la bibliographie traitant de la prédiction de la capacité de rétention en eau de la viande de porc par NIRS ( $R^2= 0.40-0.80$ ,  $rmsecv=0.6-2.4$  ; Geesink *et al.*, 2003 ; Brondum *et al.*, 2000 ; Kapper *et al.*, 2013). Les données spectrales issues du spectromètre LabSpec4 montrent une précision de mesure comparable au NitFom ( $R^2=0.58$ ,  $rmseCV=1.80$ , Tableau 2) si nous considérons la différence de distribution des pertes d'exsudat entre les bases de données de calibration des deux appareils ( $et=2.2$  vs  $et=2.6$ ).

**Tableau 2 : Caractéristiques des calibrations pour la prédiction des pertes d'exsudat et du pH24**

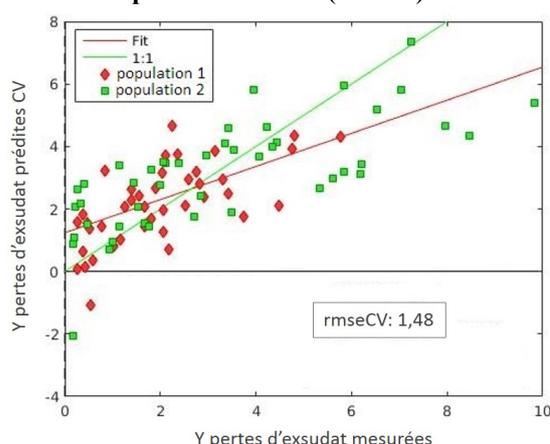
			population	pré-traitement	nb PLS factors	R <sup>2</sup> c	R <sup>2</sup> cv	rmsecv
NitFom		Pertes d'exsudat	1+2 (n=86)	GLS	2	0.59	0.53	1.48
		pH24	1+2 (n=367)	GLS	2	0.70	0.64	0.11
LabSpec4		Pertes d'exsudat	2 (n=45)	SNV	3	0.58	0.50	1.80
		pH24	2 (n=45)	SNV	5	0.75	0.60	0.18

Les calibrations réalisées à partir des données des appareils ASDI et Carometec pour la prédiction du pH24 montrent des coefficients de détermination élevés ( $R^2c=0,75$  et  $R^2c=0,70$ , respectivement, Tableau 2) mais l'erreur de calibration est trop élevée pour envisager une mesure individuelle telle qu'elle est aujourd'hui réalisée en abattoir avec un pH-mètre (reproductibilité de l'ordre 0,03). Malgré tout, ce tri pH est aujourd'hui surtout utilisé pour la prédiction du rendement technologique, et il reste insuffisant pour la prédiction des pertes d'exsudat (Figure 1).

**Figure 1: distribution des pertes d'exsudat en fonction du pH24**



**Figure 2: performances de validation croisée pour la prédiction des pertes d'exsudat (Nitfom)**



## Conclusion

Cet essai de faisabilité a permis de confirmer l'aptitude de la spectroscopie proche infrarouge à prédire la qualité technologique de la viande de porc, pour deux de ses paramètres importants tels que les pertes d'exsudat et le pH24. Cette technologie apparaît ici plus adaptée pour le tri de la viande sur les pertes d'exsudat que la mesure du pH ultime. Déjà installé dans certains abattoirs pour la prédiction en ligne de la qualité du gras de bardière, le NitFom pourrait être utilisé pour la prédiction de la qualité technologique de la viande. Toutefois les modèles de prédiction ont également besoin d'être affinés en augmentant l'effectif des populations de calibrage.

## Bibliographie

- Brondum J., Munck L., Henckel P., Karlsson A., Tornberg E., Engelsen S. (2000). Meat Science 55:177-185.  
 Geesink G, Schreutelkamp F., Frankhuizen R., Vedder H., Faber N., Kranen R., Gerritzen M. (2003). Meat Science 65:661-668.  
 Huff-Lonergan E., Lonergan S. (2005). 51<sup>st</sup> ICoMST.  
 Kapper C., Klont R., Verdonk J., Urlings H. (2012). Meat Science 91:294-299.  
 Prieto N., Roehe R., Lavín P., Batten G., Andrés S. (2009). Meat Science 83:175-186.  
 Rasmussen A., Andersson M. (1996). 42<sup>nd</sup> ICoMST.  
 Vautier A., Lhommeau T., Daumas. G. (2013). 64<sup>th</sup> EAAP.

# PREDICTION PAR SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE DE LA QUALITE TECHNOLOGIQUE DU FILET DE POULET

VAUTIER A. <sup>1</sup>, LHOMMEAU T. <sup>1</sup>, BOURIN M. <sup>3</sup>, LE BIHAN-DUVAL E. <sup>2</sup>, BERRI C. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> IFIP – Institut du Porc. La motte au Vicomte, BP 35104, 35561 Le Rheu Cedex, France.

<sup>2</sup> URA, INRA, 37380 Nouzilly, France.

<sup>3</sup> ITAVI, UR83 Recherches Avicoles, 37380 Nouzilly, France.

antoine.vautier@ifip.asso.fr

**Abstract: NIRS prediction of the technological quality of the chicken breast.**

Near infrared spectroscopy calibrations were developed for the prediction of *Pectoralis Major*'s drip loss, cooking yield, ultimate pH and toughness. Accuracy was at a satisfactory level for pH<sub>24</sub> and drip loss ( $R^2=0.82$  and  $R^2=0.59$ ), and at a medium to low level for toughness and cooking yield ( $R^2=0.55$  and  $R^2=0.47$ ). This technology could be used for a high flow meat characterization purpose and could help in genetic selection programs.

## Introduction

La spectroscopie proche infrarouge (NIRS) de réflexion est une méthode rapide, non-invasive et non-destructrice qui montre de bonnes aptitudes à la prédiction de la qualité technologique de la viande quel que soit l'espèce. Ses principaux atouts sont d'être compatible avec des cadences d'abattage élevées et de permettre la prédiction de paramètres physicochimiques dont les méthodes de référence sont complexes à mettre en œuvre. C'est le cas de paramètres technologiques tels que les pertes par exsudation, le rendement et la texture après cuisson. Une des applications de la spectroscopie proche infrarouge pourrait être de permettre la simplification de la mesure de la qualité technologique de la viande de volaille à des fins de sélection génétique, cette composante de la qualité de viande étant de plus en plus attendue par le consommateur (Alnahhas *et al.*, 2014). L'objectif de cette étude est de développer des calibrations NIRS spécifiques de la qualité technologique du muscle *Pectoralis Major* (pertes d'exsudat, dureté, pertes à la cuisson, pH ultime), tel que Chartrin *et al.* (2010) ont pu précédemment le faire pour la prédiction du taux de lipides.

## Matériel et méthodes:

Un spectromètre Labspec4 (ASDI) a été utilisé afin de collecter les spectres dans le visible et le proche infrarouge (350-1800 nm) sur une population de n=525 filets de poulet. Trois régions du *Pectoralis Major* ont été mesurées à l'aide d'une sonde de réflexion de 2 cm de diamètre : face médiale au niveau de l'extrémité crâniale (site IH), face médiale au niveau de l'extrémité caudale (site IB) et face latérale au niveau de l'extrémité crâniale (site EH). La population de filets de poulet est issue de deux populations expérimentales qui ont été sélectionnées de manière divergente sur le pH ultime du filet (les lignées pHu+ et pHu-, Alnahhas *et al.*, 2014). Les 525 échantillons ont été sélectionnés au hasard et alternativement sur la lignée pHu+/pHu- pour constituer une population de calibration (n=346) et une population de validation externe (n=179). Les mesures de références de la qualité technologique des filets sont le pH ultime, les pertes par exsudation (%), la dureté après cuisson (Warner Bratzler shear force test, N/cm<sup>2</sup>), les pertes à la cuisson (%). Ces mesures ont été réalisées selon le protocole décrit par Alnahhas *et al.* (2014). Les calibrations ont été réalisées à partir des bases de données spectrales à l'aide du logiciel Matlab et de la toolbox Eigenvector. La sélection du nombre de variables latentes des modèles de prédiction a été effectuée par PLS en validation croisée (tirage aléatoire sur 30% de la population de calibration), puis leur performance a été testée sur la population de validation externe. Deux types de prétraitements de spectres ont été testés : dérivée d'ordre 1 et procédure SNV (standard Normal Variate).

## Résultats et Discussion

Conformément aux attentes, les deux sous-populations pHu- et pHu+ sont caractérisées par des niveaux de pH ultime contrastés (différence de 0,5 unité pH) pour un écart type global élevé (e.t.= 0,28, Tableau 1). Il en est de même pour les données de pertes par exsudation, dureté, pertes à la cuisson, ces caractères étant généralement corrélés avec le niveau de pH ultime ( $r=-0.48$ ,  $-0.42$  et  $-0.19$ , respectivement).

**Tableau 1 : Données de référence des calibrations et validations externes**

	Lot	n=	Exsudat (%)	Dureté après cuisson (N/cm <sup>2</sup> )	Pertes à la cuisson (%)	pH ultime
Données de calibration	pH+	175	1,9 (1,1)	11,3 (2,1)	9,0 (2,0)	6,17 (0,15)
	pH-	171	4,1 (1,4)	15,8 (2,8)	10,7 (1,9)	5,67 (0,11)
	Total	346	3,0 (1,7)	13,5 (3,3)	9,8 (2,1)	5,92 (0,28)
Données de validation externe	pH+	94	2,2 (1,4)	10,9 (2,2)	9,3 (2,2)	6,15 (0,13)
	pH-	85	4,5 (1,3)	16,2 (2,5)	10,6 (1,8)	5,67 (0,10)
	Total	179	3,3 (1,8)	13,4 (3,5)	9,9 (2,1)	5,92 (0,27)

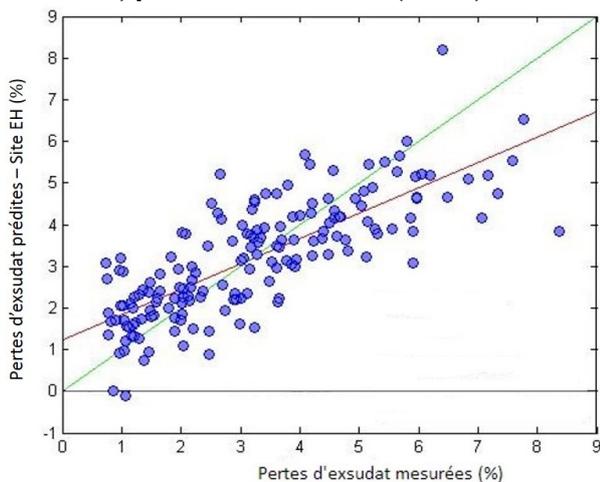
La prédiction de l'exsudat du *Pectoralis Major* par NIRS montre un  $R^2$  de calibration satisfaisant ( $R^2c=0,59$ ). Ce niveau de précision reste toutefois inférieur à ceux rencontrés dans les travaux de Samuel *et al.* (2011) et Barbin *et al.* (2015) ( $R^2c=0,72$  et  $R^2c=0,59$  à  $0,80$ , respectivement) traitant de la prédiction de la capacité de rétention d'eau du *Pectoralis Major* mais mesurée par d'autres méthodes que dans notre étude. Les résultats de validation externe confirment la robustesse du calibrage ( $r=0,78$ ,  $rmsep=1,11$ , tableau 2) avec une relation très proche de celle observée en calibration.

**Tableau 2 : Performances des calibrations pour la prédiction de la qualité technologique du filet de poulet (*Pectoralis Major*)**

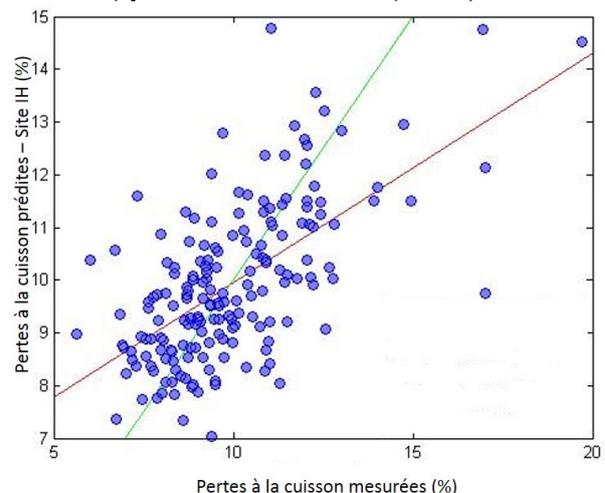
Site de mesure		Exsudat (%)	Dureté après cuisson (N/cm <sup>2</sup> )	Pertes à la cuisson (%)	pH ultime
Site de mesure		EH	EH	IH	IH
Calibration par validation croisée (n=346)	Pré-traitement / nb. facteurs PLS	- / 8	SNV / 12	Dérivée 1 <sup>ère</sup> / 6	Dérivée 1 <sup>ère</sup> / 12
	$R^2c$	0,59	0,55	0,47	0,82
	rmsecv	1,10	2,61	1,68	0,14
Validation externe (n=179)	r	0,78	0,58	0,62	0,88
	rmsep	1,11	2,94	1,64	0,13

Les modèles de régression PLS pour la prédiction de la dureté et des pertes à la cuisson présentent des coefficients de détermination également acceptables ( $R^2c=0,55$  et  $R^2c=0,47$ ) d'un niveau comparable à ceux publiés par Liu *et al.* (2004) ( $R^2c=0,45$  et  $R^2c=0,66$ ). Les coefficients de corrélation prédit/observé en validation externe sont également très proches des résultats présentés dans ces derniers travaux ( $r=0,58$  et  $r=0,62$ , vs  $r=0,54$  et  $r=0,70$ ). Enfin, nous avons obtenus de bons résultats pour la prédiction par NIRS du pH ultime ( $R^2c=0,82$ ), avec toutefois une erreur de prédiction élevée ( $rmsep=0,13$ ) comparativement à la précision apportée par un pH-mètre. Ces résultats sont en accord avec la bibliographie ( $R^2c=0,67$  à  $0,85$  et  $rmsep=0,07$  à  $0,15$ , Liu *et al.*, (2004), Samuel *et al.* (2011) et Barbin *et al.* (2015)).

**Figure 1: Prédiction des pertes par exsudation (site de mesure EH) par validation externe (n=179)**



**Figure 2: Prédiction des pertes à la cuisson (site de mesure IH) par validation externe (n=179)**



## Conclusion

Cet essai réalisé sur une population importante et à forte variabilité (somme de 2 populations divergentes sur leur niveau de pH ultime) confirme l'aptitude de la spectroscopie proche infrarouge pour la prédiction de la qualité technologique du filet de poulet. Parmi les calibrations développées ici, les performances les plus remarquables sont observées pour la prédiction du pH ultime et de l'exsudat dont les rapports de performances (RPD) sont les plus élevés (2,0 et 1,63, respectivement). Une estimation des erreurs de prédiction sur une population ayant une distribution représentative serait toutefois souhaitable pour permettre de statuer sur l'intérêt opérationnel de ce type de prédiction.

## Références bibliographiques

- Alnahhas N., Berri C., Boulay M., Baéza E., Jégo Y., Baumard Y., Chabault M., Le Bihan-Duval E. (2014). *J. Anim. Sci.* 92:3816-3824.
- Barbin D., Kaminishikawahara C., Soares A., Mizubuti I., Grespan M., Shimokomaki M., Hirooka E. (2015). *Food Chemistry* 168:554-560.
- Chartrin P., Rousseau X., Gigaud V., Bastianelli D., Baéza E. (2010). 13<sup>èmes</sup> JSMTV.
- Liu Y., Lyon B., Windham W., Lyon C., Savage E. (2004). *Poultry Science* 83:1467-1474.
- Samuel D., Park B., Sohn M., Wicker L. (2011). *Poultry Science* 90: 914-921.

# LES RELATIONS ENTRE LA TENDRETE ET LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES VIANDES BOVINES SONT ELLES STABLES SELON LE SEXE ET LA RACE ?

ELLIES-OURY M.P.<sup>1,2</sup>, DURAND D.<sup>2</sup>, GRUFFAT D.<sup>2</sup>, LISTRAT A.<sup>2</sup>, MICOL D.<sup>2</sup>,  
ORTIGUES-MARTY I.<sup>2</sup>, HOCQUETTE J.F.<sup>2</sup>, CHAVENT M.<sup>3</sup>, SARACCO J.<sup>3</sup>, PICARD B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bordeaux Science Agro, 1 cours du Général de Gaulle, CS 40201, F-33175 Gradignan, France

<sup>2</sup> UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont Université, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>3</sup> Bordeaux INP, Université de Bordeaux, UMR5251, Inria Bordeaux, Equipe CQFD, 33400 Talence France

marie-pierre.ellies@clermont.inra.fr

**Abstract: Are relationships between tenderness and fatty acid composition stable according to animal breed / type ?**

Regarding beef meat, consumers have specific expectations especially concerning meat quality traits (tenderness and taste especially) but also nutritional value of meat (fatty acid composition in particular). Thus, the aim of the present work was to determine to what extent the choice of animal breed and type will meet the consumer's expectations.

The study concerned 75 young bulls from three different breeds (Blond d'Aquitaine, Limousin, Angus) and 13 Charolais heifers.

Overall, the oxidative metabolism appears associated with higher tenderness but lower nutritional value of meat (less polyunsaturated fatty acids, more saturated ones). However, for a given breed / a given type of animal, it is difficult to associate clearly a kind of fatty acid composition and a level of tenderness, letting us suppose that a trade-off has to be established, in order to satisfy the various consumers' expectations.

## Introduction

En matière de viande bovine, les consommateurs ont des attentes spécifiques, notamment en termes de qualités sensorielle et nutritionnelle, et de valeur santé (notamment en lien avec le lien probable récemment évoqué entre consommation de viande rouge et occurrence du cancer colorectal) (Bouvard *et al.*, 2015; Grunert, 2006; Grunert *et al.*, 2004). Or, il apparaît clairement qu'un apport accru d'acides gras polyinsaturés de la famille n-3 [AGPI<sub>n-3</sub>], et un rapport AGPI<sub>n-6</sub> / AGPI<sub>n-3</sub> inférieur ou égal à 5, sont bénéfiques à la santé humaine (Afssa, 2001). En outre, l'EFSA (2010) indique que l'incidence des maladies cardiovasculaires peut être réduite en remplaçant, dans l'alimentation humaine, certains acides gras saturés par des acides gras polyinsaturés. En parallèle, il est couramment admis que la tendreté est la qualité sensorielle la plus importante pour le consommateur de viande bovine. D'origine multifactorielle, la tendreté est déterminée notamment par la structure et la composition du muscle à l'abattage (Listrat *et al.*, 2015), qui sont elles-mêmes dépendantes notamment du sexe et de la race des animaux (Hocquette *et al.*, 2005) Ces deux facteurs influencent également significativement la composition en acides gras des viandes (Smith *et al.*, 2009).

Ainsi, l'objectif de ce travail a été de mettre en relation les qualités nutritionnelles (composition en acides gras) et sensorielles (tendreté et propriétés musculaires) des viandes de 2 types d'animaux (génisses et taurillons) de 4 races différentes (plus ou moins précoces) afin de déterminer dans quelle mesure le choix des animaux permettait de répondre conjointement aux différentes attentes formulées par le consommateur.

## Matériel et méthodes

L'étude a porté sur 71 taurillons de races Limousine (Lim, n=25), Angus (n=22) et Blonde d'Aquitaine (BA, n=24) abattus à un âge moyen de 17 mois et 13 génisses de race Charolaise abattues à un âge moyen de 33 mois.

Le muscle *Longissimus thoracis* a été prélevé 24h après l'abattage au niveau de la 6<sup>ème</sup> côte, en vue de caractériser les propriétés physico-chimiques et sensorielles et la valeur nutritionnelle des viandes (Tableau 1).

Afin de mettre en évidence des relations génériques, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée sur l'ensemble des variables à disposition, en considérant l'ensemble des animaux (toutes races et tous sexes confondus).

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

	Variables à disposition
Propriétés physico-chimiques et sensorielles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proportion des différentes isoformes de chaînes lourdes de myosine [I, IIA, IIX] (Picard <i>et al.</i>, 2011)</li> <li>- Activités des enzymes du métabolisme glycolytique (lactate deshydrogénase [LDH]) ou oxydatif (isocitrate deshydrogénase [ICDH]) (Jurie <i>et al.</i>, 2006)</li> <li>- Couleur : coordonnées trichromatiques CIE-Lab [L*], [a*], [b*] (McLaren, 1976)</li> <li>- Teneur en collagène [CollTot] et insolubilité [CollInsol] (Listrat <i>et al.</i>, 2009 ; Listrat et Hocquette, 2004)</li> <li>- Teneur en lipides totaux [Lip] (Folch <i>et al.</i>, 1957)</li> <li>- Force de cisaillement [FC] selon la méthode de Salé (1971)</li> </ul>
Qualité nutritionnelle (Folch <i>et al.</i> , 1957)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Part des acides gras dans les lipides totaux [AG] - Composition en acides gras saturés [AGS], mono-insaturés [AGMI], polyinsaturés [AGPI] (exprimée en proportion des acides gras totaux) : C183n3, C205n3, C183n3, C225n3, C226n3, AGPI<sub>n6</sub>, C182n6, C204n6, C181, AGPI, AGPI<sub>n3</sub>, AGMI, AGS, AGS tx, C14, C16, C18</li> <li>- Ratios AGPI/AGS, n6/n3, C182n6/C183n3</li> </ul>

## Résultats et discussion

Le 1<sup>er</sup> axe de l'ACP (Figure 1) synthétise à lui seul plus de 53 % de l'inertie totale et la majorité des variables sont ainsi séparées selon la 1<sup>ère</sup> dimension :

- les valeurs positives de l'axe sont associées à des proportions d'acides gras polyinsaturés élevées (AGPI, AGPI<sub>n-3</sub>, AGPI<sub>n-6</sub>, C20:5n-3, C18:3n-3, C22:5n-3, C22:6n-3, C18:2n-6, C20:4n-6), un métabolisme plus glycolytique (fibres IIX, activité LDH) et une moindre tendreté (force de cisaillement FC supérieure),
- les valeurs négatives de l'axe sont associées à des proportions d'acides gras saturés (AGS, C14:0, C16:0) et mono-insaturés plus élevées (AGMI, C18:1), ainsi qu'à un métabolisme plus oxydatif (fibres IIA, activité ICDH).

L'association entre le métabolisme oxydatif et la teneur en lipides mise en évidence dans ce travail a été largement établie dans les travaux antérieurs (Geay *et al.*, 2001), au même titre que la corrélation positive entre lipides et AGS (Demeyer and Doreau, 1999). Si, dans la littérature, le lien négatif entre métabolisme glycolytique et tendreté a précédemment été établi, dans ce muscle par plusieurs auteurs (Dransfield *et al.*, 2003; Maltin *et al.*, 1998; Picard *et al.*, 1994) le lien entre ces deux caractéristiques musculaires et la composition en AGPI est moins documentée. Néanmoins, ces relations confirment la difficulté d'améliorer de façon conjointe les qualités nutritionnelles (augmentation de la part d'AGPI) et sensorielles (augmentation de la tendreté) des viandes.

Du fait de la faible part d'inertie portée par l'axe 2 (8,53%), aucune variable n'est bien représentée sur cet axe.

La projection des individus sur le plan constitué par les axes 1 et 2 (Figure 2) permet de distinguer aisément les 4 lots d'animaux. Il ressort comme attendu, que les muscles des génisses sont plus gras, plus riches en AGS, plus oxydatifs et plus tendres que ceux des taurillons ; au sein des muscles de taurillons, on relève un gradient allant de la race Angus à la race Blonde d'Aquitaine, les muscles des animaux les plus tardifs (Lim et BA) étant plus maigres et plus riches en AGPI que les muscles les plus précoces (Angus).

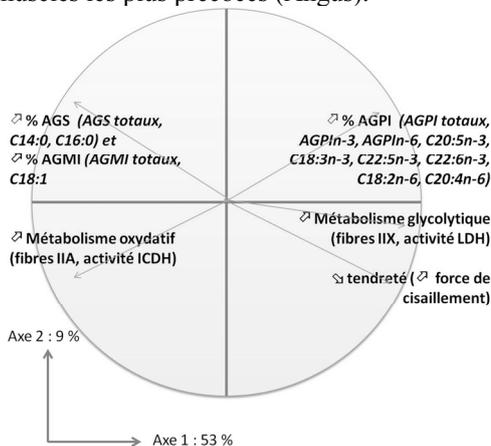


Figure 1 :

Représentation des variables (Figure 1) et des individus (Figure 2) sur les 2 premiers axes de l'ACP

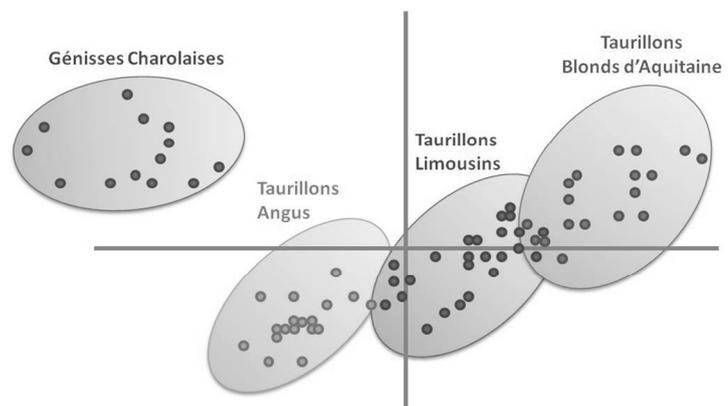


Figure 2 :

Des ACP intra-race/intra-type d'animal ont également été réalisées (non illustrées ici) et ont permis d'établir une absence d'association entre les paramètres de qualité nutritionnelle (positionnés sur l'axe 1) et ceux de qualité sensorielle (positionnés sur l'axe 2). Le fait de considérer l'ensemble des individus (2 types d'animaux, 4 races) dans la même analyse permet ainsi d'établir des résultats plus génériques que l'analyse sur une population plus homogène d'animaux.

## Conclusion

Intra-race/type d'animal, comme inter-race/type d'animal, il est difficile d'associer positivement composition en acides gras et tendreté des viandes. Il apparaît donc comme nécessaire d'établir un compromis en fonction des attentes des consommateurs, la viande de femelles étant plus à même de satisfaire les attentes sensorielles, la viande de mâles de races à viande françaises étant quant à elle mieux placée en termes nutritionnels.

Cependant, il a été largement montré qu'il était possible d'améliorer la composition en lipides de la viande de ruminant par apport de graines oléagineuses dans les rations de finition ; Aussi, serait-il intéressant d'introduire ce levier dans notre modèle. Par ailleurs, l'analyse conjointe des données nutritionnelles et sensorielles sur un plus grand panel de races / types d'animaux devrait permettre d'établir des grandes lois sur les liens entre ces deux paramètres de qualité, et permettre de donner des clefs pour répondre au mieux aux attentes des différents profils de consommateurs.

## Références bibliographiques

Afssa C. (2001). Apports Nutr. Cons. Pour Popul. Fr. Paris Tec Doc.  
Bouvard V., *et al.*, (2015). Lancet Oncol. 16, 1599–1600.  
Demeyer D., Doreau M. (1999). Proc. Nutr. Soc. 58, 593–607.  
Dransfield, E., *et al.*, (2003). Anim. Sci. 76, 387–399.  
Geay Y., *et al.*, (2001). Reprod. Nutr. Dev. 41, 1–26.  
Grunert K.G. (2006). Meat Sci. 74, 149–160.

Grunert K.G., *et al.*, (2004). Meat Sci. 66, 259–272.  
Hocquette J.-F., *et al.*, (2005). Cah. Agric. 14, 283–289.  
Listrat A., *et al.*, (2015). INRA Prod. Anim. 28, 125–136.  
Maltin C.A., *et al.*, (1998). Anim. Sci. 66, 341–348.  
Picard B., *et al.*, (1994). Meat Sci. 36, 333–343.  
Smith S.B., *et al.*, (2009). Asian-Australas. J. Anim. Sci. 22, 1225–1233.

La liste complète des références bibliographiques est disponible auprès des auteurs.

# RELATION ENTRE LES PARAMETRES DE LA COULEUR ET L'ABONDANCE DE PROTEINES BIOMARQUEURS CHEZ DES TAURILLONS DE DEUX RACES A VIANDE

GAGAOUA M., TERLOUW C., PICARD B.

UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

brigitte.picard@inra.fr

**Abstract: Protein biomarkers to understand the biochemical processes behind beef color development**

The aim of this research was to study the relationship between earlier identified proteomic biomarkers with meat color traits evaluated instrumentally on *Longissimus thoracis* muscle of young bulls from two breeds differing in their earliness. The principal component analysis based on the biomarkers and meat color traits allowed the discrimination of meat samples of the Aberdeen Angus (AA) and Limousine (LIM) breeds. The  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  and  $C^*$  coordinates were correlated with several protein biomarkers and were in some cases breed-dependent. Irrespective of the direction of the biomarkers in the regression models for each breed, the explained variability varied between 31 and 56%. This study confirmed once again the importance of numerous biological pathways in beef color development. The results suggest that biomarkers may be used to classify meat cuts sampled early *post-mortem* according to their future color.

## Introduction

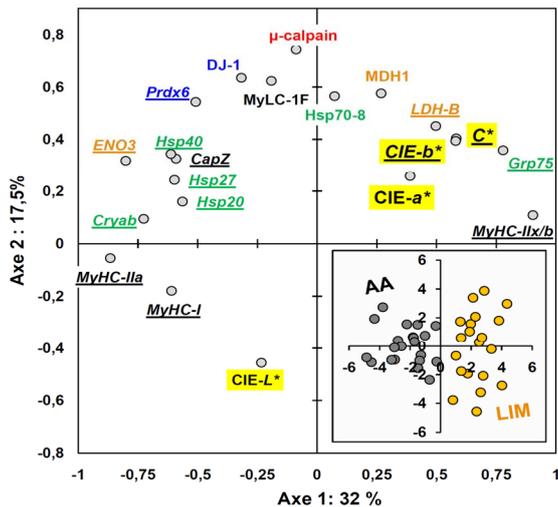
La croissance économique et la mondialisation de ces dernières années ainsi que les exigences des consommateurs concernant la sélection des viandes ont fortement changé. Aujourd'hui, les consommateurs prennent en considération la valeur santé et les propriétés sensorielles de la viande lors de l'achat. Les propriétés sensorielles de la viande, que ce soit la couleur, la tendreté, la flaveur ou la jutosité, impactent les préférences et les attentes des consommateurs (Font-i-Furnols et Guerrero, 2014). Parmi ces qualités, la couleur est un facteur essentiel car c'est la première caractéristique perçue et souvent la seule dont le consommateur dispose pour choisir la viande au moment de l'achat (Suman *et al.*, 2014). C'est pourquoi, depuis peu, les approches de protéomique ont été proposées pour aider à comprendre les changements protéiques associés au développement de la couleur (Joseph *et al.*, 2012). Ainsi, l'identification de protéines marqueurs permettrait la classification des carcasses très tôt après abattage. Par exemple, dans le cadre du projet « ProSafeBeef » nous avons mis en relation une liste de biomarqueurs de tendreté avec les paramètres de couleur de la viande de la race Blonde d'Aquitaine (Gagaoua *et al.*, 2015). C'est dans le cadre du même projet que s'inscrit cette étude visant à mettre en évidence les relations entre les paramètres de la couleur et une liste de biomarqueurs chez deux autres races à viande de jeunes taurillons qui diffèrent par leur précocité et caractéristiques physiologiques : l'Angus (AA : race précoce et grasse) et la Limousine (LIM : race à maturité tardive et moins grasse).

## Matériel et méthodes

Les taurillons des deux races, AA : n = 21 et LIM : n = 21 ont été conduits à l'Unité expérimentale du Centre Auvergne-Rhône-Alpes de l'INRA. Après une finition de 105 j, les animaux ont été abattus à un âge moyen de 17 mois et un poids vif de  $657 \pm 45$  kg à l'abattoir expérimental. Des échantillons du muscle *Longissimus thoracis* (LT : entrecôte, muscle de type rapide oxydo-glycolytique), ont été prélevés au niveau de la 6<sup>ème</sup> côte de la carcasse 45 min après abattage pour la quantification des biomarqueurs et à 24h pour la mesure des coordonnées de la couleur. Les échantillons de muscles (45 min *post-mortem*) ont été coupés en petits cubes, immédiatement congelés dans l'azote liquide et conservés à  $-80^\circ\text{C}$  jusqu'à la quantification de 18 protéines par Dot-Blot (Picard *et al.*, 2014 ; Gagaoua *et al.*, 2015). Les protéines analysées sont relatives au stress ( $\alpha$ B-Crystalline (cryab), Hsp20, Hsp27, Hsp40, Hsp70-1B, Hsp70-8, Hsp70/Grp75), au métabolisme énergétique (Lactate déshydrogénase (LDH-B), Malate déshydrogénase 1 (MDH1), Enolase 3), à la structure du muscle (CapZ- $\beta$ ,  $\alpha$ -actine, MyLC-1F, MyBP-H), aux mécanismes de défense contre le stress oxydant (Prdx6, SOD1, DJ-1) et à la protéolyse ( $\mu$ -calpaïne). La proportion des différentes isoformes de chaînes lourdes de myosine (MyHC : Myosin Heavy Chains I, IIa et IIx/b) a été évaluée suivant Picard *et al.* (2011). La mesure de la couleur en triplicates a été réalisée sur des échantillons conservés à  $4^\circ\text{C}$  sous film et sur une surface rafraîchie et exposée à l'air pendant 1 h à  $1^\circ\text{C}$ . Les mesures  $L^*$  (luminosité),  $a^*$  (indice de rouge) et  $b^*$  (indice de jaune) ont été réalisées à l'aide d'un Chromamètre Minolta CR400 suivant Gagaoua *et al.* (2015). L'indice de saturation ( $C^*$ ) a été calculé :  $C^* = [(a^2 + b^2)^{1/2}]$ . Les données ont été analysées (ANOVA, analyse en composante principale (ACP), corrélations et régressions multiples avec un maximum de 3 variables explicatives) en utilisant le logiciel XLstat.

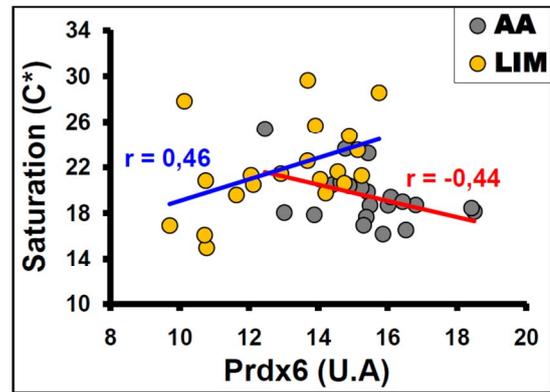
## Résultats

L'ACP (Figure 1) montre que les 2 premiers axes totalisent 49,5% de la variabilité et les variables projetées discriminent parfaitement les échantillons de viande des deux races (LIM à droite et AA à gauche). La viande des taurillons LIM a des indices de saturation et de jaune élevés par rapport à la race AA. Aucune différence n'a été trouvée pour la luminosité et l'indice de rouge. Le muscle de la race AA est caractérisé par l'abondance des protéines : small-Hsp, du stress oxydant et de structure. Le muscle de la race LIM est caractérisé par un métabolisme glycolytique avec une abondance de LDH-B, de fibres rapides glycolytiques et de la chaperonne Grp75. L'analyse des corrélations a révélé que certaines protéines sont corrélées ( $P < 0.05$ ) avec les coordonnées  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  et  $C^*$ . Pour la race AA,  $L^*$  est corrélée avec MyHC-IIa ( $r = -0,38$ ) et Eno3 ( $r = -0,44$ ) ;  $a^*$  avec DJ-1 ( $r = -0,49$ ) & Cryab ( $r = -0,45$ ) ;  $b^*$  avec Prdx6 ( $r = -0,41$ ), Hsp27 ( $r = +0,39$ ) & Hsp70-8 ( $r = -0,43$ ) ;  $C^*$  avec Prdx6 ( $r = -0,44$ ). Pour la race LIM,  $L^*$  est corrélée avec Prdx6 ( $r = -0,47$ ) et Hsp70-8 ( $r = -0,39$ ) ;  $a^*$  avec Hsp70-1B ( $r = +0,48$ ) ;  $b^*$  avec MyHC-IIa ( $r = -0,52$ ), -IIx/b ( $r = +0,45$ ), MyLC-1F ( $r = +0,39$ ), Prdx6 ( $r = +0,46$ ) et  $\mu$ -calpaïne ( $r = +0,41$ ) et  $C^*$  avec MyHC-IIa ( $r = -0,49$ ), -IIx/b ( $r = +0,45$ ), Prdx6 ( $r = +0,46$ ) et Hsp70-1B ( $r = +0,40$ ).



**Figure 1 :** Analyse en composante principale (ACP) des protéines biomarqueurs étudiées et les coordonnées de la couleur. Les protéines et/ou les paramètres de la couleur en italique et souligné sont significativement différents ( $P < 0,05$ ) entre les deux races. Les couleurs, vert, orange, noir, bleu et rouge, correspondent respectivement aux biomarqueurs du stress, du métabolisme, de structure, du stress oxydant et de la protéolyse. Les paramètres de la couleur sont surlignés en jaune. Les coordonnées individuelles sont donnés dans la partie droite en bas du 1<sup>er</sup> axe.

Des corrélations similaires ont été trouvées pour AA et LIM. Par exemple, la Prdx6 est corrélée avec  $b^*$  et  $C^*$  (Figure 2), par contre la direction est différente (négative chez AA et positive chez LIM). Les modèles de régression sont présentés par race dans le Tableau 1. Ils expliquent de 31 à 56% de la variabilité. Les variables retenues sont race spécifiques. Certaines protéines rentrent dans plusieurs équations, comme la CapZ retenue dans les modèles de  $L^*$ ,  $a^*$  et  $C^*$  de la race AA. D'autres protéines sont communes et rentrent dans les prédictions de la même coordonnée pour les deux races, par contre le signe diffère. Par exemple, la LDH-B est positive dans le modèle du  $a^*$  de AA et négative pour la race LIM.



**Figure 2 :** Exemple de corrélation significative ( $P < 0,05$ ) et commune trouvée entre la saturation ( $C^*$ ) et la protéine Prdx6 pour les deux races étudiées et dont le sens est inversé.

**Tableau 1 :** Modèles prédictifs les plus significatifs expliquant les coordonnées  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  et  $C^*$  de la couleur.

Race : Aberdeen Angus	
$L^*$	$L^* = 39,2 - 0,43\text{ENO3} + 0,23\text{CapZ}$ ( $R^2 = 31\%$ )*
$a^*$	$a^* = 23,3 - 0,53\text{DJ-1} + 0,37\text{LDH-B} - 0,23\text{CapZ}$ ( $R^2 = 41\%$ )*
$b^*$	$b^* = 35,9 - 0,99\text{Hsp70-8} - 0,37\text{Grp75} - 0,21\text{SOD1}$ ( $R^2 = 56\%$ )**
$C^*$	$C^* = 28,6 - 0,46\text{DJ-1} - 0,19\text{CapZ} + 0,08\text{Hsp27}$ ( $R^2 = 35\%$ )*
Race : Limousine	
$L^*$	$L^* = 84,8 - 1,28\text{Prdx6} - 1,01\text{MyHC-I} - 0,64\text{Hsp40}$ ( $R^2 = 51\%$ )**
$a^*$	$a^* = 20,2 - 0,74\text{Hsp70-8} + 0,57\text{Hsp70-1B} - 0,30\text{LDH-B}$ ( $R^2 = 48\%$ )*
$b^*$	$b^* = 19,7 + 0,48\mu\text{-calpaïne} - 0,35\text{MyHC-IIa}$ ( $R^2 = 40\%$ )*
$C^*$	$C^* = 26,5 - 0,35\text{MyHC-IIa} + 0,31\text{Hsp70-1B}$ ( $R^2 = 36\%$ )*
Significativité des modèles : * $P < 0,05$ ; ** $P < 0,01$	

## Discussion

Parmi les biomarqueurs considérés dans cette étude en lien avec les coordonnées  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  et  $C^*$  des taurillons AA et LIM, plusieurs ont été rapportés pour jouer des rôles importants dans les mécanismes régissant le développement de la couleur de la viande (Joseph *et al.*, 2012 ; Canto *et al.*, 2015). Les valeurs élevées de  $C^*$  chez la race LIM peuvent s'expliquer d'une part par le métabolisme glycolytique et d'autre part, par la faible activité anti-oxydante exercée par les protéines Prdx6 et DJ-1 dans ce type de muscle. Joseph *et al.* (2012) suggèrent que les libérations de Prdx6 lors du stockage peuvent neutraliser le changement de couleur de la viande. Cette hypothèse a été récemment soutenue par l'étude de Wu *et al.* (2015) et les résultats antérieurs rapportant le rôle crucial de la Prdx6 dans la transformation du muscle en viande (Jia *et al.*, 2009). Par ailleurs, notre étude révèle que différents mécanismes apparemment race spécifiques peuvent gouverner le développement de la couleur. Le fait que le rôle des protéines diffère d'une race à une autre peut être associé aux propriétés contractiles et métaboliques des muscles (Picard *et al.*, 2014). Enfin, l'implication des Hsp dans les composantes de la couleur peut être liée à leur rôle protecteur contre la dénaturation des protéines de structure pouvant affecter les propriétés de réfraction et l'aspect d'un morceau de viande (Gagaoua *et al.*, 2015).

## Conclusions

Nos résultats suggèrent que les mécanismes régissant la couleur, impliquent des biomarqueurs liés à la tendreté, étant donné que les protéines retenues appartiennent aux mêmes familles biologiques.

## Références

- Canto A.C., Suman S.P., Nair M.N., Li S., Rentfrow G., Beach C.M., Silva T.J., Wheeler T.L., *et al.* (2015). *Meat Science*, 102, 90-8.  
 Font I.F.M. & Guerrero L. (2014). *Meat Science*, 98, 361-71.  
 Gagaoua M., Terlouw E.M., Micol D., Boudjellal A., Hocquette J.F. & Picard B. (2015). *J Agric Food Chem* 63, 6799-809.  
 Jia X., Veiseth-Kent E., Grove H., Kuziora P., Aass L., Hildrum K.I. & Hollung K. (2009). *J Anim Sci* 87, 2391-9.  
 Joseph P., Suman S.P., Rentfrow G., Li S. & Beach C.M. (2012). *J Agric Food Chem* 60, 3196-203.  
 Picard B., Barboiron C., Chadeyron D. & Jurie C. (2011). *Electrophoresis* 32, 1804-6.  
 Picard B., Gagaoua M., Micol D., Cassar-Malek I., Hocquette J.F. & Terlouw C.E. (2014). *J Agric Food Chem* 62, 9808-18.  
 Suman S.P., Rentfrow G., Nair M.N. & Joseph P. (2014). *J Anim Sci* 92, 875-82.  
 Wu W., Gao X.-G., Dai Y., Fu Y., Li X.-M. & Dai R.-T. (2015). *Food Research International* 72, 98-105

## Remerciements

Cette étude faisait partie du projet européen ProSafeBeef contrat no. FOODCT-2006-36241. Nous remercions vivement les agents de l'UERT de l'INRA ayant pris en charge les animaux avant et après abattage et pour les mesures de couleur. Nous remercions aussi Jean-François Hocquette, correspondant INRA du projet, et Nicole Dunoyer pour la quantification des biomarqueurs par Dot-Blot.

# EFFETS DU SEXE ET DU MUSCLE SUR L'ABONDANCE DE BIOMARQUEURS DE TENDRETE ET D'ADIPOSITE DE LA VIANDE EN AOP MAINE ANJOU

AL JAMMAS M.<sup>1</sup>, BONNET M.<sup>1</sup>, COUVREUR S.<sup>2</sup>, PECOT M.<sup>3</sup>, AMINOT G.<sup>3</sup>,  
VALAIS A.<sup>3</sup>, PICARD B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UMR1213 Herbivores, INRA, VetAgro Sup, Clermont université, 63122 Saint-Genès-Champanelle,

<sup>2</sup>Unité de Recherche sur les Systèmes d'Élevage (URSE), Univ Bretagne Loire, Ecole Supérieure d'Agricultures (ESA), 55 rue Rabelais, BP 30748, 49007 Angers Cedex, France.

<sup>3</sup>S.I.C.A. Rouge des Prés, Domaines des rues, 49220 Chenillé-Champteussé, France

marwa.al-jammas@clermont.inra.fr

**Abstract: Effects of gender and muscle on the abundance of protein biomarkers of meat tenderness and adiposity in Maine Anjou PDO**

Some proteins have been revealed as biomarkers for beef tenderness and adiposity by previous studies. The abundance of these biomarkers could be affected by muscle, animal type (age, gender, breed) and the production system. This study analyzed the effects of animal and muscle type on the abundance of 20 biomarkers of meat tenderness and adiposity. The studied animals were 15 steers and 86 cows of the Maine Anjou PDO, and muscles were *Longissimus thoracis*, *Rectus abdominis*, *Semimembranosus*, *Semitendinosus*, *Triceps brachii*. The results showed that the abundance of the majority of tenderness or adiposity biomarkers varied significantly between muscles. *Rectus abdominis* is the most different from other muscles. Gender had an effect on the abundance of several biomarkers in four muscles. In *Triceps brachii* no effect of gender was observed. These results are valuable and should be considered when predicting meat tenderness and/or adiposity from the biomarker abundance and also when choosing the best predictor muscle.

## Introduction

La tendreté de la viande bovine est une qualité sensorielle essentielle pour le consommateur. Il est prêt à payer plus cher pour avoir une viande de meilleure tendreté (Boleman *et al.*, 1997). En outre, une teneur en lipides de 3 à 4 % dans la viande bovine est requise pour une bonne appréciation sensorielle par les consommateurs (Bonnet *et al.*, 2010). Actuellement ces critères ne sont évalués qu'après abattage, par un jury d'analyse sensorielle et/ou des mesures mécaniques pour la tendreté et par des analyses de laboratoire pour la teneur en lipides. Ces méthodes sont longues et coûteuses. C'est pourquoi depuis quelques années, différents projets de recherche ont identifié une liste d'une vingtaine de protéines comme biomarqueurs potentiels de tendreté (Picard *et al.*, 2015) et plus récemment d'adiposité. Tendreté et teneur en lipides sont des critères de qualité qui se caractérisent par une grande variabilité résultant de facteurs propres à l'animal (âge, sexe, race), à sa conduite d'élevage (Oury *et al.*, 2007, Bonnet *et al.*, 2007) et au type de muscles (Lebret *et al.*, 2015). Par conséquent, l'abondance des biomarqueurs protéiques peut être modifiée par ces facteurs. La connaissance de ces modifications est un préalable à la prédiction de la tendreté et de l'adiposité des viandes bovines à partir des abondances de biomarqueurs. Aussi, l'objectif de cette étude est d'analyser l'effet du sexe et du muscle et l'interaction entre les deux sur l'abondance de biomarqueurs de la tendreté et l'adiposité de la viande, identifiés chez des bovins de l'AOP Maine Anjou (Picard *et al.*, 2014).

## Matériel et méthodes

Les données utilisées dans cette étude portent sur 101 animaux (15 bœufs et 86 vaches) de race Rouge des Prés (projet QUAFIMA : Qualité en Filière Maine Anjou). Des échantillons de 5 muscles ont été prélevés : le faux-filet (*Longissimus thoracis* : LT), le tendre de tranche (*Semimembranosus* : SM), la bavette de flanchet (*Rectus abdominis* : RA), la boule de macreuse (*Triceps brachii* ; TB) et le rond de gîte (*Semitendinosus* : ST). La façon dont les échantillons sont découpés et congelés est détaillée dans le texte de Picard *et al.*, (JSMTV 2016). La tendreté de la viande a été évaluée par mesure de la force de cisaillement (warner-bratzler : WB), exprimée en N/cm<sup>2</sup>. L'abondance relative de 20 protéines biomarqueurs de tendreté a été mesurée sur les 5 muscles par la technique RPPA (Reverse Phase Protein Array) (Picard *et al.*, JSMTV 2016). Les effets muscle, sexe et l'interaction sexe × muscle ont été étudiés par une analyse de variance (ANOVA) en utilisant Minitab 16.

## Résultats et discussion

Comme attendu, les mesures de WB varient en fonction du muscle selon le classement suivant : ST>TB>SM=RA>LT (résultat non présenté). Les résultats concernant l'abondance relative des protéines sont présentés dans le tableau 1. Ils montrent que l'abondance de la majorité des biomarqueurs de tendreté ou d'adiposité, varie significativement entre muscles (16 sur 20 biomarqueurs). Pour les biomarqueurs Hsp40, MDH1, PYGB, FHL1, aucun effet muscle n'est observé. Le muscle RA est le plus différent des autres, avec 11 protéines sur 20 dont l'abondance est significativement différente de celle des autres muscles. En effet, 6 protéines présentent des valeurs significativement plus faibles (ENO3,

PGK1, ALDOA, MyHC IIX, MLC1F, TPI1), et 5 plus élevées (HSP27, HSP70, CRYAB, TNNT1, ALDH1A1) dans le RA. Ces résultats sont en accord avec des travaux précédents montrant que le muscle RA présente des particularités. En particulier dans ce muscle ce sont les fibres rapides glycolytiques IIX qui ont les surfaces les plus faibles alors que dans l'ensemble des autres muscles, ces fibres sont les plus larges. D'autre part, dans ce muscle, le métabolisme oxydatif des fibres IIA (oxydo-glycolytiques) est très faible (Oury *et al.*, 2009). Le muscle ST, le plus dur, montre aussi des particularités par rapport aux autres muscles. L'abondance des biomarqueurs TTN, Hsp20, Hsp70, CRYAB est la plus faible, contrairement aux biomarqueurs ENO3, PGK1, ALDOA, MyHC IIX, qui ont les abondances les plus élevées dans le ST. Ces résultats sont en accord avec le type plus rapide glycolytique du ST par rapport aux autres muscles (Brandstetter *et al.*, 1998).

L'analyse de l'effet sexe montre que seule l'abondance de 6 des biomarqueurs (TTN, MDH1, PYGB, HSP70, MLC1F, FHL1) n'est pas différente entre les bœufs et les vaches, quel que soit le muscle considéré. Ainsi, l'abondance des protéines MDH1, PYGB et FHL1 n'est modifiée ni par le muscle ni par le sexe, elle ne semble pas être dépendante des propriétés contractiles et métaboliques. Il est intéressant de noter que dans le muscle TB, l'abondance d'aucun des 20 biomarqueurs n'est différente entre les bœufs et les vaches. Ces résultats sont en accord avec les travaux de Brandstetter *et al.* (1998) qui n'ont observé aucun effet de la castration sur les propriétés contractiles et métaboliques du muscle TB chez des Montbéliards, alors que les propriétés des muscles LT et ST étaient significativement modifiées.

**Tableau 1:** effets sexe et muscle sur l'abondance de 20 protéines biomarqueurs de la tendreté et adiposité

Protéines	Muscles					P value		
	RA	LT	TB	ST	SM	Effet Muscle	Effet Sexe	Muscle x Sexe
TTN	-0.08 <sup>NS</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.29 <sup>c</sup>	-0.35 <sup>a</sup>	-0.32 <sup>a</sup>	<0.000	0.877	<0.000
ENO3	-1.25 <sup>a</sup>	0.11 <sup>NS</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.60 <sup>d</sup>	0.36 <sup>c</sup>	<0.000	0.144	<0.000
HSP27	0.62 <sup>c</sup>	-0.07 <sup>b</sup>	-0.02 <sup>b</sup>	-0.08 <sup>b</sup>	-0.44 <sup>a</sup>	<0.000	0.009	<0.000
$\alpha$ -Tubuline	0.09 <sup>b</sup>	-0.16 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	-0.03 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	<0.000	0.129	0.001
HSP40	-0.01 <sup>NS</sup>	-0.08 <sup>NS</sup>	-0.08 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>*</sup>	0.11 <sup>NS</sup>	0.062	0.118	0.111
HSP20	0.32 <sup>NS</sup>	0.16 <sup>***</sup>	-0.21 <sup>a</sup>	-0.27 <sup>***</sup>	0.01 <sup>***</sup>	<0.000	<0.000	<0.000
PRDX6	-0.02 <sup>b</sup>	-0.33 <sup>a</sup>	0.20 <sup>c</sup>	0.14 <sup>bc</sup>	0.25 <sup>c</sup>	<0.000	0.001	<0.000
MDH1	-0.01	0.08	0.05	0.01	-0.09	0.177	0.39	0.251
PYGB	-0.03	-0.01	0.04	0.09	0.03	0.476	0.604	0.697
HSP70	0.31 <sup>c</sup>	0.07 <sup>b</sup>	-0.18 <sup>a</sup>	-0.35 <sup>a</sup>	0.16 <sup>c</sup>	<0.000	0.700	<0.000
PGK1	-0.98 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.40 <sup>c</sup>	0.34 <sup>c</sup>	<0.000	<0.000	<0.000
ALDOA	-0.19 <sup>a</sup>	-0.01 <sup>b</sup>	-0.04 <sup>b</sup>	0.30 <sup>c</sup>	0.18 <sup>c</sup>	<0.000	0.035	<0.000
CRYAB	1.06 <sup>a</sup>	-0.01 <sup>NS</sup>	-0.14 <sup>cb</sup>	-0.62 <sup>a</sup>	-0.23 <sup>b</sup>	<0.000	0.096	<0.000
MyHC IIX	-1.00 <sup>a</sup>	-0.20 <sup>b</sup>	0.23 <sup>c</sup>	0.73 <sup>d</sup>	0.11 <sup>c</sup>	<0.000	0.072	<0.000
TRIM72	0.01 <sup>a</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>	-0.07 <sup>a</sup>	-0.13 <sup>NS</sup>	<0.000	0.073	<0.000
MLC1F	-0.58 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.28 <sup>bc</sup>	0.41 <sup>c</sup>	0.09 <sup>b</sup>	<0.000	0.698	<0.000
FHL1	0.04	0.01	0.13	-0.12	-0.03	0.155	0.294	0.501
TNNT1	0.93 <sup>d</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.11 <sup>c</sup>	-0.94 <sup>a</sup>	-0.13 <sup>b</sup>	<0.000	0.145	<0.000
ALDH1A1	0.75 <sup>c</sup>	-0.15 <sup>ab</sup>	-0.13 <sup>ab</sup>	-0.05 <sup>b</sup>	-0.28 <sup>a</sup>	<0.000	0.051	<0.000
TPI1	-1.05 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.56 <sup>c</sup>	0.35 <sup>c</sup>	<0.000	0.018	<0.000

P value de l'effet du muscle sur l'abondance des biomarqueurs : sur une même ligne les différentes lettres indiquent les différences significatives entre les 5 muscles. Les étoiles illustrent les différences significatives liées à l'effet sexe : NS : P>0.05, \* : P>0.001, \*\* : P>0.001 ; \*\*\* : P<0.001

Noms des protéines - TTN : Titin, ENO3 : Enolase 3, HSP : Heat Shock protein, PRDX6 : Peroxyredoxin 6, MDH1 : Malate dehydrogenase1, PYGB : Phosphorylase Glycogen Brain, PGK1 : Phosphoglycerate kinase 1, ALDOA : AldolaseA, CRYAB :  $\alpha$ B-Crystalline, MyHC IIX : Myosin Heavy Chain IIX, TRIM72 : Tripartite motif protein 72, MLC1F : Myosin Light chain1F, FHL1 : four and a half LIM proteins1, TNNT1 : Troponin T1, ALDH1A1 : Aldehyde dehydrogenase 1, TPI1 : Triosephosphate isomerase 1.

## Conclusion

L'originalité de ces résultats est qu'ils apportent pour la première fois, des informations relatives à l'abondance de protéines biomarqueurs de tendreté et d'adiposité dans 5 muscles de 2 types d'animaux. La connaissance de l'effet des facteurs muscle et sexe sur l'abondance de ces biomarqueurs fournit aussi des arguments pour le choix du muscle à prélever à terme pour prédire la tendreté et l'adiposité des carcasses de l'AOP Maine Anjou, à partir des mesures d'abondances de ces biomarqueurs (voir texte de Picard *et al.*, JSMTV 2016). Nos résultats montrent que le TB pourrait constituer un bon candidat puisque l'abondance des biomarqueurs considérés est identique chez les vaches et les bœufs de l'AOP Maine Anjou.

## Références bibliographiques

- Boleman S. J., Boleman S. L., Miller R. K., Taylor J. F., Cross H. R., Wheeler T. L., *et al.* (1997). *J. Anim. Sci.* 75: 1521-1524.  
 Bonnet M., Gruffat D., Hocquette J. F. 2010. Muscle et Viande de Ruminant (eds. D Bauchart, B Picard), p78-88, Versailles (FRA).  
 Bonnet M., Faulconnier Y., Leroux C., Jurie C., Cassar-Malek I., Bauchart D., *et al.* (2007). *J. Anim. Sci.* 85, 2882-2894.  
 Brandstetter A.M., Picard B., Geay Y. (1998). *Liv. Prod. Sci.*, 53: 25-26.  
 Lebret B., Prache S., Berri C., Lefèvre F., Bauchart D., Picard B., *et al.* (2015). *INRA Prod. Anim.*, 28 (2): 151-168  
 Oury M.P., Picard B., Istasse L., Micol D., Dumont R. (2007). *INRA Prod. Anim.*, 20: 309-326.  
 Oury M.P., Picard B., Briand M., Blanquet J.P., Dumont R. (2009). *Meat Sci.*, 83 (2): 293-301.  
 Picard B., Couvreur S., Barboiron C., *et al.* (2014). 15<sup>èmes</sup> Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes (p. 153-154).  
 Picard B., Lebret B., Cassar-Malek I., Liaubet L., Berri C., Le Bihan-Duval E., *et al.* (2015). *INRA Prod. Anim.*, 28 (2) :183-196.

# APPORT DES OUTILS CELLULAIRES POUR ETUDIER LA CROISSANCE MUSCULAIRE CHEZ LE PORC

PERRUCHOT M.H., LOUVEAU I.

PEGASE, Agrocampus Ouest, INRA, 35590 Saint-Gilles, France

marie-helene.perruchot@inra.fr

## Abstract: The use of new cellular tools to study porcine muscle growth

The aim of the present work was to investigate the features of satellite cells and other adult stem cells in skeletal muscle. Satellite cells are located between the basal membrane and the sarcolemma of each muscle fiber. First, we developed a model based on muscle satellite cell culture to investigate the regulation of adult Myosin Heavy Chain (MyHC) isoform expression in pig muscle. Satellite cells were harvested from the mostly fast-twitch glycolytic *longissimus* (LM) muscle collected at the last rib level, and the predominantly slow-twitch oxidative *rhomboideus* (RM) muscle of 6-week-old piglets. Then, we investigated more extensively the features of all adult stem cells in both muscles of growing and adult pigs using flow cytometry. The first study demonstrated that satellite cells from LM and RM only expressed the embryonic and fetal MyHC isoforms in cell culture, without any of the adult MyHC isoforms expressed *in vivo*. The second study clearly indicated that adult stem cells from pig skeletal muscles expressed a panel of stem cell markers exhibiting age-related changes.

## Introduction

Les cellules souches adultes sont des cellules multipotentes capables de s'auto-renouveler et de donner naissance à plusieurs types de cellules spécialisées dans un tissu donné. Dans le muscle squelettique, les cellules satellites sont les cellules souches les plus étudiées. Chez l'adulte, ces dernières sont positionnées le long des fibres musculaires dans un état de dormance. L'activation et la prolifération de ces cellules permettent à l'adulte d'augmenter sa masse musculaire. Nous nous intéressons à ces cellules comme levier potentiel pour mieux gérer l'adaptation tissulaire au cours de la croissance, pouvant in fine modifier la qualité de la viande. Le but de ce travail est d'étudier les caractéristiques des cellules souches adultes y compris les cellules satellites durant le développement musculaire du porc. Nous avons d'abord développé un modèle de culture de cellules satellites pour étudier la régulation de l'expression des isoformes de chaînes lourdes de myosines (MyHC) adultes dans deux muscles à activités métaboliques et contractiles contrastées : un muscle glycolytique à contraction rapide (*longissimus*, LM), et un muscle oxydatif à contraction lente (*rhomboideus*, RM) chez le porcelet (Perruchot *et al.*, 2012). Etant donné que la composition en type de fibres a été rapportée comme influençant les performances de croissance et la qualité de la viande, le contrôle de l'expression des MyHC est un défi majeur pour les producteurs de viande. Nous avons étudié de façon plus approfondie les caractéristiques des cellules souches adultes des muscles LM et RM (Perruchot *et al.*, 2013) à plusieurs stades de développement du porc par cytométrie en flux en utilisant des marqueurs de surface cellulaires bien caractérisés (Péault *et al.*, 2007) afin de suivre leur évolution au cours de la croissance.

## Matériel et méthodes

Isolement et culture des cellules de la fraction stroma-vasculaire (FSV) du muscle. Les cellules de la FSV et les cellules satellites sont isolées à partir des muscles RM et LM (Theil *et al.*; 2006 ; Perruchot *et al.*, 2013). Les cellules de la FSV et les cellules satellites sont mises en culture dans du milieu de prolifération, milieu de Eagle modifié par Dulbecco (DMEM) supplémenté avec 10% de sérum de veau fœtal (SVF), 10% de sérum de cheval, et des antibiotiques pendant 7 jours puis sont placées en milieu de différenciation (DMEM contenant 5% de SVF) en absence ou en présence de concentrations croissantes de T3 pendant 5 jours. Cette hormone est connue pour induire un phénotype plus rapide dans le muscle squelettique adulte et l'expression de MyHC  $\alpha$ -cardiaque dans le myocarde ventriculaire (Lompre *et al.*, 1984).

Séparation des MyHC par électrophorèse. Les cellules en culture sont récupérées dans du Laemmli 1X et les protéines sont ensuite extraites puis dosées. Les MyHC sont séparées par électrophorèse sur gel de polyacrylamide SDS (10  $\mu$ g de charge protéique par puits ; Lefaucheur *et al.*, 2001). Après 30 h de migration à 5°C et à 72 V, les gels sont colorés au bleu de Coomassie, numérisés et analysés en utilisant le logiciel ImageMaster 2D Platinum, version 6.0 (GE Healthcare). Les bandes correspondant aux différentes isoformes de MyHC sont identifiées grâce à des standards.

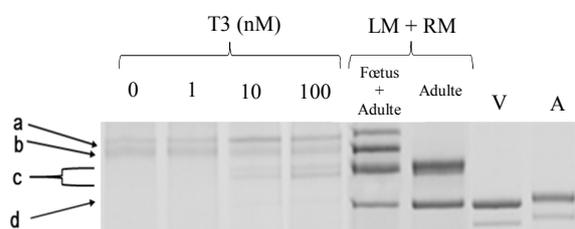
Analyse des cellules de la FSV du muscle par cytométrie en flux. Les cellules vivantes sont analysées pour les marqueurs de surface cellulaire (Tableau 1). Le marqueur CD45 est utilisé pour exclure les cellules hématopoïétiques exprimant ce marqueur. Les cellules sont placées dans du tampon phosphate et incubées à l'abri de la lumière (30 min sur de la glace) avec des anticorps monoclonaux marqués et couplés à des fluorochromes différents. Après lavage, les cellules sont analysées en utilisant le cytomètre MACSQuant® et les logiciels associés (Miltenyi Biotec, Paris, France).

**Tableau 1 :** Liste des anticorps utilisés en cytométrie de flux pour caractériser les cellules musculaires

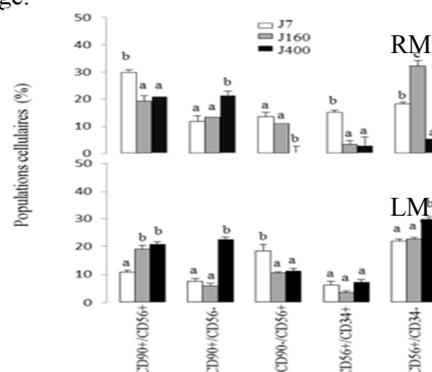
Marqueur	Isotype	Fluorochrome	Clone
CD34	mouse IgG1	PE	563
CD45	mouse IgG1	FITC	K252-1E4
CD56	mouse IgG2b	PE-cy7	NCAM 16.2
CD90	mouse IgG1	APC	5E10

## Résultats et Discussion

**Figure 1 :** Séparation par électrophorèse des MyHC des cellules satellites de LM après 4 jours de culture dans un milieu de différenciation contenant des concentrations croissantes de T3 Std = mélange de LM et RM fœtaux et adultes pour localiser les isoformes de MyHC embryonnaires (a) et fœtales (b) et adultes rapides de type II (bande c = IIx + IIy + IIz) et I (groupe d). Les MyHC ventriculaires (V) et auriculaires (A) permettent de visualiser la MyHC rapide et l' $\alpha$ -cardiaque.



**Figure 2 :** Expression des marqueurs de surface CD34, CD56 et CD90 dans les cellules stroma-vasculaires isolées à partir du RM et du LM de porcs de 7, 160 et 400 jours d'âge.



L'analyse des cellules satellites par électrophorèse montre que, seules les isoformes de myosines embryonnaires et fœtales, sont exprimées dans les muscles LM et RM. La mise en évidence d'une composition en MyHC similaire suggère une population uniforme de cellules satellites dans les deux muscles. Afin de vérifier la réponse de notre système cellulaire à des stimuli hormonaux, nous avons étudié l'influence de la T3 sur les cellules en culture. Les doses croissantes de T3 induisent l'expression *de novo* de deux bandes correspondant à la MyHC rapide adulte et à la MyHC  $\alpha$ -cardiaque (Figure 1). Ces données suggèrent que les différences observées *in vivo* dans la composition en fibres des muscles LM et RM ne sont probablement pas dues à des différences inhérentes aux cellules satellites mais dépendent plutôt de facteurs tels que l'innervation et l'activité contractile associée.

Les résultats d'analyse en cytométrie montrent l'existence de plusieurs populations de cellules souches dans les deux muscles dont les proportions peuvent varier avec l'âge. Dans les deux muscles, la proportion de cellules CD90<sup>+</sup>/CD56<sup>-</sup> augmente avec l'âge ( $p < 0,001$ ) (Figure 2). Dans le RM, la proportion de cellules CD56<sup>+</sup>/CD34<sup>-</sup> correspondant aux cellules satellites chez le porc (Perruchot *et al.*, 2012) chute après 160 jours d'âge. A l'inverse, dans le LM, cette réduction de cellules avec l'âge n'est pas observée. Ce résultat suggère que la forte diminution de cette proportion de cellules CD56<sup>+</sup>/CD34<sup>-</sup> dans le RM est associée à une forte diminution du potentiel myogénique dans ce muscle, alors que celle du LM semble être conservée. Le rôle de l'augmentation des cellules CD90<sup>+</sup>/CD56<sup>-</sup> au cours de la croissance est à approfondir.

## Conclusion

Les muscles LM et RM sont constitués de plusieurs populations de cellules souches adultes. Les cellules satellites en culture possèdent le même profil en MyHC dans les deux muscles. Cependant la proportion de ces cellules et leur évolution avec l'âge diffèrent entre les muscles LM et RM ; ceci peut être relié à l'activité du muscle ou à son évolution au cours de la croissance. Par la suite, il serait intéressant de regarder l'évolution de ces populations cellulaires en lien avec un challenge nutritionnel ou environnemental affectant ou modifiant la composition corporelle de l'animal et la qualité de la viande.

## Références bibliographiques

- Lefaucheur L. *et al.*, (2001). J. Muscle Res. Cell. Motil. 22: 439-452.  
 Lompre A.M., Nadal-Ginard B., Mahdavi V., (1984). J. Biol. Chem. 259: 6437-6446.  
 Péault B. *et al.*, (2007). Mol. Ther. 15: 867-877.  
 Perruchot M.H. *et al.*, (2012). Differentiation 84: 322-329.  
 Perruchot M.H. *et al.*, (2013). Am J Physiol Cell Physiol.305: C728-C738.  
 Theil P.K. *et al.*, (2006). Anim. Sci. J. 77: 330-337.

# STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DE BIOMARQUEURS DE TEXTURE DE LA CHAIR CHEZ LA TRUITE ARC-EN-CIEL

LEBRET V., BUGEON J., LEFEVRE F.

INRA, UR1037 LPGP, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes cedex France

benedicte.Lebret@inra.fr

## Abstract: Strategy for development of rainbow trout flesh texture biomarkers

Fish flesh texture is a quality of importance both for consumer satisfaction and processability of fillets. Identification of biomarkers of texture is therefore of interest to predict fillet texture avoiding a destructive evaluation. Differentially expressed genes between "soft" and "firm" rainbow trout fillet were identified by a microarray approach, and their quantification by qPCR was developed. The level of expression of six genes coding for extracellular matrix protein was first successfully quantified and correlated to fillet firmness. Their expression was then quantified in three other experimental conditions known to produce different flesh texture. None of these genes were systematically related to fillet firmness in these experiments. The expression of only four genes (Cilp, Col5a1, Col1a3, Postn) were consistently related to fillet firmness when comparing marine- versus plant-based diet fed fish or fish from three isogenic lines. These results highlighted the complex and multi-molecular determinism of fish flesh firmness.

## Introduction

La texture de la chair des poissons est une qualité importante d'une part pour l'acceptabilité sensorielle du produit par le consommateur et d'autre part pour garantir l'aptitude à la transformation des filets. D'un point de vue biologique, la texture est déterminée par les constituants des trois tissus du muscle (fibres musculaires, tissu conjonctif et tissu adipeux) qui interviennent par leur quantité relative, les propriétés de leurs composants, et leur organisation tridimensionnelle (structure). La mesure de la résistance mécanique des filets permet une évaluation objective de la fermeté des produits. Néanmoins, cette mesure est invasive et destructive, et elle ne permet pas de consommer ou de commercialiser le filet après la mesure. Il apparait donc pertinent de développer des indicateurs indirects de la fermeté des filets, permettant à la fois de prédire la texture du produit et d'en comprendre le déterminisme. L'objectif de ce travail est d'identifier de potentiels marqueurs moléculaires de texture et de tester leur validité dans diverses expérimentations.

## Matériel et méthodes

Deux groupes de 30 truites arc-en-ciel ont été constitués sur la base de la résistance mécanique de leur filet : un "mou" (M) et un "ferme" (F). Une liste de gènes différentiellement exprimés dans le muscle de 8 poissons de ces deux groupes a été établie au moyen d'une analyse transcriptomique sur puce microarray (Lefevre *et al.*, 2012). Nous avons ensuite sélectionné des amorces spécifiques de ces gènes pour développer une quantification par qPCR (quantitative Polymerase Chain Reaction). Seuls les gènes dont les amorces permettent d'obtenir un résultat cohérent avec l'analyse sur puce sont conservés. Le niveau d'expression des gènes validés est ensuite mesuré sur des poissons issus de 3 autres expérimentations dans lesquelles nous avons mesuré des différences de texture i) effet de l'origine (végétale ou marine) des matières premières de l'aliment ii) comparaison de lignées isogéniques iii) comparaison des lignées grasse et maigre. Dans chacune de ces expérimentations, la corrélation entre le niveau d'expression du gène et la fermeté du filet est examinée pour valider ou non l'intérêt de ce gène comme marqueur de texture.

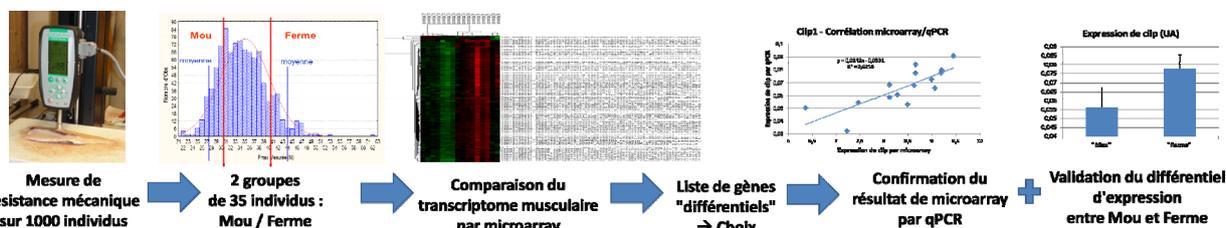


Figure 1 : Schéma de la stratégie de mise en évidence et de validation des gènes "biomarqueurs" de fermeté

## Résultats

Dans un premier temps cette stratégie a été testée sur des gènes codants pour des composés de la matrice extracellulaire (MEC). Parmi les résultats de l'analyse transcriptomique, nous avons identifié 17 gènes de la MEC différentiellement exprimés, pour lesquels nous avons essayé de développer une quantification par qPCR. Nous avons alors conservé 6 gènes (Cilp, Col5a1, Col1a3, Postn, Tnc, et ItgB1) pouvant être quantifiés par qPCR de manière fiable et cohérente avec

le résultat du microarray. Nous avons également vérifié que leur niveau d'expression était corrélé à la texture des poissons M ou F (Tableau 1). Les résultats de l'expression de ces 6 gènes quantifiée dans 3 expérimentations sont synthétisés dans le Tableau 1. Quatre de ces gènes (Cilp, ColVa1, Colla3, Postn) se sont révélés significativement corrélés à la fermeté des filets dans au moins une autre condition expérimentale. Néanmoins leur niveau d'expression n'est pas nécessairement significativement différent entre les groupes expérimentaux comparés. Par contre, deux de ces gènes (Tnc et Itgb1) ne sont soit pas différentiels, soit donnent un résultat inverse à celui attendu. Par ailleurs, aucun de ces 6 gènes n'est "biomarqueur" de texture pour les lignées grasse et maigre. Un résultat inverse à celui attendu est même observé puisque, dans ce modèle, Cilp et Postn sont surexprimés chez la lignée grasse (G) qui est plus molle, et itgb1 est négativement corrélé à la fermeté alors qu'il est surexprimé chez les F.

**Tableau 1 :** Expression des gènes de la MEC "biomarqueurs" de fermeté dans trois expérimentations

	Mou vs Ferme	Aliments "Végétaux vs "Marins"	3 Lignées isogéniques	Lignées "Grasse" / "Maigre"
<b>Fmax (N)</b>	27 ± 2 vs 46 ± 3	38 ± 5 vs 45 ± 5	39 ± 3 à 51 ± 5	33 ± 3 vs 40 ± 5
<b>Cilp</b>	0,7(**)<r<0,9(***) M<F : **	Non corrélé Mr=V	0,2(NS)<r<0,4(*) Pas d'effet lignée	Non corrélé G≥Mg : *
<b>ColVa1</b>	0,5(t)<r<0,7(**) M<F : **	r≈0,2(NS) Mr=V	0,4(*)<r<0,6(***) Effet lignée : *	Non corrélé G=Mg
<b>Colla3</b>	0,4(NS)<r<0,6(*) M<F : *	0,4(**)<r<0,6(***) Mr>V : **	0,4(*)<r<0,55(**) Effet lignée : *	Non corrélé G=Mg
<b>Postn</b>	0,5(t)<r<0,6(*) M<F : *	0,3(*)<r<0,4(**) Mr>V : *	0,5(**)<r<0,6(***) Effet lignée : **	Non corrélé G>Mg : *
<b>Tnc</b>	-0,5(t)<r<-0,2(NS) M≥F ; t	Non corrélé Mr=V	0,3(NS)<r<0,5(**) Pas d'effet lignée	Non corrélé G=Mg
<b>Itgb1</b>	0,3(NS)<r<0,5(*) M = F : NS	-0,2(NS)<r<-0,3(*) Mr=V	r≈0,3(t) Pas d'effet lignée	-0,4(**)<r<-0,3(*) G=Mg

*Fmax* : moyenne de la force maximale mesurée par un test de pénétrométrie dans les 2h suivant l'abattage. Dans chaque cellule de résultat d'expression de gène, la première ligne rapporte la corrélation expression du gène / résistance mécanique; la seconde ligne rapporte l'effet du facteur expérimental sur l'expression du gène; "M" : Mou, "F" : Ferme; "Mr" : aliment marin, "V" : aliment végétal; "G" : lignée grasse, "Mg" : lignée maigre; NS : p>0,10, t : p<0,10, \* : p<0,05, \*\* : p<0,01, \*\*\* : p<0,001; cellule grisée claire : gène "biomarqueur" non validé dans cette expérimentation; cellule grisée foncée : Résultat inverse à celui attendu.

## Discussion

Nous avons choisi d'initier ce travail de développement de "biomarqueurs" de texture par des composés de la MEC. Ce choix s'appuie sur la forte présomption que ces composés sont impliqués dans la résistance mécanique de la chair crue. Leur étude par les techniques classiques de biochimie est néanmoins limitée par leurs propriétés, en particulier leur manque de solubilité pour des approches biochimiques impliquant une séparation sur gel. Notre travail confirme leur implication dans la fermeté de la chair puisque nos 4 gènes (Cilp, ColVa1, Colla3, Postn) sont positivement corrélés à la fermeté et surexprimés dans le groupe expérimental le plus ferme.

Nos résultats montrent que la stratégie mise en place est pertinente pour l'identification et la validation de "biomarqueurs" de fermeté. Néanmoins certains gènes identifiés et validés ne varient pas, ou pas de façon cohérente, dans d'autres expérimentations. Cela confirme que le phénotype de fermeté des filets résulte d'un déterminisme complexe impliquant tous les tissus du muscle et la variété de leurs composants. L'expression d'aucun de ces gènes ne varie de façon cohérente avec la fermeté chez les lignées grasse et maigre. Dans ce modèle, on peut faire l'hypothèse que la différence de fermeté entre les lignées résulte de leur forte différence de teneur en lipides et de taille des fibres musculaires (Lefèvre *et al.*, 2016). La plus forte expression des gènes de la MEC chez la lignée G est cohérente avec un développement accru du tissu conjonctif associé au tissu adipeux intra- et péri-musculaire chez cette lignée G mais serait donc insuffisante pour compenser les effets de la teneur en lipides.

## Conclusions

La stratégie mise en place a permis d'identifier des gènes "marqueurs" de texture dans différentes conditions expérimentales, mais aucun systématiquement différentiel quand une différence de fermeté est mesurée, ce qui souligne le déterminisme "pluri-moléculaire" du phénotype de résistance mécanique. L'élargissement de cette stratégie à d'autres familles de gènes est actuellement en cours, et devrait permettre d'identifier de nouveaux marqueurs, dans d'autres situations biologiques.

## Références bibliographiques

- Lefèvre F., Paboeuf G., Montfort J., Le Cam A., Labbé L., Le Boucher R., Quillet E., Dupont-Nivet M., Bugeon J. (2012). 14<sup>èmes</sup>. Journées des Sciences du muscle et Technologie de la Viande, Caen, pp. 179-180.  
Lefèvre F., Bugeon J., Goardon L., Kerneis T., Labbe L., Panserat S., Medale F., Quillet E. (2016). 16<sup>èmes</sup> Journées des Sciences du muscle et Technologie de la Viande, Paris, 21-22 novembre.

# EFFETS DU TYPE DE PATURAGE SUR LES CARACTERISTIQUES DE LA VIANDE DU MOUTON DES MONTAGNES DE LA TUNISIE

MEKKI I. <sup>1</sup>, SMETI S. <sup>1</sup>, HAJJI H. <sup>1</sup>, MAHOUACHI M. <sup>2</sup>, ATTI N. <sup>1</sup>

<sup>1</sup>INRA-Tunisie, Laboratoire de Productions Animales et Fourragères, 2080 Ariana, Tunisie

<sup>2</sup>ESA Kef, Université de Jendouba, Tunis, Tunisia

ilyesyassinemekki@gmail.com

**Abstract: Lamb meat quality as affected by the production system in the Tunisian mountain area**

The aim of this experiment was to study the effect of two production systems in the Tunisian mountain area on lamb meat quality. The woody Pasture (WP) is represented by Aïn Draham (AD) and Fernana (F) regions, while the herbaceous Pasture (HP) corresponds to regions of Amdoun (AM) and Joumine (J). Ten lambs from each region were slaughtered at 4-5 months of age. The meat ultimate pH was higher for WP (AD and F) than HP lambs (AM and J). The J lambs had lower meat lightness (35.6) and higher sensorial scores. Lambs from the AD system were characterized by a higher quantity of muscle (63.6 %) and bone content (24.6 %) than those from the other systems. Lambs from F had the highest total fat (22.0 %) and cholesterol content (51.5mg/100 g).

## Introduction

Dans la plupart des pays Méditerranéens, la viande d'agneau est l'une des viandes les plus appréciées par le consommateur. L'origine géographique et le système de production affectent ce choix. Le système de production et la nature de l'alimentation sont des facteurs qui ont un effet significatif sur la qualité de la viande (Sinclair, 2007). Le consommateur préfère la viande produite sur parcours naturels. Il considère également que la viande produite sur les prairies et les pâturages naturels a une qualité supérieure et est bénéfique pour la santé humaine (Ådnøy *et al.*, 2005) et pourrait engendrer une plus-value économique. Par conséquent, l'objectif principal de ce travail était d'étudier les performances de croissance et de qualité de la viande des agneaux du nord de la Tunisie, élevés sur pâturages herbacés ou pâturage forestier.

## Matériel et méthodes

Cette étude a été menée dans 4 sites du Nord-Ouest Tunisien différant par leurs systèmes de production caractérisés par différents types de pâturages : des pâturages ligneux (PL) dans les régions d'Ain Draham (AD) et Fernana (F) et des pâturages herbacés (PH) dans les régions d'Amdoun (AM) et Joumine (J). Les agneaux PH reçoivent plus de complémentation en aliment concentré que les PL. Pour tous les sites, les agneaux ont été élevés sous leurs mères jusqu'à l'abattage. Dix agneaux mâles de chaque région ont été fournis par les fermes, représentatives du territoire, pour l'étude de la qualité de la viande. L'épaule gauche a été séparée pour l'étude de la composition tissulaire et le muscle *Longissimus thoracis* (LT) pour l'étude des caractéristiques physique (pH, paramètres de la couleur et perte de la cuisson), chimiques et des propriétés sensorielles de la viande. L'analyse statistique des effets du type de pâturage sur les paramètres étudiés a été réalisée par la procédure GLM de SAS 2004.

## Résultats

Les effets des systèmes de production sur les différents paramètres étudiés sont présentés dans le Tableau 1. Le type de pâturage n'a pas affecté la composition tissulaire de la carcasse. Les agneaux PH (J et AM) ont des pH ultimes inférieurs ( $p < 0,05$ ) à ceux du système PL (F et D). La perte en eau à la cuisson (PC) était similaire pour tous les systèmes. Aucune différence significative n'a été observée entre les différents systèmes pour les paramètres de la couleur ( $L^*$ ,  $a^*$  et  $b^*$ ) et la composition chimique (protéines, minéraux et lipides) de la viande. Cependant, la teneur en cholestérol de la viande des agneaux F était plus élevée que dans les autres systèmes. De même, les caractéristiques sensorielles ont été influencées par le type de pâturage.

## Discussion

La composition tissulaire de la viande était similaire entre les groupes, mais numériquement on note que les agneaux AD du système de pâturages ligneux, où l'herbe est plutôt rare, ont moins de tissu adipeux. Ces agneaux ont plus d'activité physique ; ils ont besoin de plus d'énergie pour se déplacer à la recherche d'aliments et non pas pour déposer du gras. Au contraire, les animaux de pâturage herbacés ne se sont pas beaucoup déplacés pour trouver de la nourriture, et ils n'ont pas besoin de plus d'énergie pour couvrir les besoins de la marche et s'adapter aux conditions climatiques (Christopherson et Kennedy, 1983). En ce qui concerne le pH ultime, les valeurs relativement élevées pour les agneaux des systèmes AD et F résultent de l'effet de la nature de l'alimentation forestière qui peut provoquer un stress nutritionnel chronique caractérisé par de faibles réserves de glycogène dans les muscles et une augmentation des valeurs de pH ultime de la viande. Le type de pâturage n'a pas d'incidence sur la PC, ce qui est lié à la jutosité et la tendreté de la viande (Miller, 2002). Pour la composition chimique de la viande, la légère augmentation du taux du cholestérol chez le groupe F est due à l'âge avancé de ce groupe (Borys *et al.*, 2011). Dans le

présent travail, la différence numérique des valeurs des paramètres de la couleur peut être due à des effets combinés du niveau d'adiposité de la carcasse et du pH ultime de la viande. L'indice de luminosité (L\*) est acceptable pour toutes les régions, étant donné qu'il est supérieur à 35 (Khlijji *et al.*, 2010). Les agneaux AD avaient des scores faibles pour les caractéristiques sensorielles. Furnols *et al.* (2009) ont trouvé une plus faible acceptabilité de la saveur de la viande provenant d'animaux nourris uniquement sur les pâturages que la viande provenant d'animaux nourris avec un mélange de pâturage et d'aliment concentré.

**Tableau 1 :** Caractéristiques physiques, chimiques et sensorielles de la viande issue de 4 sites du Nord-Ouest Tunisien qui diffèrent par leurs systèmes de production caractérisés par différents types de pâturages : des pâturages ligneux (PL) dans les régions d'Ain Draham (AD) et Fernana (F) et des pâturages herbacés (PH) dans les régions d'Amdoun (AM) et Joumine (J).

	AD	F	AM	J	p	ESM
Composition tissulaire de l'épaule (%)						
Muscle	63,7	63,2	62,9	63,1	0,14	1,06
Tissu adipeux	10,4	12,4	11,9	12,2	0,44	0,88
Os	24,6	23,0	23,8	23,2	0,11	0,56
Composition chimique de la viande (% matière sèche)						
Protéines	70,2	71,5	71,4	73,2	0,68	2,35
Cendres	3,9	4,3	4,3	4,5	0,64	0,29
Lipides	19,5	21,9	21,6	19,9	0,48	2,70
Cholestérol (mg/100g)	49,0	51,5	50,4	48,8	0,17	1,03
Caractéristiques physiques						
pH	6,1 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>	5,9 <sup>ba</sup>	5,7 <sup>bc</sup>	0,01	0,06
PC (%)	22,6	21,5	20,1	20,7	0,14	1,46
L*	38,6	37,4	36,5	35,3	0,22	1,10
a*	13,4	13,6	15,7	14,5	0,10	0,68
b*	6,3	5,2	5,3	5,6	0,25	0,40
Qualités sensorielles						
Tendreté	4,4 <sup>bc</sup>	4,1 <sup>c</sup>	5,0 <sup>b</sup>	5,6 <sup>a</sup>	0,01	0,36
Jutosité	4,3 <sup>c</sup>	4,6 <sup>bc</sup>	4,8 <sup>b</sup>	5,7 <sup>a</sup>	0,01	0,28
Flaveur	4,2	4,8	5,4	5,3	0,11	0,37

## Conclusion

Dans la présente étude, la composition des carcasses et les qualités de la viande d'agneaux du Nord-Ouest tunisien dans quatre régions de pâturages différents ont été comparées. Les agneaux nourris avec du pâturage ligneux avaient moins de gras que les autres. Cependant ceux du pâturage herbacé et recevant plus de complémentation avaient de meilleurs scores pour les qualités sensorielles. Une complémentation en aliment concentré sur pâturage ligneux pourrait améliorer cet aspect sans affecter les autres caractéristiques de la viande.

## Références bibliographiques

- Ådnøy T., Haug A., Sørheim O., Thomassen M.S., Varszegi Z., Eik L.O. (2005). *Livestock Production Science*, 94, 25-31.
- Borys B., Borys A., Oprządek J., Przegalińska-Gorączkowska M. (2011). *Animal Science Papers and Reports*, 29(4), 331-342.
- Christopherson R.J., Kennedy P.M. (1983). *Canadian Journal of Animal Science*, 63, 477-496.
- Fonti Furnols, M., Gispert, M. (2009). *Meat Science*, 83, 443-446.
- Khlijji S., van de Ven R., Lamb T.A., Lanza M., Hopkins D.L. (2010). *Meat Science*, 85, 224-229.
- Miller R.K., 2002. In J. Kerry, D. Ledward (Eds.) *Meat processing: Improving quality* Cambridge CRC Press LLC and Woodhead Publishing Ltd, pp. 311-326.
- Sinclair L.A. (2007). A review. *Journal of Agricultural Science*, 145, 419-434.

# CARACTERISTIQUES DE LA CARCASSE ET QUALITE DE LA VIANDE DES OVINS AU BENIN : PERCEPTION DES CONSOMMATEURS ET ETUDE EXPERIMENTALE

YOUSSAO A.K.I.<sup>1</sup>, SALIFOU C.F.A.<sup>1</sup>, DJENONTIN J.<sup>1</sup>, AHOUNOU G.S.<sup>1</sup>, ISSIFOU T.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI, EPAC/PSA, 01 BP 2009 COTONOU, BENIN

iyoussao@yahoo.fr

**Abstract: Carcass characteristics and meat quality of West African dwarf sheep and Sahelian sheep: consumer perceptions and experimental study**

The aim of the study was to compare body composition and meat quality of West African dwarf sheep and Sahelian sheep reared in a traditional breeding system based on the consumers' perception and an experimental study. To do this, data were collected from 120 consumers and 22 rams of the two breeds, all at 18 months of age. The carcass of the Sahelian sheep is richer in fat cover (84% vs 16%) and meat (95% vs 5%) than West African dwarf sheep according to the consumers. The same trends were observed on carcass characteristics of both breeds in the experimental phase. Unlike the experimental study, West African dwarf sheep have better sensory quality than the Sahelian (65% vs 35%). However, no difference was observed between meat tenderness of the two breeds ( $p > 0.05$ ). Overall, Sahelian sheep have higher meat content while the West African dwarf sheep have a better carcass and meat quality.

## Introduction

Les consommateurs étaient plus préoccupés par la quantité que par la qualité de la viande dans le passé au Bénin. Des années 2000 à ce jour, ils deviennent de plus en plus exigeants en matière de qualité. Aujourd'hui, ils sont mieux avertis et plus en phase avec les innovations dans le secteur agro-alimentaire, de sorte qu'ils privilégient désormais tous les aspects de la qualité des carcasses et des viandes. Parmi les viandes consommées au Bénin, celle des petits ruminants vient en troisième position après les bovins et la volaille (CountryStat, 2015). Pour améliorer la digestibilité de la viande des ovins Sahéliens, le mode de cuisson le plus utilisé au Nord Bénin est la viande braisée appelée « Tchintchinga » et au Centre et au Sud du Bénin, la viande frite. La viande des ovins Djallonké est principalement consommée bouillie et secondairement frite et enfin, braisée. Contrairement aux bovins et aux volailles, très peu d'informations scientifiques existent dans la littérature sur la qualité de la viande des petits ruminants en Afrique de l'Ouest. L'objectif de l'étude est de comparer la composition corporelle et la qualité technologique et sensorielle des béliers Djallonké et Sahélien élevés dans les élevages traditionnels sur la base de la perception des consommateurs et sur l'évaluation de la qualité de la viande de ces deux races. Ce système d'élevage a été choisi parce qu'il est majoritairement pratiqué par les éleveurs des ovins et concerne la quasi-totalité des ovins abattus au Bénin.

## Matériels et méthodes

Une enquête a été réalisée auprès de 120 consommateurs de viande de mouton au Nord et au Sud du Bénin. Les données collectées au cours de cette enquête étaient la couleur de la viande, la tendreté, le goût, la teneur en matière grasse et en viande de la carcasse, et la qualité diététique de la viande des deux races de l'étude : Sahélien et Djallonké. Pour le volet expérimental, l'étude a été menée conjointement à l'abattoir de Cotonou (6°22'173 de latitude Nord et 2°29'102'' de longitude Est) et au Laboratoire de Biotechnologie Animale et de Technologie des Viandes de l'Université d'Abomey-Calavi (6°24'711'' de latitude Nord et 2°20'360'' de longitude Est). Les animaux utilisés au cours de l'expérience ont été tirés au hasard parmi ceux qui étaient en instance d'être abattus à l'abattoir de Cotonou. Au total, 22 béliers âgés de 18 mois en moyenne, dont 11 Djallonké et 11 Sahélien, ont été échantillonnés parmi les béliers élevés dans le système d'élevage traditionnel. Le poids vif à l'abattage a été d'abord enregistré. Les animaux ont été ensuite abattus et la carcasse a été pesée à chaud et placée dans une chambre froide. A la sortie de la chambre froide, les carcasses froides ont été pesées avant d'être découpées en morceaux (gigots, épaules et filets). Pour les analyses sur la qualité de la viande, des échantillons de *Longissimus* (10<sup>ème</sup> et 11<sup>ème</sup> côtes) ont été prélevés et débarrassés du gras et de l'épimysium. La mesure de la couleur (CIE  $L^* a^* b^*$ ) a été faite à l'aide d'un colorimètre Minolta CR400 (Minolta Corporation, Ramsey, NJ, USA). La force de cisaillement a été mesurée à l'aide d'un texturomètre (LLYOD instruments) avec 6 répétitions par échantillon. Les analyses sensorielles (flaveur, jutosité, tendreté et note globale d'appréciation) ont été réalisées selon la procédure de Salifou *et al.* (2013). L'analyse de variance a été réalisée par la procédure *Proc GLM* du SAS (2006). Pour les caractéristiques de la carcasse et les qualités technologique et sensorielle de la viande, le facteur de variation considéré était la race (Djallonké et Sahélien).

## Résultats

### Perception des consommateurs

La couleur de la viande des moutons Djallonké est plus rouge que celle des ovins Sahéliens (72% vs 18%). La carcasse des moutons Sahéliens est plus riche en gras de couverture (84% vs 16%) et en viande (95% vs 5%) que celle des

Djallonké. Toutefois, aucune différence n'a été observée entre la tendreté des viandes des deux races ( $p>0,05$ ). À l'unanimité, les consommateurs lient le niveau de la tendreté de la viande des deux races à l'âge. Les ovins Djallonké ont une meilleure qualité organoleptique que celle des Sahéliens (65% vs 35%). Sur le plan diététique, la viande des ovins Djallonké est plus appréciée que celle des Sahéliens (60% vs 32%) à cause de sa faible teneur en gras de couverture.

#### Caractéristiques de la carcasse

Le poids vif à l'abattage, le poids de la carcasse chaude et celui de la carcasse froide, le poids des morceaux de découpe, le poids du gras total ont été plus élevés ( $P<0,001$ ) chez les béliers Sahélien que chez les béliers Djallonké (Tableau 1). Par contre, les Djallonké ont un pourcentage de gigot et un pourcentage de filet plus élevés que les Sahéliens. Aucune différence significative n'a été observée dans le rendement entre les béliers Djallonké et Sahélien (Tableau 1).

#### Qualité technologique et sensorielle de la viande

La couleur de la viande, la tendreté, la jutosité, la flaveur et la note d'appréciation globale de la viande n'ont pas varié en fonction de la race (Tableau 2).

### Discussion

Les différences significatives entre les béliers Djallonké et Sahélien du point de vue caractéristiques de la carcasse sont en accord avec les résultats obtenus chez les consommateurs de la présente étude. Des résultats similaires sont rapportés par Sangaré et al. (2005) au Burkina Faso. Quant à la qualité de la viande, les résultats des consommateurs s'opposent à ceux obtenus expérimentalement. Cette différence s'explique par le fait que les analyses ont été réalisées chez les deux races sur le *Longissimus dorsi* débarrassés du gras et de l'épimysium. Ce muscle est relativement homogène et n'a pas permis de ressortir les différences. Chez les consommateurs par contre, le jugement de la qualité organoleptique et sensorielle a été porté sur l'ensemble des muscles de la carcasse avec les gras associés. Les carcasses des Sahéliens ont été plus grasses que celles des Djallonké. Cette adiposité s'exprime davantage lorsque les béliers sont intensivement engraisés sur un intervalle de temps relativement court, généralement à l'occasion des fêtes religieuses comme l'Aïd El Kebir en Afrique de l'Ouest (Sangaré *et al.*, 2005).

**Tableau 1:** Caractéristiques de la carcasse des ovins de race Sahélienne et Djallonké

Variables	Sahélien	Djallonké	DSR	Test
Poids vif (kg)	43,94 <sup>a</sup>	23,43 <sup>b</sup>	6,67	***
Carcasse chaude (kg)	23,19 <sup>a</sup>	12,01 <sup>b</sup>	4,28	***
Carcasse froide (kg)	21,25 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	3,92	***
Rendement brut (%)	52,59 <sup>a</sup>	50,87 <sup>a</sup>	3,67	NS
Rendement vrai (%)	60,28 <sup>a</sup>	60,91 <sup>a</sup>	4,80	NS
Gigot (kg)	2,45 <sup>a</sup>	1,4 <sup>b</sup>	0,47	***
Epaule (kg)	1,84 <sup>a</sup>	0,95 <sup>b</sup>	0,34	***
Filet (kg)	0,17 <sup>a</sup>	0,1 <sup>b</sup>	0,03	***
Gigot (%)	23,03 <sup>a</sup>	25,45 <sup>b</sup>	0,07	***
Epaule (%)	17,28 <sup>a</sup>	17,29 <sup>a</sup>	0,07	NS
Filet (%)	1,57 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	0,05	***
Gras total (kg)	1,25 <sup>a</sup>	0,44 <sup>b</sup>	0,20	***
Gras total (%)	5,38 <sup>a</sup>	3,36 <sup>b</sup>	0,02	***

DSR : Déviation standard résiduelle ; \*\*\* :  $P<0,001$  ; NS :  $P>0,05$

**Tableau 2:** Qualités technologique et sensorielle de la viande des ovins Djallonké et Sahélien

Variables		Djallonké	Sahélien	DSR	Test
Couleur	L*	38,09	37,21	4,25	NS
	a*	19,73	21,12	2,57	NS
	b*	7,88	8,46	2,20	NS
Tendreté (N)	Jour 0	66,23	66,92	22,51	NS
	Jour 2	59,68	58,51	15,78	NS
Caractéristiques sensorielles	Tendreté	3,50	3,43	0,93	NS
	Jutosité	3,20	2,97	0,69	NS
	Flaveur	2,80	2,90	0,99	NS
	Note	6,13	6,00	1,36	NS

DSR : Déviation standard résiduelle ; NS :  $P>0,05$

### Conclusion

Dans l'ensemble, les Sahéliens ont une teneur en viande plus élevée et les Djallonké ont une meilleure qualité de carcasse et de viande. Des critères d'évaluation objective de la qualité de la viande doivent être définis pour répondre aux desideratas des consommateurs béninois.

### Références bibliographiques

- CountryStat (2015). <http://countrystat.org/ben> ou <http://www.fao.org/economic/ess/countrystat/en/>  
 Salifou C.F.A., A.K.I. Youssao S.G. Ahounou P.U. Tougan, S. et al. (2013). Ann. Med. Vet., 157: 27-44.  
 Sangaré M., Thys E., Gouro A.S. (2005). CIRDES, Burkina Faso, fiche n° 13, 8p.  
 SAS 1996. SAS/STAT User's guide, vers, 6, 4th ed, Cary, NC, USA, SAS Inst.

# PERCEPTION DE LA VIANDE CAMELINE PAR LE CONSOMMATEUR DE DEUX REGIONS DU SUD ALGERIEN (TAMANRASSET ET GHARDAIA)

SADOUD M., NEFNOUF F., HAFAOUI F.

Université Hassiba Benbouali de Chlef, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
B.P 151, Chlef (02000), Algérie

m\_sadoud@yahoo.fr

**Abstract: Perception of camel meat by consumers in two regions of Southern Algeria (Tamanarasset and Ghardaia)**

In Algeria, camel meat production is highly consumed in the Saharan regions. Therefore, how camel meat is perceived by consumers eating this product is of importance in regions of the great Algerian South. Consumers are divided into three categories, those who consume meat from old dromedaries only, those who consume camel meat (hachi) and finally customers eating both products (hachi and meat from old camels). Consumers eat more and more camel organs such as the heart, liver and kidneys, despite their high prices because of their therapeutic properties.

## Introduction

L'Algérie est classée parmi les pays dont l'effectif camelin connaît une croissance élevée récente, se situant aux alentours de 315 000 têtes (Faye *et al.*, 2013). L'élevage camelin algérien est surtout orienté vers la production de viande, et est, à ce titre considéré comme un pourvoyeur essentiel de protéines animales pour la population saharienne (Adamou, 2009 ; Faye, 2009 ; Senoussi, 2012). Ainsi, Tamanrasset et Ghardaïa sont considérées parmi les régions qui accordent une grande importance à l'élevage camelin largement orienté pour la production de viande. Cette communication sera consacrée à la perception des viandes camelines par le consommateur de deux régions du Sud algérien Tamanrasset et Ghardaïa.

## Matériels et méthodes

Pour réaliser ce travail et cette enquête exploratoire, nous avons choisi deux régions d'étude qui sont Tamanrasset et Ghardaïa considérées parmi les régions sahariennes comme étant grandes consommatrices de la viande cameline. Afin d'estimer la consommation et l'importance de la viande cameline pour le consommateur par rapport aux autres viandes rouges dans les régions d'étude, nous avons réalisé une enquête auprès de 40 consommateurs répartis équitablement entre les deux régions Tamanrasset et Ghardaïa (vu la durée très courte de réalisation de cette étude qui est de 2 mois et les conditions de déplacement difficiles, il était difficile d'interroger davantage de consommateurs). Les consommateurs ont été interrogés concernant les quantités de viande et d'abat achetées, leur fréquence d'achat, la proportion de viande cameline achetée par rapport aux autres viandes, les périodes de plus grande consommation, l'utilisation et le type de viande cameline achetée. Enfin, la période d'achat et de transformation de la viande cameline ont été détaillées dans le cadre de ces enquêtes. Ces dernières ont été menées sous forme d'entretiens directs.

## Résultats et discussion

La consommation de la viande cameline diffère selon le niveau de vie et les habitudes alimentaires qui dépendent en grande partie de l'origine du consommateur : les autochtones *versus* les résidents (des personnes originaires d'autres régions). En effet, la viande cameline achetée provient soit de dromadaires âgés soit de chamelons (hachis), c'est-à-dire de jeunes chameaux. La plupart des consommateurs préfèrent la viande de chamelon en raison de sa tendreté induisant une facilité de préparation contrairement à celle du dromadaire âgé. Ce dernier est consommé en raison de son prix attractif par rapport à la viande de hachis.

Dans les deux régions, les consommateurs se divisent en 3 catégories. Le premier groupe est constitué des consommateurs qui consomment uniquement la viande du dromadaire avec un taux non négligeable dans les deux régions : 15% à Tamanrasset, soit 3 personnes sur le total des consommateurs enquêtés et 10%, soit 2 personnes sur le total des consommateurs enquêtés à Ghardaïa. Le second groupe de consommateur consomme uniquement la viande de chamelon (hachis), la majorité de ce groupe se trouve à Ghardaïa (50% des consommateurs) tandis que 10%, soit 2 personnes sur le total des consommateurs se trouvent à Tamanrasset. Cette différence de consommation est peut-être due à la différence de revenus entre les catégories des

consommateurs des deux régions. Enfin, le troisième groupe de consommateurs consomme à la fois la viande de chamelon (hachis) et la viande du dromadaire âgée. En effet, cette catégorie représente 75%, soit 15 personnes du total des consommateurs à Tamanrasset et 40%, soit 8 personnes du total des personnes enquêtées à Ghardaïa. Ces consommateurs choisissent entre ces deux catégories de viande pour l'obtention d'une part d'une viande tendre et d'autre part d'une viande abordable.

On suppose que la viande avec os et le filet est la plus achetée et préférée par les consommateurs à cause de sa qualité gustative et de son prix raisonnable. Parmi les morceaux préférés par les consommateurs, on trouve les épaules et les cuisses, vu leur quantité importante de viande qui permet de contribuer à la préparation de plusieurs plats traditionnels. Malgré leurs prix élevés, les consommateurs s'orientent également vers les abats rouges plus spécifiquement le cœur, le foie et les reins en raison de leurs vertus thérapeutiques (les reins sont recommandés aux diabétiques). Les abats blancs sont également très consommés en raison de leurs vertus thérapeutiques (comme les maladies respiratoires) d'une part et de leur prix abordable d'autre part.

Lors de l'achat de la viande cameline, les critères les plus importants sont la couleur, la fraîcheur, le rapport muscle os, le type de pièce et le prix. En effet, la couleur demeure importante car elle est supposée renseigner le consommateur si la viande est bonne ou non. En effet, les consommateurs considèrent ce critère comme le premier critère déterminant dans l'acte d'achat. La couleur est en effet le premier critère de choix pour 40% des consommateurs dans chacune des deux régions. Le prix est considéré comme le deuxième critère déterminant pour l'achat de viande par les consommateurs qui recherchent la viande la moins chère. Ce critère est considéré comme important par 30% des consommateurs à Tamanrasset et 35% à Ghardaïa. La tendreté et l'hygiène sont les critères de choix les moins recherchés avec 15% pour la tendreté et 15% pour l'hygiène à Tamanrasset et 10% pour la tendreté et 15% pour l'hygiène à Ghardaïa (par rapport au total des consommateurs interrogés).

Selon les consommateurs, la quantité de viande achetée varie d'une famille à une autre. En effet, les résidents achètent des quantités limitées ne dépassant pas un kg de viande cameline. Par contre, les autochtones achètent entre 1 à 5 kg par an de viande cameline à Tamanrasset et 1 à 4 kg à Ghardaïa. Les autochtones tendent à consommer une proportion de plus en plus importante de viande cameline aux dépens des autres viandes rouges. En effet, les autochtones préfèrent la viande cameline et la consomment en grande quantité : entre 35% et 90% des consommateurs s'orientent vers la consommation de viande cameline à Tamanrasset et Ghardaïa, alors que les autres consommateurs préfèrent les autres viandes rouges et les viandes de volailles. L'utilisation principale de la viande cameline reste la préparation dans la marmite (c'est-à-dire la viande en bouillie). Toutefois, certains consommateurs utilisent quelques parties de la carcasse (la bosse notamment) et les abats pour traiter certaines maladies (diabète, asthme) selon leurs convictions.

Les consommateurs choisissent les morceaux les plus tendres et riches en viande. Ainsi, les épaules et les cuisses sont des morceaux de premier choix, la région dorsale-lombaire est réputée pour la tendreté de sa viande. Ils préfèrent consommer cette viande en sauce, en ragoût aux légumes ou dans des plats semi secs qui se mangent à la cuillère après une cuisson humide de longue durée (dans des plats traditionnels : couscous, tchicha, surtout au moment des fêtes). La seule méthode de transformation de la viande cameline est le "kédid" qui est une méthode de conservation après désossage et salage puis séchage à l'air jusqu'à obtention d'une viande dure. Cette viande est utilisée dans certains plats locaux comme la soupe saharienne ou dans certains médicaments.

## **Conclusion**

Vue les conditions difficiles de réalisation de ce type de travail, les données pourront être complétées par d'autres études sur le consommateur saharien. Les viandes avec os et le filet sont les plus achetés et sont les morceaux préférés par les consommateurs sahariens à cause de leur qualité gustative et de leur prix. Malgré leurs prix élevés, les consommateurs s'orientent également vers les abats rouges, spécifiquement le cœur, le foie et les reins en raison de leurs vertus thérapeutiques. L'utilisation principale de la viande cameline reste les préparations en marmite. Toutefois, certains consommateurs utilisent quelques parties de la carcasse (bosse notamment) et les abats pour traiter certaines maladies (diabète, asthme).

## **Références bibliographiques**

- Adamou A. (2009). L'élevage camelin en Algérie : système à rotation lente et problèmes de reproduction, profils hormonaux chez la chamelle Chaambi, Thèse Doctorat, 250p.
- Faye B., Jaouad M., Bhraoui k., Senouci A., Bebhroumi M. (2014). Elevage camelin en Afrique du Nord : Etat des lieux et perspectives. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 67 (4), 213-221.
- Faye B. (2009). L'élevage des grands camélidés. Vers un changement de paradigme. *Rencontres Recherches Ruminants*, 16, 345-348.
- Senouci A. (2012). L'élevage camelin en Algérie : mythe ou réalité. *Rencontres Recherches Ruminants*, 19, 308.

# ANALYSE DES MÉTHODES INSTRUMENTALES DE MESURES DE LA TEXTURE SUR PLATS TRANSFORMÉS À BASE DE VIANDE

LUCAN A. <sup>1</sup>, TRIGNAC C. <sup>1</sup>, ZUBER F. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> CTCPA, ZI du Mouliot – 2 Allée Dominique Serres, 32000 AUCH

<sup>2</sup> CTCPA, Site Agroparc, 449 avenue Clément Ader, BP21203, 84911 Avignon

ALUCAN@ctcpa.org

## Abstract: Instrumental texture analysis methods for meat based prepared meals

Instrumental texture measurement of processed meat products is rather difficult and was widely studied. Some methods were selected from published works and used in experimental study for retorted prepared meals including sausages or beef pieces. The main techniques and protocol parameters, suitable with texture analysis devices for meat products are the following: (i) Shearing / slicing using the Warner Bratzler triangular blade, for meat samples 10 x 10 x 30 mm ; this method gives a good approach of fibrous structure of muscle, and correlation with hardness as reported from sensory analysis, (ii) Penetration of a cylindrical probe, with two successive bites: the Texture Profile Analysis gives firmness, stickiness and cohesiveness data, close to the behavior of meat pieces during mastication ; (iii) Biss (Knack) texture measurement used for frankfurter sausages allows to investigate elasticity and resistance to rupture ; (iv) Firmness as evaluated with a compression plate, well related to the cooking impact of thermal treatment on meats. For all experiments, numerous duplicate and careful adjustment of deformation speed are needed.

## Introduction

La mesure instrumentale de la texture des viandes transformées est une problématique complexe qui a fait et fait encore l'objet de nombreuses études. La complexité de la matrice « muscle » et des produits transformés associés a généré des concertations importantes au sein de la communauté scientifique internationale. Une publication faisant référence a finalement été rédigée (Honikel, 1998), présentant notamment les modalités d'évaluation de la tendreté des morceaux de muscles entiers cuits et crus via trois types de mesures distinctes considérées comme complémentaires. Les modalités opératoires générales (type de cellule, exploitation des résultats) présentées ont ensuite été étendues à de nombreux produits transformés à base de viande pour évaluer de façon plus large la texture des produits carnés, mais il est presque toujours indispensable de valider les paramètres de mesure selon les caractéristiques de la matrice à analyser. Les principales méthodologies appliquées aux produits de la filière viande sont présentées et commentées : le test de cisaillement de Warner Bratzler ou test de tranchage, et les tests de pénétrométrie et/ou de double compression.

## Matériel et méthodes

La bibliographie publiée relative aux mesures instrumentales de texture des aliments a été systématiquement recherchée et analysée de manière critique, avec un focus sur les ingrédients carnés (dans le cadre d'une étude plus large sur les constituants des plats cuisinés appertisés). La recherche a été élargie aux travaux utilisant simplement la mesure de texture comme méthodologie d'appréciation de la qualité des viandes ou de l'impact de traitements. Ces publications ont été complétées par toute documentation disponible auprès des équipementiers et des utilisateurs réguliers de ces méthodologies. Certaines de ces méthodes décrites ont fait l'objet d'une mise au point, ou d'une adaptation des paramètres de mesure, puis d'une exploitation expérimentale par le CTCPA dans le cadre de ses travaux de recherche, par exemple, pour la mesure de la texture de saucisses de Toulouse ou de cubes de viande de bœuf, dans des plats cuisinés appertisés à teneur réduite en sel « saucisses au lentilles » et « bœuf bourguignon ».

## Résultats

Les principales méthodologies et géométries de mesures, décrites dans la littérature et utilisées avec succès sont :

### 1) Le test de cisaillement ou de tranchage:

- Cellule / Géométrie de mesure : Cellule de Warner Bratzler : lame de 1 à 2 mm d'épaisseur avec un trou triangulaire de 11 mm de large et au moins 15 mm de haut, avec des bords lisses et carrés. Positionnement de la lame de sorte qu'il y ait un minimum d'écart entre la lame et les plaques lors de la mesure.
- Echantillons : Les échantillons doivent être découpés dans un morceau de viande en évitant toute détérioration, parallèlement au sens des fibres. Taille des échantillons : section de 100 mm<sup>2</sup> (10 mm x 10 mm) et longueur d'au moins 30 mm. 8 à 10 échantillons au minimum pour la répétition des mesures.
- Caractéristiques de l'analyse : Les lames doivent trancher le produit perpendiculairement à l'axe des fibres. La vitesse de test (descente de la lame) est comprise entre 50 et 100 mm/mm ; *Cette vitesse doit être adaptée pour obtenir la meilleure répétabilité.*

Cette approche permet une bonne évaluation de la force nécessaire au tranchage complet d'un échantillon de viande avant ou après cuisson. Le test permet l'obtention d'une courbe présentant un pic de force. Les valeurs du pic de force et l'aire sous la courbe (travail nécessaire au tranchage de l'échantillon) sont les données à enregistrer. Il convient tout particulièrement pour les échantillons présentant une orientation de la résistance (fibres musculaires, tissu conjonctif, etc.) et permet aussi de faire des mesures différentielles « sens des fibres » / « sens perpendiculaire aux fibres », mesures qui reflètent souvent le degré de cuisson des viandes, et qui sont corrélables avec la tendreté à la dégustation.

## 2) Le test par pénétrométrie :

- Cellule / géométrie de mesure : piston cylindrique de surface plane de diamètre 1.13 cm pour 1 cm<sup>2</sup> de surface
- Echantillons : Les échantillons, de 1 cm d'épaisseur, doivent être découpés parallèlement au sens des fibres. 8 à 10 échantillons au minimum par analyse.
- Caractéristiques de l'analyse : L'échantillon doit être comprimé à 80% de sa hauteur initiale, deux fois successivement. La vitesse est de 100mm/mn.

Le test de pénétrométrie, avec ses deux mesures successives du même échantillon, permet une évaluation de la dureté (ou fermeté), mais aussi de la cohésion et du collant de muscles entiers de viande crus ou cuits. Ce test permet l'obtention d'une courbe présentant à minima 2 pics maximaux de force. Son exploitation permet de définir trois composantes texturales principales, qui reflètent assez bien le comportement des morceaux à la mastication (corrélations très souvent observées avec l'analyse sensorielle) :

- ✓ La dureté = force maximale de la première déformation
- ✓ La cohésion = ratio entre l'aire sous la courbe de la 2<sup>ème</sup> compression et l'aire sous la courbe de la 1<sup>ère</sup> compression
- ✓ Le collant = dureté x cohésion

## 3) Le test de Biss (ou Knack) pour évaluer le « croquant » des saucisses à pâtes fine cuites :

- Cellule : Sonde plate de diamètre supérieur à celui de l'échantillon
- Echantillons : ils sont prélevés dans la saucisse grâce à un emporte-pièce de 12 mm de diamètre et 10 mm de hauteur.
- Caractéristiques de l'analyse : Ce test a été mis au point et référencé comme une méthode de mesure commercialisée par l'IFIP. Dans ces conditions, seul le principe général de la mesure a été publié et ne comprend pas notamment les modalités techniques et précises de réalisation du test (vitesse, force, ...).

Ce test est spécifiquement dédié et optimisé pour l'évaluation du « knack » (fermeté/élasticité) de saucisses cuites à pâte fine, et permet l'obtention d'une courbe de la force en fonction du déplacement [force = f(déplacement)] présentant deux pics successifs qui sont faciles à exploiter et à associer à des caractéristiques sensorielles classiques de ces produits :

- Le premier pic traduit la fermeté de rupture (force générant la rupture de l'échantillon)
- Le second pic traduit la dureté totale (force nécessaire à l'écrasement complet de la saucisse).

## 4) La fermeté des saucisses par mesure de la résistance à la compression :

- Cellule : Plateau de compression + cellule plane de diamètre supérieur à celui de l'échantillon
- Echantillon : Morceaux de saucisses coupés en cylindres d'environ 25 mm de hauteur. Le ratio longueur/diamètre doit être d'environ 1,2. Température des échantillons lors des essais : + 20°C.
- Caractéristiques de l'analyse : Mode : Force de mesure en Compression ; vitesses pré-test/ test/post-test : 50 mm/min ; distance : ≈ 50 mm / Force de déclenchement : automatique ; mode Tare : automatique / Fréquence d'acquisition : 200 pps

Ce test très simple et rapide est bien adapté pour l'évaluation de la fermeté des saucisses et d'autres morceaux de produits carnés, afin de déterminer la qualité de la cuisson et donc l'impact du traitement thermique sur l'aliment. Ce test permet l'obtention d'une courbe présentant un pic de force ; sa valeur représente la charge maximale de compression que peut supporter l'échantillon avant la rupture (qui survient par déchirure latérale de l'enveloppe, pour les saucisses).

## 5) Le Profil de texture (Texture Profile Analysis ou TPA) :

- Cellule : Sonde cylindrique de 50 mm de diamètre (supérieur au diamètre des échantillons)
- Echantillon : Boulettes cuites à 80°C dans de l'eau pendant 15 minutes puis laissées refroidir à température ambiante. Découpe des boulettes en deux pour la réalisation des mesures. Lors de ces essais, 2 modalités de process de fabrication sont testés : hachage et barattage (chopping et beating) et 4 teneurs en NaCl.

Le TPA est notamment appliqué pour les boulettes de viandes, afin de déterminer par exemple l'impact de la teneur en sel et du process de fabrication. La teneur en sel apparaît comme étant corrélée positivement aux quatre paramètres de texture : fermeté, souplesse, cohésion et masticabilité. Les valeurs des forces sont exprimées en g ou en N, suivant les équipements.

## Conclusion

Les texturomètres permettent la réalisation de mesures instrumentales de la texture de produits carnés transformés et offrent aujourd'hui un panel d'approches très large à partir d'un même matériel. Les modalités d'emploi sont généralement définies dans des conditions expérimentales très précises, tant en termes de spécificité de la matière première, que des modalités de transformation et encore d'analyse. La validation préalable au cas par cas des protocoles présentés est une condition indispensable pour une exploitation correcte et fiable des informations apportées par les mesures instrumentales. En particulier, la répétabilité et le pouvoir discriminant sont à étudier en priorité lors de la validation de méthode.

## Bibliographie

Honikel, K. O. (1998). Reference Methods for the assessment of physical characteristics of meat, *Meat Science*, vol. 49-4, 447-457

# CARACTERISATION DE DEFAUTS MUSCULAIRES PRESENTS SUR LES FILETS DE POULETS

BOURIN M. <sup>1</sup>, BAEZA E. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Technique de l'Aviculture, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France,  
<sup>2</sup> INRA, UR83 Recherches Avicoles, F-37380 Nouzilly, France

bourin.itavi@tours.inra.fr

## Abstract: Characterisation of muscular defects present on chicken fillets

Several muscular defects are observed in poultry production. They affect fillets without being visible before slaughter of an animal and can touch batches having good zootechnical performances. These defects can have for consequence a withdrawal of fillets intended for sale or transformation. The main defects of fillets are white striping, wooden breast, "spaghettis" fillets and Oregon disease. Brochures were realised with three levels of gravity of each of these defects to allow operators to identify them. Brochures were realised and validated by all the industrial partners as well as by a professional consortium. This characterisation was a prerequisite in the study of these defects in the French slaughterhouses which includes evaluation of their prevalence and identification of breeding and slaughtering factors implied in emergence of these defects.

## Introduction

Différents défauts musculaires sont observés depuis quelques temps dans la filière de production de volailles de chair, Ces défauts touchent les filets et les aiguillettes, c'est le cas de « white striping », « wooden breast », « Oregon disease » et des filets « spaghettis ». Ils ne sont pas visibles avant l'abattage des animaux et peuvent toucher des lots ayant de bonnes performances zootechniques à l'élevage. L'origine de ces défauts semble être liée d'une part aux techniques d'élevage utilisées et d'autre part à la sélection génétique des animaux qui ont maintenant des vitesses de croissance très fortes et des rendements en filets très importants. Les leviers d'action pour maîtriser ces défauts se situent donc au maillon élevage même si les conséquences ne sont visibles qu'à l'abattoir, une fois que les animaux sont plumés, éviscérés voire découpés. Ces défauts sont pour le moment mal identifiés par les abattoirs en France et l'objectif de notre étude était donc dans un premier temps de mieux les caractériser afin de pouvoir dans une étude ultérieure établir leur prévalence et étudier les facteurs impliqués dans leur déterminisme.

## Méthode

La caractérisation des défauts a été réalisée en deux étapes :

- Synthèse bibliographique qui a permis de mettre en lumière les spécificités de chaque défaut
- Constitution d'une banque d'image de chaque défaut, réalisée sur des échantillons prélevés dans différents abattoirs français

Cette caractérisation a été le préalable à la réalisation des référentiels visuels pour chacun des défauts.

## Résultats

### Description des défauts

Le « **white striping** » correspond, à la présence de stries blanches sur les filets, parallèles aux fibres musculaires. Les filets les plus touchés sont plus larges et plus épais que les filets normaux (Kuttappan *et al.*, 2009). Ils ont des teneurs en eau, lipides et collagène supérieures et des teneurs en protéines totales, myofibrillaires et sarcoplasmiques inférieures à celles des filets normaux (Kuttappan *et al.*, 2012 ; Petracci *et al.*, 2014 ; Mudalal *et al.*, 2014). Petracci *et al.* (2013) ont montré que les filets avec un défaut sévère avaient un pH ultime et des pertes à la cuisson plus élevés que les filets normaux. L'origine de ce défaut reste méconnue, mais est probablement multifactorielle. La fréquence du « White striping » est plus élevée chez, les poulets de souche lourde et présentant de forts rendements en filets, ayant une vitesse de croissance rapide, nourris avec des aliments riches en énergie, présentant à l'abattage des poids vifs ou des âges élevés et les mâles (Kuttappan *et al.*, 2009 ; Petracci *et al.*, 2013 ; Petracci *et al.*, 2014b ; Kuttappan *et al.*, 2012 ; Kuttappan *et al.*, 2013 ; Meloche *et al.*, 2014 ; Bauerrmeister *et al.*, 2009).

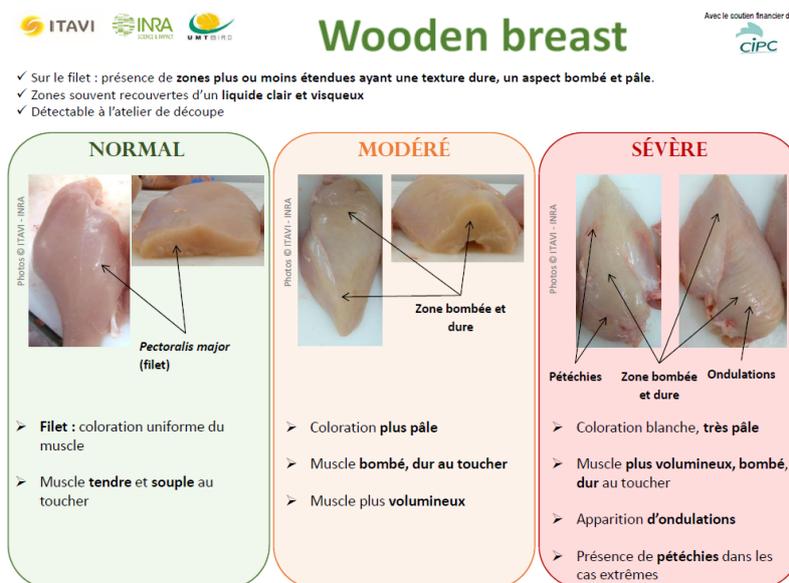
Le « **wooden breast** » se distingue d'un filet normal par la présence de zones présentant une texture plus dure, un aspect plus bombé et plus pâle (Sihvo *et al.*, 2013). Très souvent ces zones sont recouvertes d'un liquide clair et visqueux et présentent des pétéchies. Ce défaut apparaît très souvent associé au « white striping ». Il semblerait que les souches de poulets à vitesse de croissance rapide et à fort développement musculaire seraient plus sensibles à ce défaut.

« **Oregon disease** » est un défaut décrit pour la première fois en 1968 comme une myopathie dégénérative chez la dinde. Chez les volailles à vitesse de croissance rapide, il est apparu depuis environ 30 ans (Siller *et al.*, 1985). Ce défaut est plus fréquent chez les poulets à forte vitesse de croissance et chez les mâles (Lien *et al.*, 2011). Il semblerait que la sélection pour un développement accru des muscles pectoraux ait modifié aussi leur système de vascularisation et le flux sanguin. Lorsque les muscles pectoraux sont soumis à un exercice, la pression exercée sur l'aiguillette,

comprimée par le filet contre l'os du bréchet, s'accroît. De plus, les artères thoraciques sont comprimées, le flux sanguin et l'apport d'oxygène diminuent, entraînant l'apparition de lésions nécrotiques (Siller *et al.*, 1985). Toute perturbation des conditions d'élevage provoquant une activité musculaire intense va favoriser l'apparition du défaut. Les **filets « spaghetti »** se caractérisent par une déstructuration importante des fibres musculaires qui se détachent les unes des autres en filaments. Ce défaut n'a pas fait l'objet à ce jour de description dans la littérature mais il est mentionné par les professionnels des abattoirs, en particulier pour les poulets lourds.

### Réalisation des référentiels visuels

Des supports visuels ont été réalisés avec 3 niveaux de gravité pour chacun de ces défauts afin de permettre aux opérateurs de bien les identifier. Des plaquettes de caractérisation ont été réalisées et validées par l'ensemble des partenaires industriels ainsi que par les interprofessions. La Figure 1 représente la plaquette réalisée pour le défaut « wooden breast ».



**Figure 1** : Référentiel visuel du défaut « wooden breast »

### Conclusion

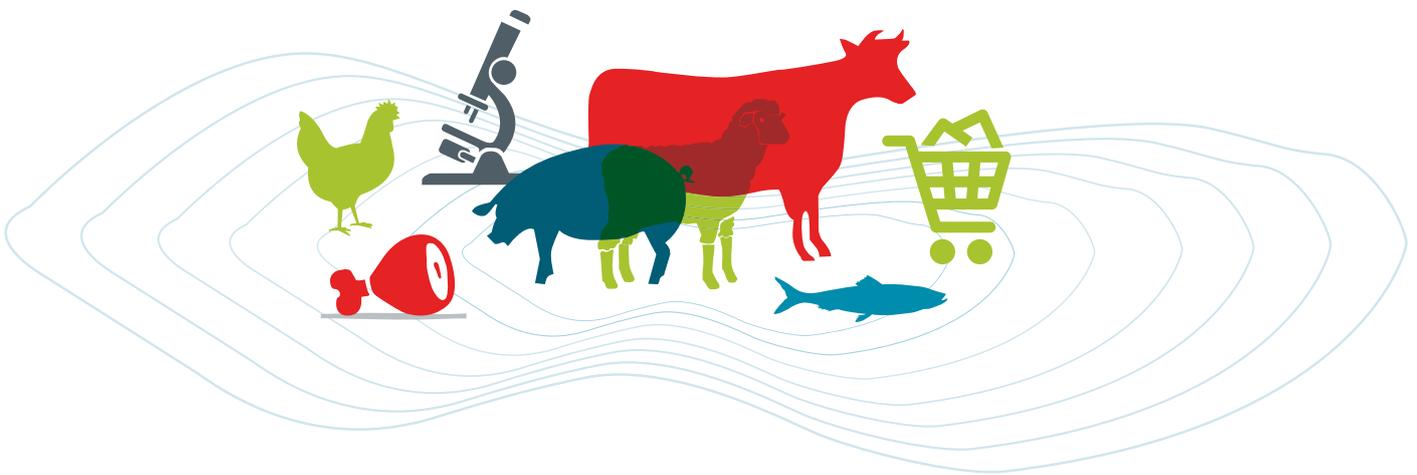
Ces plaquettes ont servi de support de formation pour les opérateurs en abattoir afin de leur permettre de bien identifier ces défauts sur les carcasses de volailles. Leur réalisation était un préalable à l'étude de ces défauts dans les abattoirs français qui comprend l'évaluation de leur prévalence sur les lots de poulets de chair et l'identification des facteurs d'élevage et abattage impliqués dans l'apparition de ces défauts. Pour ce faire 150 lots de poulets de production standard, semi-lourde et lourde seront suivis sur 1 an de production dans plusieurs abattoirs français. Pour chacun des lots, la fréquence d'apparition et la gravité des 4 défauts sera évaluée en se basant sur les plaquettes. De plus, les données d'élevage (fiches d'élevages, courbes de croissance précises, formules alimentaires et durées de distribution précises, souche ou croisement utilisé, densité maximale, détassage, type de sol et de litière, météo...) et les données d'abattage (fiches ICA, rendement carcasse et filet des lots suivis...) seront collectées afin de définir les facteurs impliqués dans le déterminisme de ces différents défauts.

### Références bibliographiques

- Bauerrmeister L.J., Morey A.U., Moran E.T., Singh M. Owens C.M., Mac Kee S.R. (2009). *Poult. Sci.* 88 (E-Suppl.1) : 33.
- Kuttappan V.A., Brewer V.B., Apple J.K., Waldroup P.W., Owens C.M. (2012b). *Poult. Sci.* 91 : 2677-2685.
- Kuttappan V.A., Brewer V.B., Clark F.D., Mac Kee S.R., Meullenet J.F., Emmert J.L., Owens C.M. (2009). *Poultry Sci.* 88 (E-Suppl.1) : 136-137.
- Kuttappan V.A., Brewer V.B., Mauromoustakos A., Mac Kee S.R., Emmert J.L., Meullenet J.F., Owens C.M. (2013c). *Poult. Sci.* 92 : 811-819.
- Lien R.J., Bilgili S.F., Hess J.B., Joiner K.S. (2011). *Watt Poult. USA* 5 : 15-18.
- Meloche K.J., Dozier W.A., Bilgili S.F. (2014). *Proceedings of XIV WPSA European Poultry Conference, Stavanger (Norway), 23-27/06/14* : 4 p
- Mudalal S., Babini E., Cavani C., Petracci M. (2014). *Poult. Sci.* 93 : 2108-2116.
- Petracci M., Mudalal S., Babini E., Cavani C. (2014b). *Ital. J. Anim. Sci.* 13 (1) : 179-183.
- Petracci M., Mudalal S., Bonfiglio A., Cavani C. (2013). *Poult. Sci.* 92 : 1670-1675.
- Sihvo H.K., Immonen K., Puolanne E. (2013). *Vet. Pathol.* Doi: 10.1177/0300985813497488
- Siller W.G. (1985). *Poult. Sci.* 64 : 1591-1595.



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 5**

**« Les produits carnés en alimentation  
humaine »**



# PREDICTION DE LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DE LA VIANDE BOVINE EN FONCTION DE L'ALIMENTATION DES ANIMAUX PAR META-ANALYSE

GRUFFAT D.<sup>1</sup>, MOUROT B.P.<sup>1,2</sup>, DURAND D.<sup>1</sup>, BERTHELOT V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INRA, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>2</sup>Valorex, La Messayais, 35210 Combourtille, France

<sup>3</sup>UMR MoSAR, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005, Paris, France

dominique.gruffat@inra.fr

## Abstract: Prediction by meta-analysis of beef fatty acid composition according to diet composition

A meta-analysis on the influence of dietary lipid or fatty acid (FA) contents on beef FA composition was conducted using the “ $\omega$ 3Meat” database. This database contains bibliographic data posterior to year 2000 related to the impact of cattle farming system parameters on beef FA composition. The results of the meta-analysis pointed that 1) The proportion of C18:3 n-3 present in cattle muscle is directly proportional to its percentage in the diet and to the fat content of the diet, 2) Diet lipid content seems to be the most important factor of variation of n-6 PUFA and *trans* FA present in cattle muscle. Thus, meta-analysis is a useful tool to assess and summarize the knowledge to accurately predict FA composition of ruminant meat even in rearing conditions.

## Introduction

La filière bovine souhaite communiquer sur l'intérêt nutritionnel de la viande, notamment sur sa composition en acides gras polyinsaturés (AGPI) d'intérêt nutritionnel pour l'Homme, dans le cadre du développement des filières viande à vocation santé. Pour que cette communication soit « efficiente » à tous les niveaux de la filière, il faut disposer de moyens analytiques fiables, faciles à mettre en œuvre et de surcroît peu coûteux. Ainsi, l'enjeu majeur de ce travail est de fournir à l'ensemble de la chaîne, de l'éleveur à l'abatteur, des lois de réponse les plus générales possibles pour prédire et définir les conditions d'élevage des bovins en finition susceptibles de moduler le dépôt musculaire en AGPI n-3. Dans ce contexte, l'objectif de ce travail était d'établir des lois de réponses entre la composition en AG de la viande bovine et celle de l'alimentation des animaux à partir d'une base conséquente de données par une approche de méta-analyse.

## Matériel et méthodes

La base de données «  $\omega$ 3Meat » a été construite d'après le modèle élaboré par Vernet & Ortigues (2006). Elle a été référencée par l'Agence pour la Protection des Programmes (IDDN.FR.001.370029.000.R.2011.000.10300). Elle contient des données de la bibliographie ou obtenues dans notre laboratoire concernant l'impact des facteurs d'élevage sur la teneur et la composition en AG de la viande bovine et se compose actuellement de 184 publications postérieures à l'année 2000. Cette base compile 678 traitements expérimentaux et portent sur 28 races bovines (pures et croisements) et 13 muscles, principalement le *longissimus thoracis* (LT, 66%).

Après une description fine et précise du méta-dispositif, une approche de modélisation empirique basée sur des méthodes de méta-analyse qui permettent la dissociation des variations inter et intra-expérience et l'analyse des facteurs interférents potentiels (Sauvant *et al.*, 2005) a été développée pour la recherche de modèles. Les lois de réponse entre la composition en AG des muscles de bovin et la composition en lipides ou en AG des régimes ont été établies à partir de 36 études incluant 86 expérimentations, le muscle étudié étant le LT.

## Résultats

**C18:3 n-3 et AGPI longue chaîne n-3 (AGPI-LC).** La proportion de C18:3 n-3 présente dans le muscle LT est directement proportionnelle à son pourcentage dans le régime et à la teneur en lipides du régime (Tableau 1). La proportion d'AGPI-LC n-3 (C20:5 n-3, C22:5 n-3 and C22:6 n-3) dans le muscle LT est aussi linéairement dépendante de la proportion de C18:3 n-3 dans le régime.

**C18:2 n-6.** La proportion de C18:2 n-6 présente dans le muscle LT de bovin est linéairement dépendante de la teneur en lipides des régimes (Tableau 2). Toutefois, aucune relation n'a été obtenue à partir des lipides ou des AG du régime pour prédire les produits d'élongation du C18:2 n-6 (C20:4 n-6 et C22:4 n-6).

**Tableau 1 :** Relations intra-expériences entre la proportion de C18:3 n-3 (C18:3 n-3 %AG) et la teneur en lipides (extrait étheré, EE) du régime et la proportion d'AGPI n-3 dans le muscle LT de bovin.

Y = AGPI n-3 <sup>2</sup>	Régression <sup>1</sup>	n	nexp	RMSE
C18:3 n-3 %AG_mu	$Y = 0.109 + 25.22 \cdot 10^{-3} \times \text{C18:3 n-3 \%AG} + 4.19 \cdot 10^{-3} \times \text{EE}$	45	18	0.21
C20:5 n-3 %AG_mu	$Y = 0.203 + 4.90 \cdot 10^{-3} \times \text{C18:3 n-3 \%AG}$	66	22	0.07
C22:5 n-3 %AG_mu	$Y = 0.443 + 5.22 \cdot 10^{-3} \times \text{C18:3 n-3 \%AG}$	59	20	0.09
C22:6 n-3 %AG_mu	$Y = 0.496 + 1.05 \cdot 10^{-3} \times \text{C18:3 n-3 \%AG}$	46	18	0.02

<sup>1</sup> C18:3 n-3 %AG (21.1 ± 20.2, min = 0.7, max = 64.8% des AG totaux) et EE (47.8 ± 21.9, min = 12.5, max = 100 g / kg MS) sont respectivement la proportion en C18:3 n-3 et la teneur en lipides des régimes.

<sup>2</sup> C18:3 n-3 %AG\_mu (0.75 ± 0.62, min = 0.05, max = 2.7% des AG totaux), C20:5 n-3 %AG\_mu (0.27 ± 0.20, min = 0.001, max = 0.82% des AG totaux), C22:5 n-3 %AG\_mu (0.49 ± 0.30, min = 0.04, max = 1.5% des AG totaux), C22:6 n-3 %AG\_mu (0.07 ± 0.04, min = 0.01, max = 0.2% des AG totaux) sont les proportions de C18:3 n-3, C20:5 n-3, C22:5 n-3 et C22:6 n-3 dans le LT.

**AG trans.** Le nombre de publications présentant les teneurs en AG *trans* dans le muscle LT de bovin est faible. Ainsi, dans la base de données "ω3Meat", les données concernant le C18:1-*trans*11 et les acides linoléiques conjugués (CLA totaux) sont disponibles dans seulement 11 études, les informations sur les autres isomères n'étant pas suffisantes pour être utilisées. La proportion de C18:1-*trans*11 et de CLA totaux dans le muscle LT de bovin est linéairement dépendante de la teneur en lipides des régimes (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Relations intra-expériences entre la teneur en lipides (EE) du régime et la proportion de C18:2 n-6, C18:1-*trans*11 et en CLA totaux dans le muscle LT de bovin.

Y = AG <sup>2</sup>	Régression <sup>1</sup>	n	nexp	RMSE
C18:2 n-6 %AG_mu	$Y = 4.44 + 0.011 \times \text{EE}$	60	24	0.62
C18:1- <i>trans</i> 11 %AG_mu	$Y = 1.44 + 0.027 \times \text{EE}$	28	11	0.36
CLA totaux %AG_mu	$Y = 0.04 + 0.008 \times \text{EE}$	27	11	0.20

<sup>1</sup> EE (47.8 ± 21.9, min = 12.5, max = 100 g / kg MS) est la teneur en lipides du régime.

<sup>2</sup> C18:2 n-6 %AG\_mu (4.7 ± 3.2, min = 1.2, max = 16.5 % des AG totaux), C18:1-*trans*11 %AG\_mu (2.4 ± 1.3, min = 0.6, max = 6.5 % des AG totaux), CLA totaux %AG\_mu (0.41 ± 0.32, min = 0.04, max = 1.3 % des AG totaux) sont les proportions de C18:2 n-6, C18:1-*trans*11, et CLA totaux dans le LT.

## Discussion

De nombreuses études ont traité de l'impact de la composition du régime des bovins sur la composition en AG de leurs muscles (Scollan *et al.*, 2014) mais aucune synthèse quantitative de ces études n'est actuellement disponible. Dans cette étude, nous avons apporté une attention particulière aux AG qui sont les plus importants pour la qualité des produits dans une optique santé humaine (AGPI n-6 et n-3, CLA et C18:1-*trans*11). La proportion de C18:3 n-3 dans le muscle LT de bovin est principalement modulée par sa teneur et celle des lipides du régime mais les pentes des régressions sont faibles probablement en raison de la lipolyse et des biohydrogénations ruminales limitant l'apport d'AGPI aux muscles (Doreau *et al.* 2012). De la même façon, la proportion d'AGPI-LC n-3 dans le muscle LT est linéairement dépendante de la proportion de C18:3 n-3 dans le régime indiquant une synthèse possible de ces AG spécifiques chez le bovin. Toutefois, les pentes des régressions diminuent avec l'élongation et la désaturation des AG en accord avec une capacité limitée des bovins pour synthétiser le C22:6 n-3 (Scollan *et al.*, 2014). Enfin, la teneur en lipides du régime semble être le principal facteur de variation des proportions d'AGPI n-6, CLA et C18:1 *trans*11 dans le muscle LT de bovin.

## Conclusion

Ainsi, la méta-analyse est une approche performante pour évaluer et résumer un ensemble de données de la littérature et pour prédire avec précision la composition en AG de la viande bovine dans différentes conditions d'élevage. La base de données « ω3Meat » présente une grande variabilité car elle regroupe le travail de nombreuses équipes de recherche du monde entier. Son enrichissement avec de nouvelles publications devrait permettre d'établir de nouvelles lois de réponse très robustes et présentant un large domaine d'application.

## Références bibliographiques

- Doreau M., Fievez V., Troegeler-Meynadier A., Glasser F. (2012). INRA Prod. Anim. 26, 361-374.  
 Sauvart D., Schmidely P., Daudin J.J. (2005). INRA Prod. Anim., 18, 63-73.  
 Scollan, N.D., Dannenberger, D., Nuernberg, K. et al.. (2014). Meat Sci., 97, 384-394.  
 Vernet J., Ortigues-Marty I. (2006). Reprod. Nutr. Dev., 5, 527-546.

# PREDICTION DU PROFIL EN ACIDES GRAS POLYINSATURES N-6 ET N-3 A PARTIR DES ACIDES GRAS MAJEURS DANS LA VIANDE BOVINE

MOUROT B.-P. <sup>1,3</sup>, MAIRESSE G. <sup>1</sup>, NORMAND J. <sup>2</sup>, DURAND D. <sup>3</sup>, CERTENAIS E. <sup>1</sup>, EL JABRI M. <sup>4</sup>, GUILLON C. <sup>5</sup>, LE PAGE R. <sup>6</sup>, KERHOAS N. <sup>7</sup>, CHESNEAU G. <sup>1</sup>, GRUFFAT D. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Valorex, La Messayais, 35210 Combourtilé

<sup>2</sup> Institut de l'Elevage, Service Qualité des Viandes, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon cedex 07

<sup>3</sup> INRA, VetAgro Sup, UMR1213 Herbivores, F-63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>4</sup> Institut de l'Elevage, Service Biométrie, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

<sup>5</sup> Terrena, La Noëlle, BP 20199, 44150 Ancenis

<sup>6</sup> Foton-ENSSAT, 6 rue de Kerampont, 22300 Lanion

<sup>7</sup> Bleu-Blanc-Coeur, La Messayais, 35210 Combourtilé

g.mairesse@valorex.com

**Abstract: Prediction of polyunsaturated n-6 and n-3 fatty acid profiles from major fatty acids of beef**

The aim of this study was to develop prediction equations for determining n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acid (PUFA) content in beef to serve the industry as a complementary tool alongside near-infrared spectrometry (NIRS) for assessing the nutritional quality of beef carcasses as a starting point for a beef carcass classification scheme. This study had two objectives: 1) to predict the n-6 and n-3 PUFA composition of beef using saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and total PUFA contents together with livestock-related data from slaughterhouse records and 2) to validate these equations by data predicted by NIRS. Very satisfactory prediction equations were obtained ( $R^2 > 0.9$ ) and validated ( $R^2 > 0.75$ ) for total n-6 PUFA and 18:2 n-6. For total n-3 PUFA and 18:3 n-3, prediction equations yielded  $R^2$  value of 0.77 but they were not validated with data predicted by NIRS.

## Introduction

Pour les filières de différenciation des viandes portant sur leur qualité nutritionnelle, la quantification rapide, précoce et à moindre coût des acides gras (AG), et plus particulièrement des AG polyinsaturés (AGPI) d'intérêt nutritionnel pour l'Homme est d'un grand intérêt. Des travaux réalisés chez le bovin ont montré que les AG majeurs de la viande bovine (AG saturés, monoinsaturés et AGPI totaux) pouvaient être prédits de façon satisfaisante par spectroscopie proche infrarouge (SPIR) (Mourot *et al.*, 2015). Cependant, cette technologie est perfectible pour déterminer les teneurs en AGPI n-6 et n-3 de la viande bovine. Une stratégie alternative et complémentaire consisterait à prédire ces AGPI à partir des AG correctement prédits par SPIR et des données facilement accessibles en abattoir (race, sexe, poids...). L'objectif de ce travail est donc de déterminer, par des équations de prédiction, la composition de la viande bovine en AGPI n-6 et n-3 et de valider cette approche avec des AG prédits par SPIR.

## Matériel et méthodes

Mille deux cent quatorze compositions en AG (obtenues par chromatographie en phase gazeuse (CPG)) de différents muscles de bovin, représentatif de la production française, ont servi à élaborer les modèles pour prédire les AGPI n-6 et n-3. La méthode utilisée est la régression sur composantes principales. Les variables utilisées dans les modèles de prédiction sont le type d'animal et les composantes principales issues de l'ACP construite à partir des AG correctement prédits par SPIR par un jeu de calibration précédemment développé sur un spectromètre FOSS 6500 et sur 694 muscles (comm. pers., Tableau 1). Une validation externe des modèles de prédiction des AGPI n-6 et n-3 a été réalisée sur 150 muscles à partir des AG prédictors mesurés soit en CPG (« validation CPG ») soit en SPIR (« validation SPIR »).

**Tableau 1** : Variables utilisées pour prédire les AGPI n-6 et n-3 associées à leur performance de prédiction par SPIR (d'après une communication personnelle)

Variables prédictives	R <sup>2</sup> de validation SPIR
Lipides totaux et AG totaux	0,94
16:0	0,91
18:0, AG saturés totaux, 18:1 <i>cis</i> 9 et AG mono insaturés totaux	0,93
AGPI totaux	0,72
Type d'animal*	-

\* Modalité de la variable Type d'animal : Bœuf, Génisse, Jeune Bovin, Vache

Les performances des modèles de prédiction pour les différents AG sont évaluées sur la base des critères suivants : le coefficient de détermination ajusté ( $R^2_{ajust}$ ), le  $R^2$  de la validation ( $R^2_v$ ) et l'erreur standard de la prédiction (RMSEP). Dans la littérature, le  $R^2$  est le plus souvent utilisé pour estimer la qualité d'un modèle de prédiction. Dans les études de Peres *et al.* (2010) et Coppa *et al.* (2013), le seuil minimal d'acceptabilité du modèle est fixé à 0,7 et 0,65 pour un modèle de prédiction et de validation, respectivement.

## Résultats

Les performances de prédiction des équations et leurs validations sont présentées dans le Tableau 2. De façon générale, les équations construites permettent de prédire correctement les AGPI n-6 et n-3 totaux et le 18:2 n-6 ( $R^2_{ajust} \geq 0,77$ ) alors que la prédiction du 18:3 n-3 est moins satisfaisante. La validation de ces équations avec les données CPG induit des  $R^2_v$  similaires aux  $R^2$  ajustés des équations de prédiction. Par contre, une diminution des performances de la validation est observée avec les données « validation SPIR » se traduisant par une diminution du  $R^2_v$  et une augmentation du RMSEP. Dans ces conditions, seules les équations de prédiction des AGPI n-6 totaux et du 18:2 n-6 offrent des performances de validation satisfaisantes.

**Tableau 2** : Résultats des performances des équations de prédiction (n=1214) et des validations externes (n=150) des AGPI n-6 et n-3 de la viande bovine.

	Equation <sup>1</sup>	Validation CPG <sup>2</sup>		Validation SPIR <sup>2</sup>	
	$R^2_{ajust}$	$R^2_v$	RMSEP	$R^2_v$	RMSEP
AGPI n-6	0,95	0,91	28,8	0,78	40,5
18:2 n-6	0,90	0,82	25,5	0,75	28,9
AGPI n-3	0,77	0,72	23,2	0,51	27,7
18:3 n-3	0,53	0,62	13,5	0,42	15,0

$R^2_{ajust}$  : coefficient de détermination ajusté ;  $R^2_v$  :  $R^2$  de la validation ; RMSEP : erreur standard de la prédiction

<sup>1</sup> AGPI n-6 mg/100g tissu (200,1 ± 101,1, min=59,3, max=645,4) ; 18:2 n-6 mg/100g tissu (122,1 ± 66,5, min=33,5, max=498,4) ; AGPI n-3 mg/100g tissu (61,6 ± 42,2, min=9,4, max=301,8) ; 18:3 n-3 mg/100g tissu (27,6 ± 24,9, min=2,6, max=262,5)

<sup>2</sup> AGPI n-6 mg/100g tissu (236 ± 95, min=101,1, max=547,6) ; 18:2 n-6 mg/100g tissu (144,9 ± 59,4, min=58,1, max=350,4) ; AGPI n-3 mg/100g tissu (65,5 ± 43,5, min=15,4, max=241,1) ; 18:3 n-3 mg/100g tissu (29,9 ± 20,6, min=6,7, max=107,9)

## Discussion

Bien que de nombreuses études aient traité de l'impact des conduites d'élevage des bovins sur la composition en AG de leurs muscles, très peu d'études se sont intéressées à la détermination de la composition en AG des produits animaux à partir d'équations de prédiction (Coppa *et al.* 2010 ; Daza *et al.*, 2013) et aucune, à notre connaissance, n'a tenté d'intégrer équations de prédiction et données prédites par SPIR.

Dans cette étude, les équations de prédiction des AGPI n-6 et n-3 totaux et du 18:2 n-6 sont très satisfaisantes et sont correctement validées avec les données « validation CPG ». D'un point de vue plus académique, ces équations peuvent par exemple être utilisées pour compléter des bases de données bibliographiques. Lorsque les validations sont faites avec les données SPIR, seules les équations de prédiction des AGPI n-6 et du 18:2 n-6 sont validées et peuvent donc être utilisées en complément d'une approche SPIR pour prédire la teneur en AGPI d'intérêt nutritionnel pour l'Homme dans la viande bovine. Dans l'optique d'une finalité industrielle, l'enrichissement de la base de données avec des échantillons de viande bovine présentant une plus grande variabilité de teneur en AGPI n-3 pourrait permettre l'élaboration d'équations de prédiction des AGPI n-3 plus robustes et complémentaires des prédictions par SPIR.

## Conclusion

La mise en place d'algorithmes de prédiction des AG mineurs d'intérêt nutritionnels pour l'homme présents dans la viande bovine à partir des AG correctement prédits par SPIR permet de compléter le potentiel de la SPIR. La prochaine étape de ce travail sera d'intégrer l'ensemble de ces équations (obtenues par SPIR et présentées ici) dans une interface commune permettant d'afficher un profil en AG instantanément après une analyse infra-rouge. Cet outil pourrait être utilisé comme outil d'aide à la décision ou pour le contrôle de la mise en œuvre de démarches d'amélioration nutritionnelle basées sur des obligations de résultats comme ceux de la filière Bleu-Blanc-Cœur.

*Cette étude a été réalisée en partie 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

- Coppa M, Ferlay A, Chassaing C, *et al.* (2013). J Dairy Sci. 96, 4197-211.  
 Daza A, Latorre M, Lopez-Bote, C. (2013). It. J Food Sci. 25, 229-234.  
 Mourot B.-P, Gruffat D, Durand D, Chesneau G, Mairesse G, Andueza D. (2015). Meat Sci., 99, 104-112  
 Peres A, Dias L, Joy M, Teixeira A. (2010). JAS. 88, 572-80.

# EVOLUTION DES PROTEINES AU COURS DE LA DIGESTION GASTRIQUE *IN VITRO* DE VIANDES TRANSFORMEES

DELOSIERE M.<sup>1</sup>, AUBRY L.<sup>1</sup>, DE OLIVEIRA FERREIRA C.<sup>1</sup>, SAYD T.<sup>1</sup>, PIERRE F.<sup>2</sup>,  
MARTIN O.<sup>2</sup>, SCISLOWSKI V.<sup>3</sup>, SANTE-LHOUELLIER V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, UR0370 Qualité des Produits Animaux, F-63122 St-Genès-Champagnelle, France

<sup>2</sup> INRA, UMR1331 Toxalim, F-31027 Toulouse, France

<sup>3</sup> ADIV, F-63100 Clermont-Ferrand, France

mylene.delosiere@clermont.inra.fr

## Abstract: Protein evolution during *in vitro* gastric digestion of processed beef

High temperature cooking of meat favors the formation of protein aggregates, which are not recognized by digestive enzymes. This could decrease digestibility of meat proteins. Beef marination consists in the addition of antioxidants in the muscle, which are able to limit oxidation reactions and potentially aggregation during cooking. The objective of this study was to follow protein evolution, indirectly aggregation, during *in vitro* gastric digestion of cooked/marinated beef. During gastric digestion, cooking effect was predominant during marinating. Proteins from raw beef were degraded by pepsin, whereas proteins from well-cooked beef were less accessible in our *in vitro* conditions.

## Introduction

Les protéines de la viande ont un bon équilibre en acides aminés indispensables et une digestibilité élevée. Des études réalisées *in vitro* ont montré que l'intensité des traitements thermiques appliqués à la viande de porc peut influencer la vitesse et l'efficacité de la digestion des protéines (Bax et al., 2012). Lors de la cuisson, la formation d'agrégats protéiques et les dégradations oxydatives des résidus d'acides aminés pourraient altérer la reconnaissance des sites de coupure des enzymes protéolytiques du tractus digestif (Rémond et al., 2008). La cuisson accélère le phénomène de stress oxydatif par une surproduction d'espèces réactives de l'oxygène et une dégradation de la protection antioxydante de la viande, ce qui augmente fortement les oxydations lipidiques et protéiques (Astruc et al., 2007), qui peuvent favoriser la production d'agrégats dans les viandes. La marinade est un procédé de transformation qui permet d'apporter des antioxydants dans la viande crue et limiter ainsi les oxydations et potentiellement les agrégations protéiques qui se déroulent au cours de la cuisson. L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution des protéines au cours de la digestion gastrique *in vitro* de viandes plus ou moins cuites et/ou marinées pour mieux comprendre les phénomènes d'agrégation protéique.

## Matériels et méthodes

### Marinade et cuisson des viandes.

Les muscles *Longissimus dorsi* provenant de génisses Charolaises âgées de 4 ans ont été coupés en deux : une partie conservée intacte et l'autre marinée. La marinade (M) est composée de 5,6% de chlorure de sodium, de 5% de lactose, 4% de lactate de sodium et 300 ppm d'un mélange raisin/olive. Les muscles ont été injectés à 10% et barattés 4 min/h durant 15 h. Des steaks de 15 mm d'épaisseurs ont été tranchés dans chaque muscle. Les steaks crus (C) ont été congelés à -20 °C jusqu'à la digestion *in vitro*. Deux couples temps-températures ont été utilisés pour la cuisson des steaks bleus (B) et bien cuits (BC) : chaque face a été grillée durant 1 min 30 s et 3 min 20 s pour atteindre respectivement 50°C et 75°C au cœur des steaks. Après refroidissement rapide, les steaks (4 répétitions techniques) ont été congelés à -20°C jusqu'à la digestion *in vitro*.

### Préparation des digesta gastriques.

Après décongélation, les steaks ont été hachés au hachoir ménager. Le dosage des protéines totales a été réalisé par la méthode de Bradford pour ajuster le rapport protéines/enzyme. 1,5 g de viande hachée sont ajoutés à 14 mL d'eau à 37°C pH 1,8. La solution aqueuse de pepsine gastrique est ajoutée à une concentration de 125 U/mg de protéine. Le mélange est placé à 37°C sous agitation durant 15, 30, 60 et 120 min (4 répétitions par durée d'incubation). Au terme des incubations, les échantillons sont neutralisés par ajout de 12 ml de tampon de neutralisation (bicarbonate de sodium 50 mM) ajusté à pH 8. Après agitation, les digesta sont centrifugés 15 min à 4000 rpm à 4 °C, filtrés sur gaze et congelés à -80°C (les agrégats protéiques sont donc éliminés).

### Mesure de la quantité de protéines solubles dans les viandes et digesta correspondants.

Les protéines sont extraites des viandes et des digesta par broyage de 3 g de matrice dans un tampon d'acétate de sodium 100 mM (1/7 ; p/v) pH 5,5 durant 30 s. Après une centrifugation de 15 min à 10000 g à 4 °C, les surnageants contiennent les protéines solubles. Le dosage des protéines extraites des viandes et des digesta est réalisé par la méthode

de Bradford. Une analyse de variance (ANOVA) en mesures répétées a été réalisée sur les données provenant des digesta à l'aide du logiciel Statistica (variables dépendantes : 15, 30, 60 et 120 min ; facteurs : cuisson et marinade).

## Résultats et discussion

Les teneurs en protéines solubles des viandes crues diminuent significativement lorsque l'intensité de la cuisson augmente (-41% et -53% respectivement avec les cuissons bleue et bien cuit ;  $p < 0,001$ ). En effet, la cuisson augmente l'agrégation des protéines qui ne sont pas extraites au moment du dosage.

Dans les digesta gastriques issus de viandes bien cuites (digesta BC), les teneurs en protéines solubles sont largement inférieures à celles des digesta issus de viande crue (digesta C) et de viande cuite bleue (digesta B) (figure 1). Les teneurs en protéines des digesta BC sont réduites d'un facteur 5 et 1,6 par rapport aux digesta C et B respectivement ( $p < 0,0001$ ), ce qui est en accord avec les observations réalisées sur les teneurs en protéines mesurées directement dans les viandes en lien avec l'intensité de la cuisson.

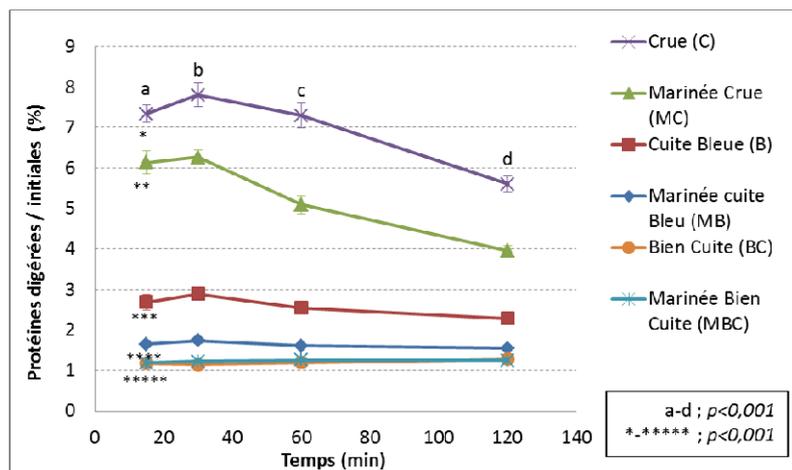


Figure 1 : Teneur en protéines solubles digérées rapportées à la teneur en protéines solubles initialement présente dans les viandes (%) : crue (C), cuite bleue (B) et bien cuite (BC) avec ou sans marinade (M).

Dans les digesta C, les teneurs en protéines élevées à 30 min diminuent significativement au cours de la digestion de la viande crue sous l'action de la pepsine (-33% à 120 min,  $p < 0,0001$ ). Les protéines de la viande crue sont intactes au début de la cinétique de digestion, leurs sites de coupures sont accessibles par l'enzyme pepsique qui fonctionne dans les conditions gastriques *in vitro* (37°C, pH 1,8). Par

contre, les digesta BC présentent une cinétique de digestion protéique qui évolue très peu avec le temps, ce qui signifie un effet très faible, voire inexistant, de la pepsine sur les protéines carnées probablement agrégées. Le profil électrophorétique des protéines solubles (données non présentées) indique que les protéines de masses moléculaires <40 kDa sont moins présentes dans les digesta BC comparés aux digesta C et B, suggérant que les protéines de bas poids moléculaires forment des agrégats au cours d'une cuisson intense.

Les viandes marinées présentent une teneur en protéines solubles légèrement inférieure à celle des viandes non marinées (NS), ce qui s'explique en partie par l'action mécanique du barattage qui entraîne une perte de protéines en surface du muscle mariné. La marinade apporte des antioxydants et du sel sous forme de chlorure de sodium dans la viande. Ni les additifs, ni le barattage ne semblent influencer la cinétique de digestion en conditions *in vitro*. Par contre, les digesta M présentent des teneurs en protéines plus faibles que celles des digesta issus de viandes non marinées (-15% et -35% respectivement sur la viande crue et cuite bleue ;  $p < 0,0001$ ). Cette perte en protéines solubles, en partie due au barattage, est totalement masquée par les effets de la cuisson la plus intense. Comme attendu, la quantité de peptides libérés à partir des digesta augmente sous l'action de la pepsine au cours de la digestion (données non présentées). Les teneurs en peptides des différents digesta se classent dans le même ordre que celui observé pour les teneurs en protéines : C > MC > B > MB > BC = MBC. Ces résultats obtenus *in vitro* sur la viande de bœuf cuite à 75°C à cœur confirment ceux obtenus sur des viandes de bœuf cuites à 100°C (Gatellier et al., 2009).

## Conclusion

Dans ces conditions *in vitro*, l'effet de la cuisson de la viande bovine sur les teneurs en protéines solubles des digesta est plus important que l'effet de la marinade. Lors de la cuisson la plus intense, les protéines carnées sont agrégées. Au cours de la digestion gastrique *in vitro*, les protéines des viandes crues sont digérées par la pepsine, alors que dans le cas des viandes bien cuites l'accessibilité des protéines solubles par les enzymes digestives est rendue difficile.

## Références bibliographiques

- Astruc T., Marinova P., Labas R., Gatellier P. & Santé-Lhoutellier V. (2007). J. Agric. Food Chem., 55(23), 9554-9558  
 Bax M. L., Aubry L., Ferreira C., Daudin J. D., Gatellier P., Rémond D. & Santé-Lhoutellier V. (2012). J. Agric. Food Chem., 60(10), 2569-2576  
 Gatellier P. & Santé-Lhoutellier V. (2009). Meat Science, 81, 405-409  
 Rémond D., Savary-Auzeloux I., Gatellier P. & Santé-Lhoutellier V. (2008). Sciences des Aliments, 28(4-5), 389-401

# PERFORMANCE DE MESURE DE LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DE LA BAVETTE DE FLANCHET PAR SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE

MAIRESSE G. <sup>1</sup>, CERTENAIS E. <sup>1</sup>, NORMAND J. <sup>2</sup>, MOUROT B.-P. <sup>1,3</sup>, THOMAS A. <sup>3</sup>,  
GRUFFAT D. <sup>3</sup>, GUILLON C. <sup>4</sup>, LE PAGE R. <sup>5</sup>, KERHOAS N. <sup>6</sup>, CHESNEAU G. <sup>6</sup>

<sup>1</sup>VALOREX, La Messayais, 35210 Combourtilé, France

<sup>2</sup> Institut de l'Élevage, Service Qualité des Viandes, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon cedex 07;

<sup>3</sup> INRA-VétoAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

<sup>4</sup>TERRENA, La Noëlle, 44155 Ancenis, France

<sup>5</sup>Université Européenne de Bretagne, ENSSAT – CNRS, UMR 6082 Foton, 6 rue de Kerampont, 22305 Lannion, France

<sup>6</sup>Association Bleu-Blanc-Cœur, La Messayais, 35210 Combourtilé, France

g.mairesse@valorex.com

## Abstract: Prediction of *Rectus abdominis* fatty acid composition in cattle using Near Infrared Spectroscopy

The aim of the study was to test the prediction performance of the fatty acid (FA) composition of beef (*Rectus abdominis*, RA) with a NIRS (near infrared spectroscopy) equipment. In order to have a representative database of French beef FA composition, 364 RA were sampled on carcasses from different rearing systems (dairy or beef ; young bulls, cows, steers or heifers ; pasture, hay or corn silage with or without extruded linseed concentrates). FA composition was assessed using gas chromatography and spectra were measured at wavelengths between 400 and 2500nm. The results show that NIRS accurately predicts several individual FA (16:0, 18:1d9cis) and FA groups (total saturated, monounsaturated FA) (RPD>2.0). For other FA and especially polyunsaturated fatty acids (PUFA) n-6 or n-3, the performances should still be improved for quantitative purposes.

## Introduction

La filière bovine est à la recherche de technologies de mesures rapides et peu coûteuses pour pouvoir communiquer sur l'intérêt nutritionnel de la viande, notamment sa composition en acides gras (AG). Dans ce contexte, le programme SpecMeat, financé par le FUI et réunissant 7 partenaires industriels et académiques, a permis d'évaluer le potentiel de la spectroscopie proche infrarouge (SPIR) pour mesurer la composition en AG de viandes bovines issues d'animaux commerciaux. Ces travaux constituent une réactualisation des premiers résultats obtenus sur 76 bavettes de flanchet et présentés aux JSMTV en 2014 (Mairesse *et al.*, 2014).

## Matériel et méthodes

Les bavettes de flanchet (*Rectus abdominis*) de 379 gros bovins issus de 77 élevages, de types génétiques différents (lait ou viande), de catégories différentes (jeunes bovins, génisses, bœufs ou vaches) et recevant différents types d'alimentation (rations à base d'herbe, d'ensilage de maïs, de foin, d'enrubannage ou de paille avec ou sans supplémentation en graines de lin extrudées) ont été prélevées 2 à 3 jours après abattage, afin de disposer de viandes représentatives des élevages français et couvrant une large gamme de teneur en lipides et de composition en AG. Les muscles ont été coupés en cubes de 2cm de côté et congelés sous vide à -80°C jusqu'aux analyses.

Les profils en AG (g/100g de viande) de référence 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). Les mesures spectrales ont été réalisées après décongélation et broyage à l'aide d'un broyeur à couteaux. Les spectres infrarouges ont été acquis sur l'appareil de laboratoire DS2500 (FOSS, gamme de longueurs d'ondes : 400-2500 nm).

Les modèles de calibration ont été développés sur l'ensemble de la gamme spectrale par PLS et validés par validation croisée (logiciel WinISI 4.0). Les performances des modèles de prédiction pour les différents AG sont évaluées sur la base des critères suivants : erreur de validation croisée (SECV) et coefficients de détermination en validation croisée (R<sup>2</sup>CV). Le rapport de performance (RPD) est également calculé (rapport entre l'écart-type des valeurs d'AG obtenues 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 AG des viandes, un RPD de 2,5 est considéré comme satisfaisant pour des analyses de routine (Guy *et al.*, 2011).

## Résultats

Le Tableau 1 montre que les teneurs en lipides de la bavette de flanchet sont bien prédites par SPIR (RPD = 2.5). En outre, les performances de calibration sont également satisfaisantes pour les AG majeurs (C16:0, C18:1n-9) et les AG saturés totaux (AGS) et monoinsaturés totaux (AGMI) ( $r^2 > 0,80$  et  $RPD > 2,0$ ). Pour les autres AG, et notamment les AG polyinsaturés (AGPI) n-6 et n-3, les performances restent perfectibles ( $RPD < 2,0$ ).

**Tableau 1 :** Qualité des modèles de prédiction des acides gras (g/100 tissu).

Constituants	N =	Moyenne	Ecart-type	R <sup>2</sup>	SECV	RPD
Lipides totaux	370	5.26	2.45	0.85	0.98	2.5
C16:0	369	1.17	0.62	0.82	0.27	2.3
C18:0	371	0.63	0.30	0.72	0.16	1.9
C18:1 d9c	368	1.56	0.86	0.85	0.34	2.5
C18:2 n6	368	0.13	0.04	0.28	0.03	1.1
C18:3 n3	363	0.03	0.02	0.27	0.01	1.2
AGS	367	2.06	1.02	0.81	0.45	2.3
AGMI	369	2.01	1.09	0.84	0.44	2.5
AGPI n6	368	0.23	0.06	0.36	0.05	1.2
AGPI n3	371	0.08	0.04	0.43	0.03	1.3
AGPI	369	0.34	0.09	0.36	0.07	1.2

## Discussion

Les performances de calibration obtenues dans la présente étude montrant que seuls les AG majeurs peuvent être prédits correctement par SPIR. Cela confirme les tendances observées sur un effectif plus faible au début du projet SpecMeat (Mairesse *et al.*, 2014) et sont en accord avec la littérature (Mourot *et al.*, 2015; Andueza *et al.*, 2015). Selon Andueza *et al.* (2015), la faible variabilité des teneurs en AGPI dans la viande de ruminant peut expliquer la faible capacité de la SPIR à prédire ces AG. Mourot *et al.* (2014) ont noté une amélioration des performances de prédiction des teneurs en AGPI de la viande bovine en utilisant une base de données composée à la fois d'échantillons de bovins et d'agneaux. Dans le présent travail, les pratiques alimentaires ont été sélectionnées sur la base de leur mise en œuvre effective sur le terrain mais aussi afin de faire varier les teneurs en AGPI. Ainsi, les difficultés de prédiction des teneurs en AGPI pourraient plutôt s'expliquer par leur faible représentation dans la viande bovine avec des teneurs proches des limites de détection de la SPIR. D'autres stratégies pour mesurer les AG mineurs doivent être mises en place. L'une d'elle consiste à la mise en place d'algorithmes de prédiction de ces AG à partir des AG correctement prédits par SPIR ; ces travaux font l'objet d'une présentation au JSMTV 2016 (Mourot *et al.*, soumis).

## Conclusion

La SPIR peut être utilisée comme méthode de mesure rapide, fiable et simple à mettre en œuvre pour la détermination de la teneur en lipides et en certains AG de la viande, notamment les AG majeurs. Des travaux sont actuellement en cours pour la détermination des teneurs en AG mineurs d'intérêt nutritionnels afin de compléter le potentiel de la SPIR comme outil d'aide à la décision ou pour le contrôle de la mise en œuvre de démarches d'amélioration nutritionnelle basées sur des obligations de résultats comme la filière Bleu-Blanc-Cœur.

*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

- Andueza D., Mourot B.-P., Ait-Kaddour A., Prache S., Mourot J. (2015). INRA Prod. Anim., 28(2), 197-208.  
Guy, F., Prache, S., Thomas, A., Bauchart, D., Andueza, D. (2011). Food Chem., 127, 1280-1286.  
Mairesse G., Certenais E., Chesneau G., Normand J., *et al.*, (2014). Viandes Prod Carn, Hors-série : 15è JSMTV, 67-68.  
Mourot B.-P., Gruffat D., Durand D., Chesneau G., Mairesse G., Andueza D. (2015). Meat Sci., 99, 104-112.  
Mourot B.-P., Gruffat D., Durand D., Chesneau G., Prache S., *et al.*, (2014). Anim. Prod. Sci., 54(10), 1848-1852.

# VALEURS NUTRITIONNELLES DE LA VIANDE DE PORC : ANALYSES SUR 10 PIÈCES OU MORCEAUX DE DECOUPE

CARLIER M. <sup>1</sup>, LHOMMEAU T. <sup>2</sup>, MARTIN J.L. <sup>1</sup>, DUCHENE B. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> IFIP – antenne Maisons-Alfort – 7 avenue du Général de Gaulle – 94700 Maisons-Alfort

<sup>2</sup> IFIP – antenne Ouest – La Motte au Vicomte - BP 35104 - 35651 Le Rheu

martine.carlier@ifip.asso.fr

## Abstract: Nutritional data of pork meat – analyses of 10 cuts or pieces

Useful analyses to establish nutrition labeling defined by the EU Regulation 1169/2011, energy, fat, saturated fatty acids, carbohydrate, sugars, proteins and salt were applied on 10 meat-cuts or pieces from « standard » pork carcasses chosen from three French slaughterhouses. Mean values and standard-deviation are available for stakeholders. A complementary work was necessary to get nutritional values by a calculation from generally established and accepted data, as it is defined in regulation 1169/2011 and in the respect of the UE Guide on tolerances for nutrition labeling.

## Introduction

Une campagne d'analyses des paramètres de l'étiquetage nutritionnel a été réalisée sur des produits tels que préparés dans les abattoirs de porc en vue de leur utilisation dans la fabrication de produits carnés. Cette campagne permettra de disposer de valeurs communes pour les entreprises du secteur abattage-découpe et leurs clients. Cette action fait partie d'une étude plus large financée par INAPORC. Les résultats présentés ci-dessous sont les valeurs moyennes de données représentatives de la production française actuelle issues de prélèvements réalisés sur des lots « tout venant ».

## Matériel et méthodes

Les nutriments retenus sont ceux de la déclaration nutritionnelle du règlement UE 1169/2011 (1) et les acides gras saturés exprimés en % des méthyles esters d'acides gras. Le plan d'échantillonnage a été établi d'après une estimation bibliographique de la variabilité des nutriments (2) : n = 30 pour les nutriments à variabilité forte (matière grasse, profil d'acides gras ; n = 6 pour les nutriments à variabilité modérée (protéines, sucres solubles totaux, sodium), et n = 20 pour les glucides du foie. Les échantillons sont issus du mélange de morceaux provenant de 2 porcs, une femelle et un mâle castré d'une même bande. Pour les foies et les poitrines les bandes prélevées sont différentes. Les prélèvements ont été réalisés dans trois abattoirs une fois en automne et une fois au printemps. Le poids des carcasses retenues était compris entre 90,0 et 96,0 kg et le taux de muscles des pièces entre 59 et 63 %. L'étude porte sur 10 pièces ou morceaux de découpe choisis (tableau 1) en fonction de l'intérêt exprimé par les professionnels lors d'une enquête.

La réduction de la taille des échantillons a été faite à l'abattoir après découpe puis après broyage à la grille de 6 mm afin de disposer d'un échantillon de 400 g environ. Les méthodes des dosages sont pour la matière grasse totale la norme NF V04-402, pour les protéines la norme NF V04-407, pour les glucides totaux et les sucres (réducteurs) une méthode colorimétrique, pour le sodium un dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique, pour les profils d'acides gras la méthode de Rule (3). Les calculs sont ceux du règlement UE 1169/2011.

**Tableau 1 :** Présentation des 10 pièces ou morceaux analysés

Bardière découennée	Couenne	Foie	Gorge découennée	Hachage 3D	Jambon 3D	Jambonneau 3D	Palette 3D	Poitrine cutter	Filet avec chaînette
									

## Résultats – Discussion

Les teneurs en **protéines** exprimées en g pour 100 g (cf. tableau 2) sont proches de celles des autres sources de données (4, 5, 6, 7, 8), elles sont d'autant plus élevées pour les morceaux composés essentiellement de muscles comme le filet (22,3 g), le jambon (20,9 g), le jambonneau ou le foie. Elle est le plus faible pour la bardière (4,5 g) dont près de la moitié est du collagène (2,1 g) et la plus élevée pour la couenne (35,0 g), majoritairement du collagène (28,9 g). Les teneurs en protéines en g pour 100 g respectivement relevées (4, 5, 6, 7, 8) et mesurées (tableau 2) sont : **bardière** : entre 4,1 et 5,0 vs 4,5 pour la présente étude ; **poitrine** : entre 15,4 et 17,8 vs 15,9 ; **jambon** : 20,7 ; 21,5 vs 20,9 ; **jambonneau** : 18,0 et 19,0 vs 20,2 ; **foie** : entre 20,1 et 21,1, vs 20,6 ; **filet** : 19,8 et 22,3 vs 22,3.

Les teneurs en **matière grasse totale** et en **acides gras saturés** varient suivant les sources de données, plusieurs facteurs de variations interviennent dont le type génétique, l'alimentation, le poids à l'abattage et la découpe. Dans la présente étude, les résultats issus de types génétiques, de régimes alimentaires particuliers n'ont pas été pris en compte. Les teneurs en **matière grasse** exprimées en g pour 100 g respectivement relevées (4, 6, 7, 8, 9) et mesurées (tableau 2)

sont : **bardière** : entre 72,0 et 82,5 vs 80,6 ; **poitrine** : 21,1 et 33,7 vs 28,7 ; **jambon** : 2,0 et 5,1 vs 6,4 ; **jambonneau** : 7,5 et 12,2 vs 7,3 ; **foie** : entre 3,4 et 4,9 vs 4,2 ; **filet** : entre 1,9 et 7,15 vs 6,2. Les résultats obtenus présentent une variabilité importante sur la couenne en fonction de la présence ou non de gras sous cutané (réglage de la découenneuse), et sur le filet avec chaînette en fonction du parage.

Les teneurs en **acides gras saturés en g pour 100 g** relevées (4, 6, 7, 10, 11) et mesurées (tableau 2) sont : **bardière** : entre 26,4 et 32,0 vs 28,7 ; **poitrine** : entre 7,2 et 14,4 vs 10,2 ; **jambon** : 0,8 vs 2,1 ; **jambonneau** : 5,1 vs 2,4 ; **foie** : entre 1,0 et 2,3 vs 1,7 ; **filet** : entre 0,8 et 0,9 vs 2,2. Les résultats obtenus présentent une variabilité importante sur la couenne, le filet avec chaînette pour les mêmes raisons que les résultats des teneurs en matières grasses.

Les **taux d'acides gras saturés (méthyl esters) en pourcentage des acides gras** sont proches de ceux d'études françaises précédentes (8, 9, 10) : **bardière** 40,4 vs 39,6 ; **poitrine** : 40,3 et 40,5 vs 39,6 ; **foie** : 42,0 vs 44,9 ; **filet** : 41,8 vs 39,7. Les résultats obtenus sur les foies sont beaucoup plus variables que ceux des autres matrices, une des explications pourrait être la variabilité métabolique individuelle des animaux au moment de l'abattage.

**Tableau 2** : Composition nutritionnelle pour 100 g – moyennes et écarts-types - des pièces ou morceaux

	Énergie kJ	Matières grasses g	Acides gras saturés		Glucides g	Sucres g	Protéines g	Sel g (2,5 x sodium)
			g	% AG				
Bardière	3004 ± 175	80,6 ± 4,1	28,7 ± 2,2	39,6 ± 1,9	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0	4,5 ± 1,2	0,10 ± 0,02
Couenne	1089 ± 68	16,4 ± 6,2	5,1 ± 1,8	35,2 ± 2,9	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0	35,0 ± 2,5	0,36 ± 0,05
Foie	527 ± 30	4,2 ± 0,7	1,7 ± 0,2	44,9 ± 6,1	1,8 ± 1,2	1,1 ± 1,2	20,6 ± 0,5	0,34 ± 0,03
Gorge	1940 ± 162	47,5 ± 4,0	16,0 ± 1,4	37,9 ± 1,9	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	11,6 ± 0,7	0,17 ± 0,04
Hachage 3D	772 ± 125	12,3 ± 2,7	4,1 ± 1,0	37,7 ± 1,6	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	18,9 ± 1,1	0,20 ± 0,02
Jambon 3D	599 ± 37	6,4 ± 1,1	2,1 ± 0,4	37,8 ± 1,2	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	20,9 ± 0,6	0,18 ± 0,02
Jambonneau 3D	607 ± 60	7,3 ± 1,2	2,4 ± 0,5	36,8 ± 1,7	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0	20,2 ± 1,0	0,22 ± 0,00
Palette 3D	705 ± 63	10,4 ± 2,1	3,6 ± 0,7	38,8 ± 1,5	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1	19,2 ± 0,6	0,20 ± 0,02
Poitrine cutter	1282 ± 148	28,7 ± 2,9	10,2 ± 1,2	39,6 ± 1,4	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1	15,9 ± 1,2	0,18 ± 0,03
Filet avec chaînette	635 ± 90	6,2 ± 2,7	2,2 ± 1,0	39,7 ± 1,8	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,1	22,3 ± 1,3	0,16 ± 0,02

Les **teneurs en glucides et sucres** des tables danoise (6) ou belge (7) sont égales pour les **pièces et morceaux autres que le foie** : 0,0 pour la bardière, la poitrine, le jambon, le jambonneau, le filet. Dans la présente étude (tableau 2) les valeurs sont inférieures à 0,5 g/100 g. Les différences pourraient provenir de la méthode de quantification, analyse colorimétrique dans cette étude vs calcul par différence dans les autres cas (6, 7). Pour le **foie** qui contient du glycogène, les valeurs varient entre 0,0 et 0,93 g/100 g pour les sucres (6, 7, 4) vs 1,1, et entre 0,9 et 3,0 g/100g pour les glucides (7, 6) vs 1,8. Les valeurs obtenues dans cette étude sont très variables, le coefficient de variation est 64% pour les glucides et 109% pour les sucres.

Les teneurs de **sel (2,5 x sodium)** en g pour 100 g (tableau 2) sont du même ordre de grandeur que ceux des autres sources de données (4, 6, 7, 8, 11) à l'exception du foie pour lequel le résultat acquis est 1,5 fois supérieur : **bardière** : 0,05 et 0,09 vs 0,11 ; **poitrine** : entre 0,14 et 0,17 vs 0,20 ; **jambon** : 0,12 et 0,17 vs 0,18 ; **jambonneau** : 0,15 et 0,21 vs 0,22 ; **foie** : entre 0,19 et 0,20 vs 0,34 ; **filet** : entre 0,11 et 0,21 vs 0,16.

## Conclusion

Cette étude permet de disposer des valeurs moyennes et des écarts-types des paramètres nutritionnels du règlement UE 1169/2011 sur un ensemble de pièces et morceaux de découpe faisant l'objet d'échanges courants entre les abattoirs et leurs clients. Ces résultats constituent également, pour des produits composés élaborés à partir de viande de porc de production dite « standard », une base de travail en vue de proposer des données utilisables pour l'établissement des valeurs nutritionnelles par calcul effectué à partir de données généralement établies et acceptées, tel que prévu par le règlement. De telles valeurs devront également prendre en compte les exigences du Guide UE (13).

## Bibliographie

- (1) Parlement Européen et Conseil (2011). Règlement UE 1169/2011, Journal Officiel de l'Union Européenne L304
- (2) Vautier A. (2005). Rapport d'étude ITP : Les valeurs nutritionnelles de la viande de porc: les facteurs de variation
- (3) Rule D.C. (1997). Meat Science, 46, 22-32
- (4) Souci S. X., Fachmann W., Kraut H. (2000). Food composition and nutrition tables
- (5) IFIP (2009). Référentiel de classification de pièces et parures de découpe, volet 2
- (6) Fødevaredata (2015). Site <http://frida.fooddata.dk/> (consulté le 02/09/2016)
- (7) Table belge de composition des aliments (2013). Edition Nubel
- (8) Vautier A. (2006). 11èmes JSMTV, 81-82
- (9) Carlier M., Quiniou N. Vautier V., Gault E., Lhommeau T., Monziols M. (2011). Rapport d'étude Aprivis
- (10) Guillevic M. (2009). Thèse AgroCampus Ouest
- (11) Gerber N., Scheeder M.R.L, Wenk C. (2009). Meat Science 81 (2009) 148–154
- (12) Martínez-Ramírez H. R., Kramer J. K. G, de Lange C. F. M (2014). J. Anim. Sci. 92:238–249
- (13) Commission Européenne DGSANCO (2012). Guide des autorités compétentes, 16 p

# CLASSIFICATION PAR SPECTROSCOPIE PROCHE INFRAROUGE DES GROS BOVINS OU DES CARCASSES SUIVANT LE PROFIL EN ACIDES GRAS DES VIANDES

NORMAND J. <sup>1</sup>, CERTENAIS E. <sup>2</sup>, EL JABRI M. <sup>3</sup>, MAIRESSE G. <sup>2</sup>, FALGUERE C. <sup>1,4</sup>,  
MANCEAU D. <sup>5</sup>, GUILLON C. <sup>5</sup>, DURAND D. <sup>6</sup>, GRUFFAT D. <sup>6</sup>, LE PAGE R. <sup>7</sup>, KERHOAS N. <sup>8</sup>,  
CHESNEAU G. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, Service Qualité des Viandes, 23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon cedex 07

<sup>2</sup> Valorex, La Messayais, 35210 Combourillé

<sup>3</sup> Institut de l'Élevage, Service Biométrie, 149 rue de Bercy, 75595 Paris cedex 12

<sup>4</sup> Bordeaux Sciences Agro, 1 cours du Général De Gaulle, CS 40201, 33175 Gradignan cedex

<sup>5</sup> Terrena, La Noëlle, BP 20199, 44150 Ancenis

<sup>6</sup> INRA, VetAgro Sup, UMR 1213 Herbivores, Theix, 63122 Saint-Genès-Champanelle

<sup>7</sup> Foton-ENSSAT, 6 rue de Kerampont, 22300 Lanion

<sup>8</sup> Bleu-Blanc-Cœur, La Messayais, 35210 Combourillé

jerome.normand@idele.fr

**Abstract: Cattle and carcass classification by Near Infrared Spectroscopy according to beef fatty acid profile**

The aim of the study was to predict by NIRS (near infrared spectroscopy) the compliance of cattle or carcass to a specification based on beef fatty acids (FA) without predicting individual FA. The leathers of 380 cattle from various genetic types (milk or meat), categories (young bulls, heifers, steers or cows) and rearing systems were scanned by NIRS portable equipment. After slaughter, *Rectus abdominis* was scanned on each carcass and sampled. FA compositions were assessed using gas chromatography and spectra were measured at wavelengths between 350 and 2500 nm. The performances of prediction models are satisfactory with a sensitivity of 78%, a specificity of 80% and an accuracy of 79% from carcass spectral measurements, and respectively of 85%, 74% and 80% from animal spectral measurement.

## Introduction

Le projet FUI 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'Élevage, a notamment pour objectif de mettre au point un outil analytique utilisable en élevage et en abattoir, basé sur la spectroscopie proche infrarouge (SPIR), permettant d'apprécier la composition en acides gras (AG) de la viande bovine. Celui-ci permettra d'orienter précocement les animaux et les carcasses vers les circuits commerciaux les plus adaptés (filiale Bleu-Blanc-Cœur, par exemple). La méthode de référence pour la mesure de la composition en AG, la Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG), est destructrice, longue et coûteuse. Des travaux antérieurs ont montré que la SPIR est une méthode de mesure alternative, rapide et non destructive, aussi bien chez le porc (Mairesse *et al.*, 2012) et l'agneau (Guy *et al.*, 2011) que chez le gros bovin (Prieto *et al.*, 2012). Cependant lors de premiers essais de calibration d'un spectromètre portable utilisable en abattoir, Normand *et al.* (2014) ont montré que, si la prédiction par SPIR des AG majeurs de la viande bovine était satisfaisante, ce n'était pas le cas pour les AG polyinsaturés (AGPI) porteurs d'intérêt nutritionnel. L'objectif de ce travail est donc de tester une approche plus globale : la prédiction de la conformité des animaux ou des carcasses à un cahier des charges basé sur la composition en AG des viandes, sans passer par la prédiction des AG individuels.

## Matériels et méthodes

Une base de données de 380 gros bovins issus de 77 élevages, de types génétiques différents (lait ou viande), de catégories différentes (jeunes bovins, génisses, bœufs ou vaches) et alimentés avec des rations à base d'herbe, d'ensilage de maïs, de foin, d'enrubannage ou de paille avec ou sans supplémentation à base de graines de lin extrudées a été constituée afin de disposer de viandes représentatives des élevages français et couvrant une large gamme de teneur en lipides et de composition en AG. Une semaine avant abattage, une mesure spectrale a été réalisée sur chaque animal, directement sur le cuir du flanc, au niveau des dernières côtes. Deux jours après abattage, une mesure spectrale a été réalisée sur la carcasse, sur la bavette de flanchet brute avec aponévrose (*Rectus abdominis*). Cette dernière a ensuite été prélevée, parée et congelée sous vide à -80°C, avant extraction des lipides totaux, transméthylation et détermination des profils en acides gras (g/100 g de viande) par CPG (Guy *et al.*, 2011). Les spectres ont été acquis à l'aide d'un spectromètre portable ASD LabSpec 4 (gamme de longueurs d'ondes : 350-2500 nm).

La qualification (conforme / non conforme) des animaux et carcasses a été déterminée sur la base de l'obligation de résultats du cahier des charges des viandes bovines Bleu Blanc Cœur, à partir de 3 critères issus de la composition en AG de la bavette de flanchet déterminée par CPG : i) suivant la teneur en lipides du muscle, la teneur en C18:3 n-3 ou le rapport C18:2 n-6 / C18:3 n-3, ii) le rapport AGPI n-6 / AGPI n-3, iii) le rapport AG saturés / C18:3 n-3.

Le modèle de prédiction de la qualification des carcasses a été développé à l'aide de la bibliothèque « plsRglm » du logiciel R. Il s'agit d'une extension de la régression PLS au cas des modèles linéaires généralisés, en particulier celui de la régression logistique (Bastien *et al.*, 2005). Les modèles sur animal vivant a été développé à partir de la fonction PLS-DA de la bibliothèque « caret » de R. Les modèles ont été élaborés sur deux tiers des effectifs de la base de données (n = 260), à partir de l'ensemble du spectre brut. Une validation externe des modèles a été réalisée à partir du dernier tiers de la base de données (n = 120). Les performances des modèles sont évaluées sur la base d'une matrice de confusion en considérant les critères suivants : sensibilité (animaux prédits et observés conformes / animaux observés conformes), spécificité (animaux prédits et observés non conformes / animaux observés non conformes) et exactitude ((animaux prédits et observés conformes + animaux prédits et observés non conformes) / total des animaux).

## Résultats

Sur les 380 gros bovins présents dans la base de données, 55,0 % sont conformes au cahier des charges Bleu Blanc Cœur sur la base de leur composition en AG mesurée par CPG. Leur répartition dans les bases de calibration et de validation externe est du même ordre (respectivement, 55,4 et 54,2 %). Les teneurs moyennes en lipides des bavettes de flanchet sont de  $5,3 \pm 2,5$  g/100 g de viande. Les teneurs en AG saturés, C18:2 *n*-6, C18:3 *n*-3, AGPI *n*-6 et AGPI *n*-3 sont respectivement de  $46,5 \pm 2,5$  %,  $3,67 \pm 2,25$  %,  $0,84 \pm 0,45$  %,  $6,39 \pm 3,17$  % et  $1,94 \pm 0,95$  % des AG totaux.

A partir des mesures spectrales réalisées sur carcasse, le modèle de prédiction de la conformité d'un individu au cahier des charges Bleu-Blanc-Cœur présente une sensibilité de 78 %, une spécificité de 80 % et une exactitude de 79 % (Tableau 1). En validation externe, ces performances sont respectivement de 65, 72 et 68 %.

Les résultats de classification obtenus à partir des mesures réalisées sur animal vivant sont également satisfaisants avec une sensibilité de 85 %, une spécificité de 74 % et une exactitude de 80 %, (respectivement, 78, 65 et 72 % en validation externe).

**Tableau 1 :** Qualité des modèles de prédiction de la conformité des animaux vivants avant abattage et des carcasses à un cahier des charges basés sur la composition en acides gras des viandes (cahier des charges Bleu-Blanc-Cœur)

	Sur animal vivant		Sur carcasse	
	Résultats de calibration	Résultats de validation	Résultats de calibration	Résultats de validation
Effectif	235	120	252	112
Vrais négatifs	74 %	65 %	80 %	72 %
Faux positifs	26 %	35 %	20 %	28 %
Faux négatifs	15 %	22 %	22 %	35 %
Vrais positifs	85 %	78 %	78 %	65 %
Sensibilité	85 %	78 %	78 %	65 %
Spécificité	74 %	65 %	80 %	72 %
Exactitude	80 %	72 %	79 %	68 %

## Discussion

Conformément à ce qui était recherché, la variabilité des teneurs en AG est relativement importante de façon à favoriser la calibration des mesures par SPIR. Les modèles développés aussi bien sur animal vivant que sur carcasse offrent des performances qui sont relativement élevées pour une approche globale et équilibrées (même niveau de performance en sensibilité et en spécificité). Les performances des modèles sont maintenues lors de la validation externe, ce qui permet d'envisager une utilisation en routine sur le terrain. Ces résultats sont originaux et ce type de méthode est encore peu développé dans la littérature pour qualifier la qualité nutritionnelle des viandes.

## Conclusions

Compte tenu des résultats obtenus, la SPIR portable semble présenter un potentiel intéressant en vue de classer les gros bovins ou leurs carcasses sur la base de leur composition en AG. A l'avenir, cette technique pourrait être utilisée sur le terrain par les filières d'amélioration de la composition lipidiques des viandes telle que Bleu Blanc Cœur comme un outil de pilotage de la finition des animaux ou un outil de contrôle qualité des carcasses en fin de chaîne d'abattage.

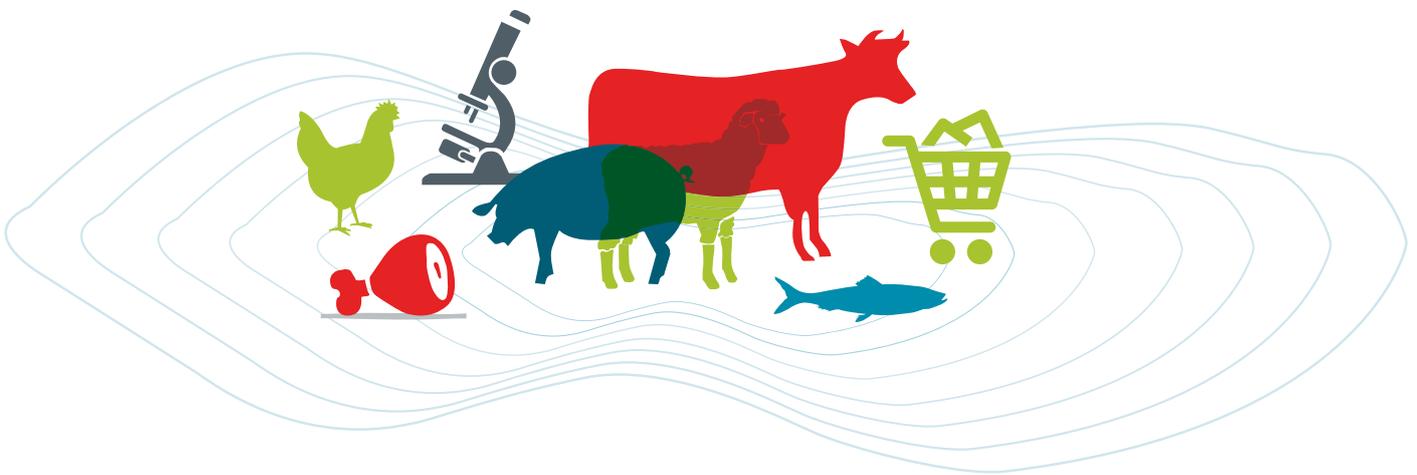
## Références bibliographiques

- Bastien P., Esposito Vinzi V., Tenenhaus M. (2005). *Computational Statistics & Data Analysis*, 48, 17-46.  
 Guy F., Prache S., Thomas A., Bauchart D., Andueza D. (2011). *Food Chemistry*, 127, 1280-1286.  
 Mairesse G., Douzenel P., Mourot J., Vautier A., Le Page R., *et al.*, (2012). *Journées Recherche Porcine*, 44, 211-212.  
 Normand J., Cartes A., Ferrand M., Manceau D., *et al.*, (2014). *Viandes et Produits Carnés*, HS 15° JSMTV, 53-54.  
 Prieto N., Dugan M.E.R., López-Campos O., McAllister T.A., Aalhus J.L., Uttaro B. (2012). *Meat Science*, 90, 43-51.

*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).*



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 6**

**« Procédés de transformation »**



# INTERET D'UNE APPROCHE DE MODELISATION POUR PREDIRE LA QUALITE DES PRODUITS CARNES TRANSFORMES – EXEMPLE DES PRODUITS SALES

KONDOYAN A., PORTANGUEN S., DAUDIN J.-D., SICARD J., TOURNAYRE P., AUBERGER J.-M., FAVIER R., MIRADE P.-S.\*

INRA UR370 QuaPA, Equipe Imagerie & Transferts, F-63122 St-Genès-Champanelle, France

pierre-sylvain.mirade@clermont.inra.fr

## **Abstract: Interest of the modelling approach to predict the quality of processed foods - the example of salted products**

The results of the literature on the evolution of food quality are very difficult to use. Existing data are often contradictory, and always difficult to transpose from one case to another due to the difference in the type of equipment and in the processing conditions. Combined transfer to reaction modelling is appropriate to respond to this situation. This paper illustrates how the transfer-reaction modelling was applied to predict the final quality of two products: cooked meat and dry-cured ham. The approach developed in this paper can be generalized to other foods and other processes to identify what are the best scenarios to obtain a targeted quality for different food materials and types of industrial equipment.

## **Introduction**

Améliorer la qualité et la sécurité des aliments transformés a été l'objectif des industriels et des scientifiques depuis de nombreuses années. Cependant, les technologies, l'équipement et le savoir-faire varient beaucoup d'une entreprise à une autre. La qualité initiale des produits agricoles et de la pêche est également variable en fonction du génotype des animaux et de la façon dont ils ont été nourris et élevés. De plus, la qualité est, la plupart du temps, analysée de façon globale alors que son évolution est locale au sein des tissus et est fortement dépendantes des conditions environnementales. Cela peut expliquer pourquoi les résultats quantitatifs de la littérature sont souvent contradictoires, et toujours difficiles à transposer d'un cas à l'autre. Cela conduit les scientifiques et les ingénieurs à répéter les expériences dès que le type de produits, leur taille, le type d'équipement, ou les conditions de traitement sont modifiés. L'approche par la modélisation combinée des transferts et des réactions est appropriée pour répondre à cette situation. L'article illustre comment cette approche a été utilisée dans le cas des produits à base de viande. Il traite successivement de la modélisation des transferts, des réactions et, enfin, des prédictions obtenues en combinant les deux types de modèles.

## **Modélisation des transferts**

Les procédés alimentaires impliquent des échanges d'énergie, d'eau et de composés chimiques. La température et la concentration en composés chimiques ne sont pas uniformes dans les aliments solides. Les valeurs de température et de concentration locale déterminent la vitesse des réactions responsables du développement de la qualité du produit. La modélisation des transferts vise à calculer les gradients de température et de concentration dans les aliments, tout au long du traitement. Dans nos exemples, les transferts de chaleur et de masse sont modélisés au cours de deux procédés : (1) la cuisson des produits à base de viande, (2) la fabrication d'un jambon sec.

### *Transferts de chaleur/matière pendant la cuisson de la viande*

La modélisation a été divisée en deux phases. Dans la première, la cinétique de température est calculée à l'intérieur de l'échantillon (*Masseter* entier, steaks 5x7x7 cm et rôtis 6x6x11 cm, température finale : 55°C à cœur). Le transfert de chaleur interne au produit peut être considéré comme purement conductif, et les échanges d'énergie aux interfaces peuvent être déterminés par une loi de Newton. Dans la seconde étape, la concentration en eau est calculée à partir de modèles cinétiques du premier ordre. La vitesse de réaction dépend de la température et peut être déterminée par une loi d'Arrhenius, la température locale étant calculée à partir du modèle de transfert de chaleur. La constante réactionnelle des modèles cinétiques doit également dépendre de la distance entre le point, pris localement, et la surface du solide pour simuler la migration du jus engendrée par la contraction/dénaturation protéique. Bombrun (2014) a montré que les résultats obtenus sur de la viande non salée pouvaient être transposés à de la viande légèrement salée dans des conditions de laboratoire.

### *Transferts pendant le processus de fabrication d'un jambon sec.*

La géométrie 3D du jambon obtenue a été lissée à plusieurs reprises. Sur cette géométrie, un maillage tétraédrique volumique a été appliqué. Au final, le modèle 3D de jambon, consistant en 202000 mailles et contenant 5 groupes différents de muscles, a été importé dans le logiciel Comsol® Multiphysics. La résolution des équations de transferts d'eau et de sel, couplée à une équation de prédiction de la protéolyse, a nécessité environ 3,5 h sur un PC doté d'un processeur Xeon 3 GHz et 48 Go de RAM, pour modéliser les étapes de salage et de repos (pas de temps de 0,1 jour).

## **Modélisation des réactions**

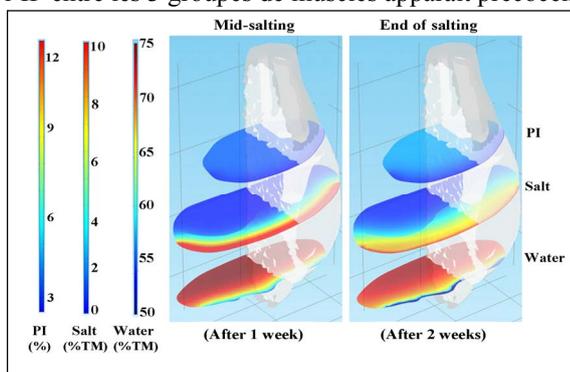
Deux qualités différentes ont été analysées en fonction du type de procédé : la teneur en micronutriments dans le cas de

la cuisson des viandes, et la texture du produit qui est liée à la protéolyse dans le cas de la fabrication d'un jambon sec. La texture est, non seulement, une caractéristique sensorielle majeure, mais elle peut aussi conduire à des problèmes de tranchage en conditions industrielles, si le produit est trop mou ou pâteux. L'indice de protéolyse (IP) peut être mesuré rapidement par fluorescence en utilisant une méthode de marquage spécifiques à la fluorescamine (Harkouss, 2014, 2015). L'évolution de l'indice de protéolyse avec le temps a été mesurée, au laboratoire, et modélisée dans différentes conditions précises de température et d'activité de l'eau (teneurs en sel et en eau).

### Modèles combinés de transferts et de réactions

Des expériences sur les vitamines B ont confirmé les données de la littérature : la thermorésistance de la vitamine B3 et la thermosensibilité de la B6. Ainsi, la perte de vitamine B3 a été prédite directement à partir de la quantité calculée de jus expulsé (ex. : 40,0% pour du *Massetter* cuit 60 min, 17,2% pour du steak cuit 4,37 min, et 29,4% pour du rôti cuit 76 min, le tout pour une température à cœur de 55°C), alors que la dégradation thermique de la vitamine B6 a été ajoutée à la quantité de B6 expulsée dans le jus pour déterminer sa perte totale. Le modèle combiné a été validé lors d'expériences de cuisson-rôtissage en four sur des morceaux de dimensions différentes, puis utilisé pour prédire la perte en vitamines. Les résultats de simulation montrent que, pendant la cuisson de steaks, la perte en vitamines B, est seulement due à l'expulsion du jus, et, est comprise entre 4 et 23% selon le degré de cuisson. Au cours du rôti, la perte de vitamine B3 dans la viande de bœuf se situe entre 25 et 32%, en fonction principalement de la température finale à cœur de la viande (50-70°C), alors qu'elle est comprise entre 32 et 41% pendant le «mijotage» (75-85°C à cœur). Le modèle combiné a été utilisé pour calculer la perte de vitamines B dans beaucoup de conditions pratiques de cuisson. Les données calculées ont été synthétisées afin d'être utilisées par les professionnels.

La qualité du jambon sec a été déterminée à partir des indices de protéolyse (IP) calculés, dont les valeurs ont été comparées, à la fin de l'étape de repos, aux valeurs d'IP mesurées dans des échantillons extraits de vrais jambons de Bayonne. L'évolution de l'IP a été déterminée en utilisant les valeurs calculées de concentrations en eau et en sel au moyen du modèle phénoménologique de protéolyse qui a été construit (Harkouss, 2015). La figure 1 montre que les valeurs prédites d'IP sont logiquement plus faibles dans les zones très sèches et très salées, *i.e.* près de la surface de salage, que dans les zones plus humides et plus faiblement salées (intérieur). Pendant les deux premières semaines du procédé, les valeurs d'IP à l'intérieur du jambon augmentent, jusqu'à atteindre 3-4% (Fig. 1). A la fin de la phase de repos, après 11 semaines de procédé, les valeurs prédites d'IP atteignent 7 à 9%, les valeurs les plus faibles étant toujours prédites dans le groupe de muscles le plus sec et le plus salé, à savoir la "grosse noix". La différence entre les valeurs d'IP atteint 3% entre la "sous-noix" proche de la surface de salage et la "grosse noix" située en profondeur; la valeur d'IP moyenne sur l'ensemble du jambon étant intermédiaire. Ces valeurs d'IP calculées sont globalement en accord avec celles mesurées sur les échantillons extraits de 2 types de muscles (BF et SM) de jambons de Bayonne, à la fin de la phase de repos. Une analyse précise des résultats révèle que la différence en termes d'évolution temporelle de l'IP entre les 3 groupes de muscles apparaît précocement, dès le 2<sup>ème</sup> ou 3<sup>ème</sup> jour de salage.



**Figure 1:** Exemple de représentation de la distribution de l'IP, des teneurs en sel et en eau prédites durant l'étape de salage (moitié et fin).

### Conclusion

La façon dont les modèles de transferts et de réactions peuvent être développés, puis utilisés, a été illustrée dans deux cas : la viande cuite et le jambon sec. Dans le premier cas, les modèles sont simples et rapides et ont été utilisés pour simuler le rendement de cuisson et la perte en micronutriments solubles dans l'eau dans de très nombreuses conditions. Dans le cas du jambon sec, une géométrie 3D complexe du produit, y compris un emplacement précis des différents muscles, a été construite et maillée. Les transferts d'eau et de sel ont été prédits et utilisés pour calculer l'évolution de la protéolyse dans le produit au cours des différentes étapes du traitement. L'approche peut être complétée pour prendre en compte la sécurité sanitaire des produits, en introduisant des modèles de microbiologie prévisionnelle. Plus généralement, l'approche développée dans cet article peut être généralisée à d'autres aliments et d'autres procédés afin d'identifier les scénarios qui permettent d'optimiser la qualité du produit en fonction de l'équipement utilisé.

### Références bibliographiques

Bombrun *et al.* (2014). *Meat Sci*, 96(1), 5-13.  
Harkouss *et al.* (2012). *Meat Sci*, 92(2), 84-88.  
Harkouss *et al.* (2015). *Food Chem*, 166, 522-530.

Kondjoyan *et al.* (2013). *Meat Sci*, 95(2), 336-344.

# ÉTUDE DES CAS DE NON-STABILITÉ A 55°C SUR DES CONSERVES DE PRODUITS CARNES – BILAN 2007-2015

ANDRÉ S., ZUBER F., PLANCHON S.

CTCPA Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles, Unité de microbiologie  
EMaiRIT'S – Expertise dans la Maîtrise du Risque Industriel en Thermorésistants Sporulés, F-84000  
Avignon, France

sandre@ctcpa.org

## Abstract: Non-stability at 55°C of a canned meat product study

In this study, the CTCPA has identified bacterial species - all of them non-pathogenic - responsible for non-stability at 55 °C (incubation for 7 days) in more than 300 samples collected from about fifty French canneries between 2007 and 2015. The samples were spoiled canned meat products (including canned “foie gras”). The species present in these spoiled samples was identified by sequencing or by a tool developed at the microbiology laboratory of the CTCPA for specific detection by PCR (SporeTraQ™). The three genera (*Geobacillus*, *Moorella* and *Thermoanaerobacterium grp*) responsible for a large part of spoiled canned meat products are highly heat-resistant and non-pathogenic.

## Introduction

Le processus de stabilisation microbiologique des aliments en conserve nécessite un traitement thermique suffisant et entraîne l'inactivation totale de toutes les bactéries végétatives et l'inactivation partielle ou totale des spores. Des contrôles de stabilité sont utilisés pour détecter une éventuelle survie de spores suite au traitement thermique appliqué. Pour valider la maîtrise des germes d'altération dans des conditions de température excessive pendant l'entreposage, la stabilité est validée après une incubation à 55°C pendant 7 jours. Elle reflète une maîtrise insuffisante de l'hygiène au cours de la chaîne de transformation des aliments, principalement attribuable à : i) une insuffisance de traitement thermique et/ou ii) la présence de spores hautement thermorésistantes sur les lignes et dans les matières premières, même à faibles concentrations.

La gestion de l'hygiène globale des lignes en conserveries s'appuie donc essentiellement sur le suivi des spores thermophiles avant l'étape de stérilisation. Par conséquent, l'industrie de la conserve doit mieux connaître ces bactéries thermophiles formant des spores et leur origine afin d'assurer une meilleure maîtrise des conditions d'hygiène. Seules quelques rares études maintenant obsolètes ont déterminé l'occurrence des espèces altérantes des conserves. Les objectifs de cette étude étaient d'identifier et suivre l'évolution des espèces bactériennes responsables d'altération de conserves de produits carnés après une incubation à 55 °C pour permettre l'amélioration de leur maîtrise.

## Matériel et méthodes

Depuis plus de 15 ans, les conserveurs français envoient au CTCPA des échantillons de conserves altérées suite à une incubation réalisée à 55°C (norme NF V08-408), afin d'isoler et d'identifier les micro-organismes présents dans les échantillons. Dans cette étude, il est présenté les échantillons analysés entre 2007 et 2015 et appartenant à la catégorie des produits carnés ou produits à base de foie gras (312 échantillons).

Les bactéries sont identifiées, pour *Geobacillus stearothermophilus*, *Moorella thermoacetica/thermoautotrophica* et le groupe *Thermoanaerobacterium* (comprenant les genres *Caldanaerobius*, *Thermoanaerobacter* et *Thermoanaerobacterium*) par une PCR spécifique développée au CTCPA (SporeTraQ™). Pour les autres espèces, l'identification impliquait un séquençage partiel de la région codant l'ARNr 16s.

## Résultats et discussion

L'occurrence des flores bactériennes présentes dans les produits est très dépendante de la matrice alimentaire et de fait, des barèmes appliqués à ceux-ci ; aussi l'étude différencie-t-elle les produits à base de foie gras (VS (Valeur Stérilisatrice) < 3 min) des autres produits carnés (appelé ici produits à base de viande, VS > 3 min).

On constate dans la Figure 1 que les *Bacillus* et *Clostridium* sont plus fréquents dans les conserves de foie gras que dans les autres conserves à base de viande. En effet, les conserves de foie gras subissent des barèmes plus faibles, ce qui explique la présence de germes ayant une thermorésistance faible comparé à *Geobacillus* et *Moorella*, espèces hyper thermorésistantes.

De même, la proportion du groupe *Thermoanaerobacterium* est plus élevée dans les produits à base de foie gras (43%), où elle est d'ailleurs devenue majoritaire depuis 5 ans. Dans le foie gras, seules des espèces du genre

*Thermoanaerobacterium* ont été identifiées, alors que dans les conserves de viandes, les 3 genres du groupe *Thermoanaerobacterium* ont été retrouvés (*Caldanaerobius*, *Thermoanaerobacter* et *Thermoanaerobacterium*). Dans les conserves altérées à base de viande, le genre *Moorella* est majoritaire avec 48% des cas de non stables à 55°C altérés par cette espèce, devant le genre *Geobacillus*. Pour le genre *Moorella*, 100% des isolats appartiennent à une seule espèce (*M. thermoacetica*) et pour le genre *Geobacillus*, 98% des isolats sont de l'espèce *G. stearothermophilus*. Au final, 80% des conserves de viande altérée à 55°C ont pour origine uniquement 2 espèces : *M. thermoacetica* et *G. stearothermophilus*.

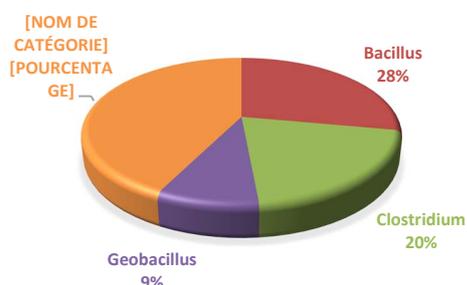


Figure 1 : Répartition des genres isolés dans les conserves altérées à base de foie gras

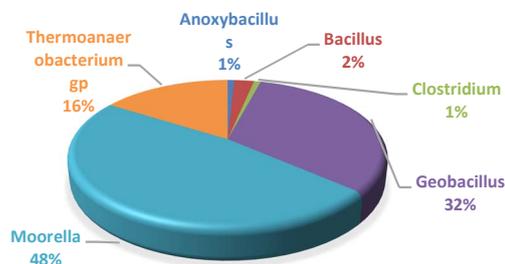


Figure 2 : Répartition des genres isolés dans les conserves altérées à base de viande

On constate dans les deux catégories de produits une évolution de la répartition dans le temps.

On peut observer sur les foies gras (Figure 3), une augmentation du groupe *Thermoanaerobacterium* en remplacement du genre *Clostridium*, ce dernier n'ayant plus été observé depuis 2012.

Dans les produits altérés à base de viande (Figure 4), on constate une tendance à la baisse de *Moorella* et une légère hausse de *Geobacillus*, ces deux genres se trouvant pour l'année 2015 en répartition équivalente. Le groupe *Thermoanaerobacterium* oscille autour des 15% par an.

De manière globale, *Anoxybacillus* n'apparaît que ponctuellement.

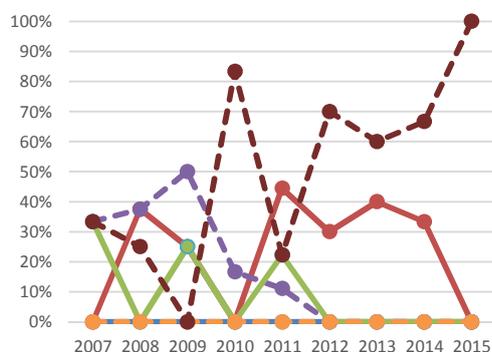


Figure 3 : Evolution selon les années de la répartition des genres dans les conserves altérées à base de foie gras

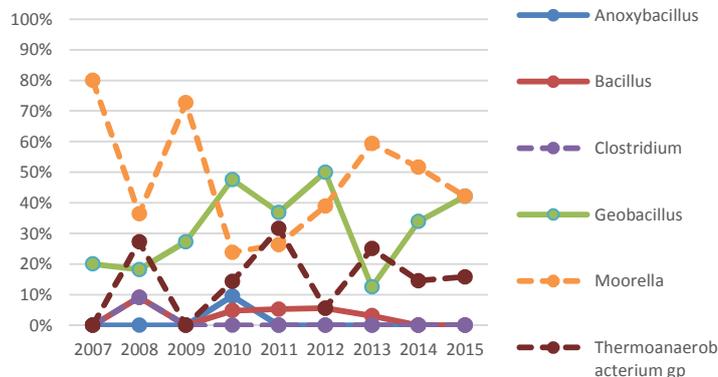


Figure 4 : Evolution selon les années de la répartition des genres dans les conserves altérées à base de viande

## Conclusion

Cette étude synthétise les résultats de 2007 à 2015 sur les causes d'altération de conserves de produits carnés non-stables à 55°C, reposant sur les 312 isolats.

Les microorganismes majoritaires, les genres *Geobacillus*, *Moorella*, et le groupe *Thermoanaerobacterium*, impliqués dans l'altération des conserves étudiées sont tous hautement thermorésistants et non pathogènes. Deux espèces représentent à elles seules 80 % des cas d'altération des produits à base de viande.

Nos résultats confirment que les bactéries thermophiles sont de bons indicateurs d'hygiène des denrées alimentaires en conserves. Le suivi de ces indicateurs dans les matières premières, les ingrédients et les échantillons de lignes de process pourra permettre de mieux déterminer les lieux de contamination dans les conserveries afin de mieux maîtriser l'hygiène.

# PRATIQUES D'ABATTAGE DANS LES ABATTOIRS DE DEUX REGIONS DU SUD ALGERIEN (CAS DE LA VIANDE CAMELINE)

SADOUD M.

Université H. Benbouali de Chlef, Faculté des sciences de la Nature et de la vie, Département de Biologie, Chlef, (02 000), Algérie

m\_sadoud@yahoo.fr

**Abstract: Slaughter practices in slaughterhouses from two regions of southern Algeria (case of camel meat)**

Algerian camel breeding is mainly oriented towards meat production. The regions of Tamanrasset and Ghardaia are considered major consumers of this meat. This study was aimed at determining the slaughter practices of camels in two regions of southern Algeria. The adult camel remains the most depressed category. Indeed, three predominant species were observed in two slaughterhouses with camel species representing around 20% of slaughters after that of sheep with a rate of 75% and that of goats with 5%. The carcass was cut into seven pieces. The veterinarian and his staff carry out a visual examination of carcasses and offal as well as observations of organs (liver, kidney, spleen, lungs) or lymph nodes by incision. Sometimes carcasses and offal are seized due to health problems: in all 21 camels were seized in Tamanrasset and 21 in Ghardaia

## Introduction

L'effectif camelin (dromadaires) en Algérie se situe aux alentours de 315 000 têtes en 2011 (Smili *et al.*, 2014). En effet, Tamanrasset et Ghardaïa sont considérés parmi les régions de première importance pour l'élevage camelin, orienté pour la production de viande et donc comme un pourvoyeur essentiel en protéines animales. L'effectif camelin dans la région de Tamanrasset se situe aux environs de 14 237 têtes dont 50% de chamelles (DSA, 2016), alors que l'effectif dans la région de Ghardaïa est d'environ 11 200 têtes, dont presque 50% de chamelles, et une production de viande de l'ordre de 482 tonnes (DSA, 2016)

La place de la viande cameline demeure négligeable à l'échelle nationale, alors que sa consommation dans les régions sahariennes demeure importante, puisque les camelins participant pour 33% de l'ensemble des abattages en viande rouge (Adamou, 2011).

## Matériel et méthodes

Ce travail s'est déroulé dans les principaux abattoirs des régions d'enquête, et avait pour but de collecter des informations concernant le fonctionnement des abattoirs, les catégories d'animaux abattus, le volume d'abattage, la découpe adoptée, les conditions d'hygiène dans lesquelles se déroulent l'abattage ainsi que le transport des carcasses.

## Résultats et discussion

Les abattoirs de Tamanrasset et Ghardaïa sont les plus importants abattoirs dans le Sud de l'Algérie d'un point de vue production de viandes rouges en particulier de la viande cameline. En effet, celui de Tamanrasset étend sa zone d'approvisionnement sur une superficie très large par rapport à l'abattoir de Ghardaïa, avec 105 830 m<sup>2</sup> contre 6 000 m<sup>2</sup> pour celui de Ghardaïa. Ils comprennent chacun une aire d'attente qui est une zone clôturée et dans laquelle on parque les animaux destinés à l'abattage, une salle bâtie où s'effectuent l'égorgeage des animaux, le dépouillage, l'éviscération, la découpe et le nettoyage et une chambre froide.

La capacité moyenne d'abattage camelin diffère selon les sites, elle est de l'ordre de 55 têtes par jour à Tamanrasset et de 20 têtes à Ghardaïa. Cette quantité est capable d'augmenter ou de diminuer selon la demande.

L'abattoir de Tamanrasset compte 70 personnes réparties entre vétérinaires, régisseurs, sacrificateurs, ouvriers, et gardiens. Le lavage et le transport des carcasses sont effectués par des ouvriers relativement jeunes, en revanche la classe des sacrificateurs est plus âgée. La majorité de cette main d'œuvre est constituée par des travailleurs étrangers (originaire du Mali et du Niger...). En revanche, l'abattoir de Ghardaïa compte 12 personnes, soit 3 fois plus que celui de Tamanrasset, constituées d'une main d'œuvre locale.

Le dromadaire adulte reste la catégorie la plus abattue durant toutes les périodes à l'exception du mois sacré de Ramadhan et de l'Aïd où le chamelon connaît une forte demande. La chamelle n'est abattue que si elle est improductive ou reformée. Après repos et diète hydrique, les dromadaires sont soumis à une inspection *ante mortem* pour permettre l'égorgeage du dromadaire. En effet, les modalités d'abattage consistent généralement en une contention de l'animal en position accroupie avec la tête tirée sur le côté vers l'arrière. Puis l'égorgeur va saigner l'animal avec un geste bien précis en enfonçant son couteau préalablement bien aiguisé dans la fossette sur sternale puis sectionne tout le collier. Le dépouillement est l'étape qui suit la saignée, complété par l'éviscération, ensuite la découpe, puis enfin l'inspection

*post-mortem*. Dans les abattoirs des deux régions, la carcasse est alors découpée en 7 parties qui sont : le collier, les deux épaules, la partie dorso-thoracique, la partie dorso-lombaire et les deux cuisses.

Ce sont les bouchers eux-mêmes qui se chargent de l'évacuation de leurs carcasses après estampillage, soit au moyen de camionnettes, soit de camions réfrigérés

Le nombre de camelins abattus varie d'une année à l'autre et ce suivant la demande du marché de Tamanrasset et de Ghardaïa. En effet, 3 espèces abattus dans les deux régions prédominent. Ce sont les espèces ovine, caprine et cameline. A Tamanrasset, l'espèce cameline a représenté 17% du total de viande produite à l'abattoir durant la période 2012-2015 et se trouve au 2<sup>ème</sup> rang après la viande de l'espèce ovine qui représente le taux le plus élevé, soit une moyenne de 75%, puis celui de l'espèce caprine qui représente un taux de l'ordre de 6%. De même, pour les activités d'abattage dans l'abattoir de Ghardaïa, on enregistre un taux d'abattage de l'espèce cameline représentant 22% du total abattu, après celui de l'espèce ovine qui représente un taux de 56% puis vient l'espèce caprine avec un taux de l'ordre de 20%. L'espèce bovine représente un taux négligeable comparativement aux autres espèces.

L'effectif camelin abattu dans les deux régions est semblable, aux alentours de 9 500 têtes dans chacune des régions, soit une moyenne mensuelle de 800 têtes camelines environ. Ce niveau demeure élevé, suite à la forte demande par les consommateurs de cette viande pour des raisons thérapeutiques et aussi de consommation. Le vétérinaire et ses agents procèdent à une inspection *ante-mortem* de manière systématique sauf en cas d'épidémie où ces visites auront lieu dans les parcs à bestiaux de l'abattoir, alors que l'inspection *post-mortem*, quant à elle, est obligatoire et généralisée pour tous les animaux. Elle consiste en un examen visuel des carcasses et de leurs abats ainsi qu'à des observations d'organes (foie, rein, rate, poumons) ou de ganglions lymphatiques par incision.

Au niveau des abattoirs concernés par l'étude et durant l'année 2015, une carcasse cameline a été saisie dans la région de Tamanrasset, due à un problème de tuberculose et 2 carcasses dans la région de Ghardaïa, pour des problèmes de Cachexie. Pour ce qui est de la saisie des abats, 4 camelins ont été touchés par le problème d'un kyste hydatique du cœur dans la région de Tamanrasset et 7 cas dans celle de Ghardaïa. Aussi, 12 camelins ont été concernés par d'autres problèmes sanitaires du poumon et 3 dans la région de Ghardaïa. Enfin, 5 camelins ont été touchés par autres problèmes sanitaires que kyste et tuberculose dans la région de Tamanrasset. En totalité 21 camelins ont été concernés par la saisies de leurs abats dans la région de Tamanrasset, soit 0.3% du total abattu et 15 dans la région de Ghardaïa, soit 0.16% du total abattu.

## Conclusion

Dans les deux régions du Hoggar et de Ghardaïa, la viande du dromadaire semble, pour des raisons coutumières, être appréciée, notamment par la population autochtone. Le dromadaire adulte reste la catégorie la plus abattue durant toutes les périodes de l'année à l'exception du mois du Ramadhan où le chameleon connaît une forte demande. L'animal destiné à l'abattage subit un contrôle *ante-mortem* et *post-mortem*. Puis, la carcasse est découpée en 7 pièces. On assiste à un retrait partiel ou total de la carcasse et d'organes en raison des parasitoses ou des maladies infectieuses qui sont à l'origine des saisies.

## Références bibliographiques

Adamou A., (2011). Développement de la filière viande cameline pour la sécurité alimentaire des populations du Sahara algérien. L'effet du changement climatique et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb. Université de Ouargla, Algérie.

DSA (2016). Direction des services agricoles de la wilaya de Tamanrasset.

DSA (2016). Direction des services agricoles de la wilaya de Ghardaïa.

Smili H., Gagaoua M., Becila S., Ider M., Babelhadj B., Adamou A., Picard B., Ouali A., Boudjellal A. (2014). Exsudation de la viande de dromadaire. Etude préliminaire de l'exsudation de la viande cameline chez le dromadaire algérien de la population sahraoui. Viandes et Produits Carnés VPC-2014-30-5-5. [http://www.viandesetproduitscarnes.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=585:exsudation-de-la-viande-de-dromadaire&catid=89&Itemid=466&lang=fr](http://www.viandesetproduitscarnes.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=585:exsudation-de-la-viande-de-dromadaire&catid=89&Itemid=466&lang=fr)

# APTITUDE AU CONTACT ALIMENTAIRE DES MATERIAUX D'EMBALLAGE : CAS DES PRODUITS CARNES TRAITES PAR HAUTES PRESSIONS

SAILLARD P. <sup>1</sup>, DURANTON F. <sup>2</sup>, ZUBER F. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> CTCPA, Technopole Alimentec, rue Henri de Boissieu 01060 Bourg-en Bresse Cedex

<sup>2</sup> CTCPA, 64, rue de la Géraudière, BP 62241 - 44322 Nantes Cedex

<sup>3</sup> CTCPA, Site Agroparc, 449 Avenue Clément Ader, BP21203, 84911 Avignon Cedex 9

psaillard@ctcpa.org

## Abstract: Packaging materials: food contact compliance for high pressure treated meat products

High Pressure Assisted Pasteurization (HPAP) was applied on packaged meat products (Foie Gras with high protein and lipid content), in order to ensure compliance with the Novel Food regulation requirements. ANSES guidelines for high pressure processed products, require to assess (i) no significant impact of HPP on migration from food packaging materials, and (ii) no “non-intentionally added substances (NIAS)” inducing potential safety concerns are produced by HPAP. We measured specific migrations, from polypropylene (PP), voluntarily added with a set of functional additives (irgafos 168®, irganox 1076®, erucamide, tinuvin 326®, chimasorb 81®), to food simulants (ethanol 10% and olive oil) under several conditions: thermal pasteurization (30 min to 1 hour at 70 °C) or HPAP treatment (20 °C or 70 °C, 600 MPa, 15 to 30 min). Aliquots of material were treated without contact with simulants, before extraction with organic solvent and GC-MS analysis, to assess if byproducts (NIAS) were produced and to measure the additive concentrations. There was no significant difference between specific migration levels induced by HPAP treatment compared to a standard pasteurization. Furthermore, no degradation of selected functional additives linked with the HPAP treatment was highlighted. These results confirmed the absence of detrimental effects of HPAP treatments on the migration and stability of additives added in polypropylene material, therefore confirming the regulation compliance of such processing conditions and packaging material for their use in High Pressure processing applied to meat products.

## Introduction

La décontamination par hautes pressions (entre 200 et 600 MPa) d'un aliment emballé, couplée à un traitement thermique à température réduite (entre 30 et 70 °C), offre l'opportunité d'utiliser l'effet de la pression en vue d'atteindre des efficacités pasteurisatrices équivalentes à celles obtenues au moyen de traitements thermiques «classiques ». Ces traitements de Pasteurisation Assistée par Hautes Pressions (PAHP) offrent ainsi des conditions moins drastiques en termes de couple temps / température que les traitements conventionnels, pour une meilleure préservation des qualités sensorielles des aliments conditionnés. Les traitements par HP à basses températures (<30°C) sont par ailleurs désormais très largement utilisés pour un grand nombre de denrées alimentaires, dont de très nombreux produits carnés. Les aliments traités par hautes pressions sont toutefois régis par la réglementation européenne sur les Nouveaux Aliments. Au niveau français, l'ANSES s'est autosaisie pour établir en 2010<sup>1</sup> des lignes directrices à destination de l'industrie pour évaluer l'efficacité antimicrobienne et vérifier l'innocuité, de tels traitements sur le couple emballage produit.

Concernant l'impact sur l'emballage, les exigences de l'ANSES peuvent être résumées sur deux points à savoir:

- ✓ démontrer s'il n'y a pas de différence significatives entre les valeurs de migration globale et/ ou spécifique, avant versus après traitements hautes pressions et considérant les exigences de tests du règlement 10/2011/EC.
- ✓ étudier s'il n'y a pas de genèse de néoformés en lien avec le traitement haute pression.

Le CTCPA a étudié l'application du procédé à un produit carné de forte valeur ajoutée : le foie gras. Cette matrice riche en protéines et en lipide est représentative des produits carnés pour l'évaluation de la conformité des traitements PAHP aux exigences de la réglementation.

## Matériels et méthodes

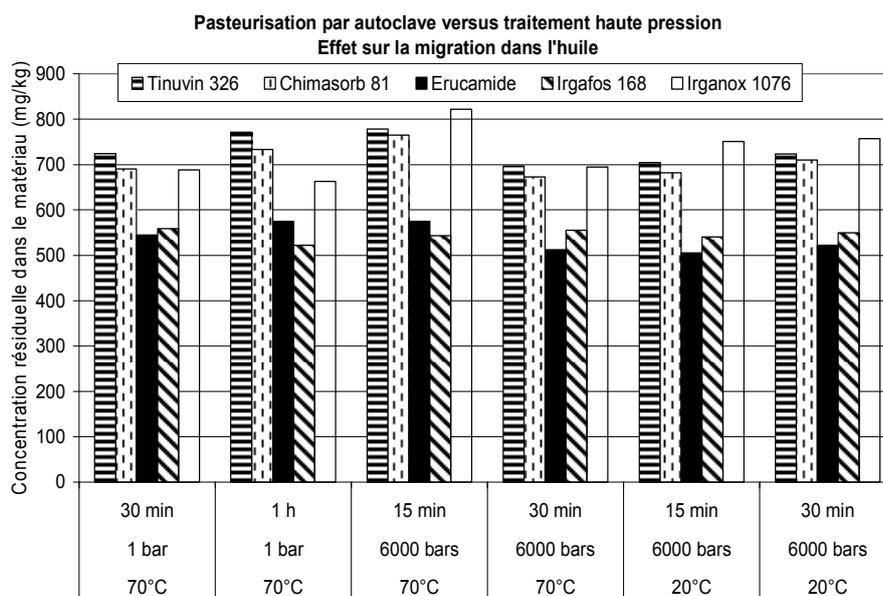
Un polypropylène a été formulé avec 5 additifs fonctionnels ; 2 antioxydants (irgafos 168®, irganox 1076®), un anti statique (érucamide), deux anti-UV (tinuvin 326®, chimasorb 81®). Un aliquote du matériau formulé est placé dans un sachet plastique calibré, de composition connue et maîtrisée, rempli de simulant alimentaire, respectivement éthanol à 10% et huile d'olive, puis hermétiquement scellé. Quatre traitements PAHP à 600 MPa ont été testés : 15 ou 30 min à 70 °C ; 15 ou 30 min à 20°C, *versus* deux traitements « classiques » en autoclave (sous 1 bar), soit 30 ou 60 min à 70 °C. *Les traitements de 15 et 30 minutes à 70°C couvrent avec une marge de sécurité suffisante, les conditions des traitements PAHP proposés pour le foie gras (65°C/600 MPa/10 min).* Le procédé PAHP à moyenne température est appliqué dans une enceinte en acier inoxydable de 3 L thermostatée. Les produits, conditionnés en emballages plastiques souples, sont préchauffés en bain marie. Après remplissage de l'enceinte, une pompe hautes pressions envoie très rapidement (50 bars /s) un fluide de pressurisation (eau sans additifs) dans l'enceinte. Lors de la montée en

<sup>1</sup> Anses – Saisine n° 2010-SA-0193, Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail concernant les traitements par hautes pressions hydrostatiques sur des aliments emballés ; 30 août 2010

pression, les produits ainsi que l'eau de l'enceinte montent en température (compression adiabatique). Le cycle de traitement est ainsi divisé en : (i) un préchauffage ; (ii) une montée en pression ; (iii) un palier de traitement ; et (iv) une dépressurisation avec pré-refroidissement adiabatique instantané. *Toutes les températures indiquées sont les températures atteintes à 600 MPa.* Compte tenu de difficulté analytique à mesurer ces additifs dans les milieux simulants et plus spécifiquement dans l'huile, l'effet des traitements sur la migration a été évalué via la mesure des concentrations résiduelles dans le PP après traitement. Pour l'étude de potentielles « substances néoformés » par action des hautes pressions sur le matériau, celui-ci est enveloppé de papier d'aluminium puis placé dans le sachet *sans liquide simulateur au contact*. Le sachet est ensuite thermoscellé sous vide puis traité par haute pression et comparativement en autoclave. Le matériau est ensuite extrait par un solvant organique avant analyse de l'extrait par GC-MS.

## Résultats

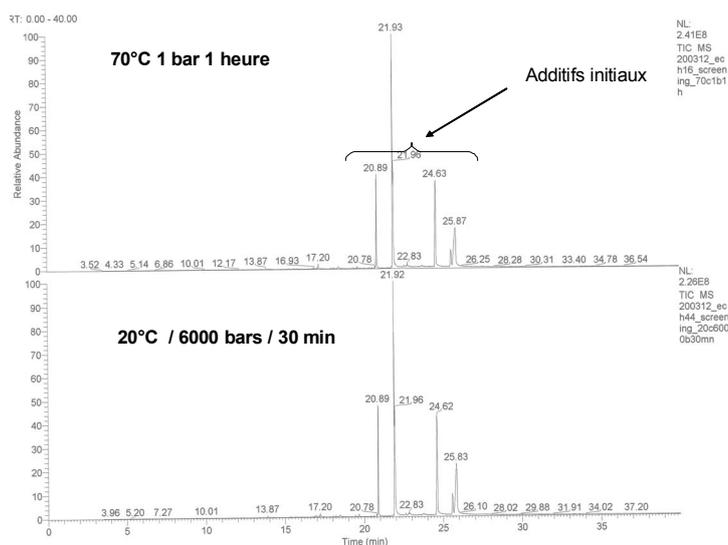
Aucune différence en termes de migration (pas de variation des concentrations résiduelles dans les matériaux) n'a été observée entre un matériau traité par autoclave ou traité par hautes pressions et ce, à la fois lors d'un contact avec l'huile d'olive ou avec l'éthanol 10% (Figure 1 : cas de l'huile).



**Figure 1 :** Concentrations résiduelles des additifs fonctionnels dans le polymère après pasteurisation en autoclave versus PAHP, en présence du simulant huile d'olive

Par ailleurs, il est constaté l'absence de genèse de composés néoformés en quantité significative dans le polypropylène additivé. L'analyse spectrale des extraits organiques réalisés sur les matériaux après traitement confirme l'absence de dérivés « néoformés » en quantité significative. Les dérivés principaux identifiés sont les additifs de départ (Figure 2)

**Figure 2 :** Chromatogrammes obtenus après analyse par GC-MS d'un extrait au dichlorométhane du polypropylène après traitement thermique et traitement par hautes pressions.



## Conclusion

Ces résultats confirment l'absence d'effet observable de la pasteurisation par hautes pressions sur la stabilité des additifs initialement formulés dans le polypropylène, et la possible utilisation de ce matériau pour ces traitements, conformément aux recommandations de l'ANSES

*Travaux réalisés avec le soutien financier de FranceAgriMer et du Cifog*

# EFFETS DES HAUTES PRESSIONS SUR L'OXYDATION DES LIPIDES ET DES PROTEINES DU JAMBON CUIT

RAKOTONDRAMAVO A., GUYON C., de LAMBALLERIE M., POTTIER L.

UMR GEPEA, ONIRIS, CS 82225, 44322 Nantes cedex 3 France

anja-muriel.rakotondramavo@oniris-nantes.fr

**Abstract: Effect of high pressure processing on lipid and protein oxidation of cooked ham**

This study investigated the effect of high pressure processing on lipid and protein oxidation in "French top quality cooked ham" (pork meat, salt 1.76%, lactose 0.22%, nitrite 25 ppm, sucrose 0.07%), vacuum-packed and pressure-treated (500 MPa, 20° C, 5 min). The oxidative stability of samples was determined by assaying 2-thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) for lipids and by derivatization with 2, 4-dinitrophenylhydrazine (DNPH) for proteins throughout 21 days of chilled storage. The results show that pressure has no significant effect on the level of protein oxidation whatever the chilled storage duration. Similarly, the high pressure treatment has no effect on lipid oxidation level but the kinetics of the reaction is greatly accelerated during storage.

## Introduction

Le traitement par hautes pressions est considéré comme un moyen de préservation des aliments qui permet de stabiliser la viande et les produits carnés en inactivant les microorganismes sans élévation de la température. Cependant, le traitement par hautes pressions peut induire des modifications sur les lipides et les protéines et ainsi contribuer à leur oxydation en favorisant la formation de radicaux libres. En effet, les réactions d'oxydation conduisent à la dégradation non-microbienne des produits à base de viande. Si l'intérêt pour l'oxydation des protéines est plus récent, l'oxydation des lipides est étudiée de façon plus approfondie dans la viande parce que les produits de la réaction, notamment les aldéhydes, peuvent réagir facilement avec des protéines. (Guyon *et al.*, 2016). L'oxydation des lipides contribue au développement de composés aromatiques qui affectent les qualités sensorielles de la viande et des produits carnés (Calkins et Hodgen, 2007 ; Simonin *et al.*, 2012). Par ailleurs, l'oxydation des protéines entraîne non seulement la détérioration de la couleur et de la texture, mais également la perte de nutriments tels que les acides aminés essentiels, et la diminution de la digestibilité des protéines (Xiong, 2000). Ainsi, l'évaluation de l'oxydation des lipides et des protéines de la viande et des produits transformés à base de viande permettrait d'expliquer les modifications fonctionnelles et nutritionnelles de la viande après traitement par hautes pressions, afin d'adapter la formulation des produits pour pallier cette oxydation. Le présent travail consiste à évaluer l'effet d'un traitement par hautes pressions sur l'oxydation de jambon cuit français type « supérieur ».

## Matériel et méthodes

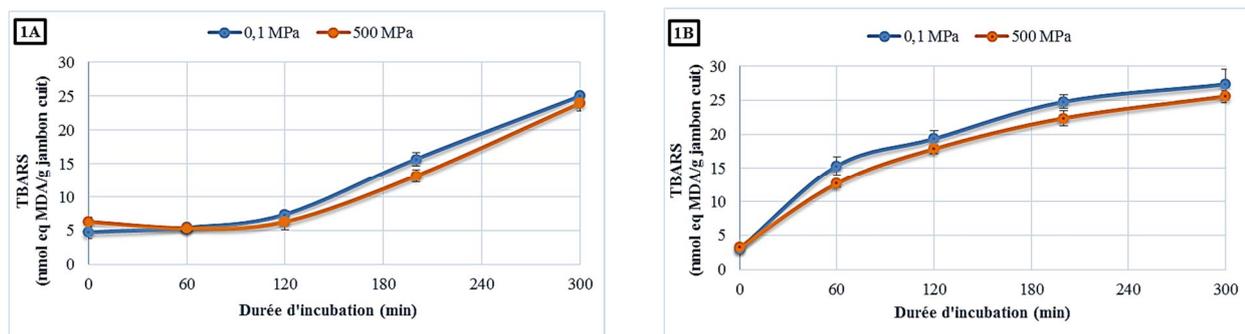
Préparation du jambon cuit : le jambon cuit a été préparé selon Thomas *et al.*, (2013) avec une saumure composée de sel : 1.76% m/m; de lactose : 0.22% m/m; de saccharose : 0.07% m/m et de nitrite : 25ppm (taux d'injection : 10%). Les échantillons ont ensuite été cuits, cubés, conditionnés sous vide puis traités par hautes pressions (500 MPa, 20 °C, 5 minutes) et stockés à 4 °C pendant 21 jours. Les analyses d'oxydation ont été effectuées à J1 et J21.

Evaluation de l'oxydation des lipides : l'oxydation des lipides a été déterminée par dosage des substances réagissant avec l'acide 2-thiobarbiturique (TBARS). La peroxydation des lipides a été stimulée avec du sulfate de fer et une incubation à 37 °C pendant 300 minutes. A des temps donnés (0, 60, 120, 200 et 300 minutes), des prélèvements ont été réalisés pour les mesures de TBARS. Les TBARS sont exprimés en nmol de malonaldéhyde par gramme de jambon cuit (Guillevic *et al.*, 2009).

Evaluation de l'oxydation des protéines : l'oxydation des protéines a été déterminée par dosage des composés carbonylés réagissant de façon spécifique avec le DNPH. Après homogénéisation avec du KCl 0,6 M, 1 ml d'acide trichloracétique (TCA) 10% (w/v) est ajouté à 100 µl d'homogénat protéique puis centrifugé (10000 g, 5 min, 4 °C). Le culot protéique est repris dans 0,8 ml de DNPH à 0,2 % (w/v) dans l'acide chlorhydrique à 2 M. L'échantillon est alors mis sous agitation à 2000 tours/min (Génie Disruptor, Deutsch) à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 1 heure. Les protéines sont ensuite précipitées par addition de 0,7 ml de TCA 10% puis centrifugées (10000 g, 5 min, 4 °C). Le culot est ensuite lavé trois fois avec 1 ml d'éthanol / acétate d'éthyle (v/v) puis séché pendant 1h sous hotte, 1 ml de guanidine 6 M est ajouté pour dissoudre le culot et le mélange est agité à 2000 tours/min pendant 30 minutes. Après centrifugation, l'absorbance est mesurée entre 250 et 500 nm (par rapport à de la guanidine 0.6M). Les concentrations de DNPH ont été exprimées en µmol de composés carbonylés par gramme de protéines.

## Résultats

L'évolution de la teneur en TBARS au cours du stockage du jambon cuit traité par hautes pressions est présentée sur la Figure 1 ; et celle de la concentration en DNPH dans le Tableau 1.



**Figure 1 :** Evolution de la concentration en TBARS (nmol équivalent MDA/g) du jambon cuit au cours de l'incubation (37 °C, 300 min) à J1 (Figure 1A) et J21 (Figure 1B)

**Tableau 1 :** Evolution de la concentration en DNPH ( $\mu\text{mol}$  de composés carbonylés/g de protéine) du jambon cuit au cours du stockage (J1 et J21).

Durée de stockage (jours)	Pression (MPa)	DNPH ( $\mu\text{mol}$ composés carbonylés/g de protéines)
J1	0.1	$1.15 \pm 0.10$
	500	$1.37 \pm 0.40$
J21	0.1	$1.08 \pm 0.10$
	500	$1.04 \pm 0.17$

## Discussion

Hautes pressions et oxydation des lipides : le traitement par hautes pressions n'induit pas l'oxydation des lipides et le niveau d'oxydation reste inchangé au cours du stockage. Au premier jour de stockage, la concentration en MDA reste stable jusqu'à 120 min d'incubation, puis augmente (Figure 1A) jusqu'à la fin de la période d'incubation (300 min). Par ailleurs, après 3 semaines de stockage (Figure 1B), l'oxydation des lipides est fortement accélérée dès le début de l'incubation mais le niveau final d'oxydation à 300 min reste inchangé (seule la cinétique varie).

Hautes pressions et oxydation des protéines : le traitement par hautes pressions n'a pas d'effet significatif sur l'oxydation des protéines. La teneur en composés carbonylés est quasiment identique entre J1 et J21. Le produit étudié ici étant un jambon cuit, l'effet de la pression serait donc moins important que dans la viande crue puisque les protéines sont déjà dénaturées au cours de l'étape de cuisson.

## Conclusion

Les résultats montrent que le traitement par hautes pressions (500 MPa, 20 °C, 5 min) n'a pas d'effet significatif sur l'oxydation des lipides et des protéines du jambon cuit au cours des 21 jours de stockage. Cependant, au premier jour de stockage, les courbes d'oxydation des lipides présentent une période d'initiation jusqu'à 120 min d'incubation tandis qu'après 3 semaines de stockage, la cinétique d'oxydation débute dès l'incubation. Les hautes pressions accélèreraient donc l'oxydation des lipides du jambon cuit sans pour autant augmenter le niveau d'oxydation. Ainsi, dans ce type de produit carné, le traitement par hautes pressions n'augmente pas le niveau d'oxydation des lipides comme dans certains produits à base de viande (Guyon *et al.*, 2016).

En effet, BARBA F.J. *et al.* (2015) ont montré que le traitement par hautes pressions déclencherait l'oxydation des lipides par une meilleure accessibilité du fer à partir de l'hémoprotéine. Il serait ainsi intéressant d'étudier la disponibilité du fer en fonction du traitement hautes pressions et de la teneur en nitrites.

## Références

- Barba F.J., Terefe N.S., Buckow R., Knorr D., Orlie, V. (2015). *Food Res. Int.*, 77, 725–742.  
 Calkins C.R., Hodgen J.M. (2007). *Meat Sci.*, 77, 63-80.  
 Guillevic M., Kouba M., Mourot J. (2009). *Meat Sci.*, 81, 612–618.  
 Guyon C., Meynier A., de Lamballerie M. (2016). *Trends Food Sci. Tech*, 50, 131–143.  
 Simonin H., Durantont F., de Lamballerie M. (2012). *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 11, 285–306.  
 Thomas C., Mercier F., Tournayre P., Martin J.-L., Berdague J.-L. (2013). *Food Chem.*, 139, 432–438.  
 Xiong Y.L. (2000). Decker A, Faustman C, Lopez-Bote CJ, (Eds). New York: Wiley, 85–111.

# WET-AGING VS. DRY-AGING : INFLUENCE SUR LA TENDRETÉ ET LA STABILITÉ OXYDATIVE DES VIANDES CHAROLAISES

IMAZAKI P. H.\*, TEIXEIRA GONÇALVES A., KRANTZ M., THIMISTER J., CLINQUART A.

Université de Liège, Département de Sciences des Denrées alimentaires & FARAH, Avenue de Cureghem 10, 4000 Liège, Belgique

\*PH.Imazaki@ulg.ac.be

## Abstract : Influence of aging technique on tenderness and oxidative stability of Charolais beef

The aim of this study was to compare the effect of aging conditions (dry-aging vs. wet-aging) and time (7, 28, 49 and 70 days) on tenderness, color and lipid stability of Charolais beef. Three *longissimus dorsi* of Charolais cows were dry- or wet-aged for up to 70 days at 2 °C. At different times, part of these samples was cut into steaks, vacuum packaged and stored for 4 days at 4 °C + 8 days at 8 °C. The following parameters were evaluated at different intervals: pH, tenderness (Warner–Bratzler peak shear force), color (CIE L\*a\*b\*), myoglobin oxidation (K/S<sub>572</sub>:K/S<sub>525</sub> ratio) and lipid oxidation (TBARS). No difference in tenderness was observed between the two aging techniques. The sensitivity of samples to oxidation was influenced by the aging technique (wet-aging > dry-aging). For the studied samples, aging beyond 28 days could be considered excessive from an organoleptical point of view.

## Introduction

Le processus de maturation est un phénomène qui se produit naturellement dans le muscle, qu'il soit exposé à l'air ou emballé sous vide (SV), et qui améliore les attributs de palatabilité de la viande, tels que la flaveur et la tendreté. Lors de la transformation du muscle en viande, les protéines et lipides sont partiellement dégradés en composés plus petits qui accentuent le goût et l'arôme de la viande. De plus, l'hydrolyse de certaines protéines myofibrillaires, notamment par les calpaïnes, contribue à l'attendrissement de la viande.

Deux approches sont utilisées pour la maturation de la viande bovine : la maturation de la viande conditionnée sous vide ou *wet-aging* (MV), et la maturation de la viande nue sous atmosphère contrôlée en humidité ou *dry-aging* (MD). L'approche industrielle repose souvent sur une MV des pièces techniques, suivie d'un portionnage et d'un reconditionnement. La MD est l'approche traditionnelle qui est appliquée de nos jours pour la maturation de pièces techniques nobles afin de produire une viande caractérisée par sa qualité supérieure.

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 plusieurs mécanismes cellulaires de protection contre les processus d'oxydation, en particulier 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 durée (7, 28, 49 et 70 jours) et de la technique de maturation (MD vs MV) sur la tendreté et la stabilité physico-chimique de la viande.

## Matériel et méthodes

Sept jours après l'abattage, trois trains de côtes (TC) de deux vaches Charolaises ont été fournis par un établissement de distribution de viande situé en Wallonie (J<sub>0</sub>). Chaque train de côte a été divisé en deux parties égales. Trois demi TC ont été désossés et le muscle *longissimus dorsi* découpé en quatre morceaux qui ont été emballés sous vide et maturés à 2 °C pendant 70 jours. Les trois autres demi TC ont été maturés durant la même durée selon la méthode *dry aging* à la même température dans une chambre de maturation à plusieurs étagères à 75 % d'humidité relative. Les analyses ont été réalisées tous les 21 jours sur le muscle *longissimus dorsi* à partir du 7<sup>ème</sup> jour de maturation (J<sub>7</sub>, J<sub>28</sub>, J<sub>49</sub> et J<sub>70</sub>). De plus, à partir du 28<sup>ème</sup> jour de maturation, tous les 21 jours, une partie des échantillons a été découpée en tranches de 3 cm d'épaisseur, conditionnées sous vide et conservées pendant 4 jours à +4 °C puis 8 jours à +8 °C afin de simuler les conditions de distribution et de conservation de portions consommateur. Ces échantillons ont été analysés aux J<sub>28+12</sub>, J<sub>49+12</sub> et J<sub>70+12</sub>.

Le pH a été mesuré selon la méthode ISO 2917:1999 (méthode non destructive) à l'aide d'un pH-mètre Knick type 765 et d'une électrode combinée Mettler-Toledo LoT406-M6-DXK-S7/25. La mesure de la force maximale de cisaillement selon la méthode Warner Bratzler (WBPSF) a été réalisée selon la méthode décrite par Leroy *et al.* (2004). La couleur a été déterminée 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<sub>65</sub>, 10° d'angle d'observation) et exprimée dans l'espace C.I.E. L\*a\*b\*. L'oxydation de la myoglobine a été évaluée sur base du ratio K/S<sub>572</sub>:K/S<sub>525</sub> et exprimée en proportion de myoglobine sous forme oxydée (metmyoglobine). 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 selon les méthodes décrites par Imazaki *et al.* (2014).

## Résultats et discussion

Le pH du muscle *longissimus dorsi* était de  $5,50 \pm 0,02$  et de  $5,50 \pm 0,04$  après sept jours de MD ou MV, respectivement. Après 70 jours de maturation une modification de ces valeurs a été observée ( $P < 0,05$ ). Les échantillons ayant subi une MD ont atteint un pH de  $5,65 \pm 0,05$  et ceux ayant subi une MV ont atteint un pH de  $5,35 \pm 0,07$ . Cette différence de pH entre les deux modes de maturation a également été observée durant la conservation des portions consommateur sous vide à  $+4^{\circ}\text{C}$  (4 jours) et  $+8^{\circ}\text{C}$  (8 jours). Des conditions d'aérobiose favorisent la croissance de bactéries protéolytiques telles que *Pseudomonas* (Gill et Newton, 1982). Ces bactéries produisent des composés tels que l'ammoniac et des amines (Ingram et Dainty, 1993), et pourraient avoir contribué au pH plus élevé observé à la fin de la MD. En absence d'oxygène, la population bactérienne est constituée principalement de bactéries lactiques. La production d'acide lactique par celles-ci pourrait avoir contribué au pH plus faible observé dans les échantillons après une MV.

La WBPSF était de  $35,7 \pm 5,6$  N après sept jours de MD, de  $27,1 \pm 5,6$  N après 28 jours et n'a plus évolué ultérieurement. Pour les échantillons ayant subi une MV, la WBPSF était de  $33,4 \pm 5,6$  N après sept jours de maturation et cette valeur n'a plus varié significativement jusqu'au 70<sup>ème</sup> jour. La maturation est un processus qui améliore non seulement la tendreté de la viande, mais aussi sa flaveur, même au-delà de plusieurs semaines. Même si la tendreté des échantillons étudiés n'a pas varié après 28 jours, la maturation pourrait apporter des améliorations au niveau sensoriel. Toutefois, des périodes de maturation trop longues pourraient affecter la jutosité de la viande. Pour produire une viande présentant un équilibre tendreté/flaveur/jutosité optimal, Perry (2012) suggère une période de MD allant de 50 à 80 jours.

Les valeurs de la chromaticité  $a^*$  après sept jours de MD ou MV étaient de  $20,4 \pm 0,9$  et de  $19,8 \pm 0,6$ , respectivement. Ces valeurs sont restées stables jusqu'au 70<sup>ème</sup> jour, quelle que soit la technique de maturation. Après 70 jours de maturation et 12 jours de conservation sous vide en portions consommateur (4 jours à  $+4^{\circ}\text{C}$  puis 8 jours à  $+8^{\circ}\text{C}$ ), un effet de la technique de maturation a été observé : les échantillons ayant subi une MD se sont montrés plus stables que les échantillons ayant subi une MV ( $P < 0,05$ ). Cette observation a été confirmée par l'évaluation de l'oxydation de la myoglobine sur base du ratio  $\text{K/S}_{572}:\text{K/S}_{525}$  (les valeurs plus faibles indiquent une proportion de metmyoglobine plus importante en surface). Après une durée de 70 jours de MD ou MV suivie de 12 jours sous vide (4 jours à  $+4^{\circ}\text{C}$  puis 8 jours à  $+8^{\circ}\text{C}$ ), les échantillons ont présenté un ratio  $\text{K/S}_{572}:\text{K/S}_{525}$  de  $1,36 \pm 0,04$  et  $1,25 \pm 0,04$ , respectivement. Contrairement à l'oxydation de la myoglobine, l'oxydation des lipides – évaluée sur base de la concentration en TBARS – n'a pas été influencée par la méthode de maturation. Cependant, après 49 jours de maturation, plusieurs échantillons ont dépassé le seuil d'acceptabilité de 1,0 meq MDA/kg, à partir duquel on considère que les consommateurs rejeteraient le produit (Raharjo et Sofos, 1993).

La technique de maturation n'a pas influencé l'activité des enzymes antioxydantes étudiées (CAT, GSH-Px et SOD). Une diminution de l'activité de la SOD a été observée à partir du 49<sup>ème</sup> jour de maturation quelle que soit la technique utilisée ( $P < 0,05$ ), ce qui pourrait expliquer partiellement la prédisposition de certains échantillons à l'oxydation durant la conservation en portions consommateur.

## Conclusion

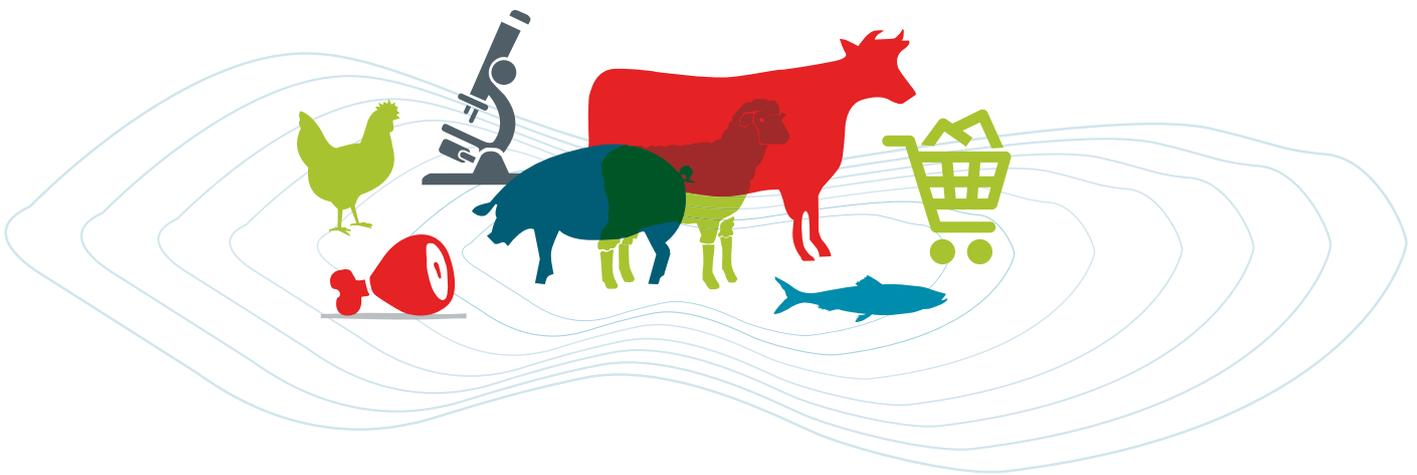
Cette étude a permis de mettre en évidence une influence du mode de maturation sur la sensibilité des viandes à l'oxydation : les viandes maturées sous vide se sont montrées plus sensibles que celles qui ont été soumises à une maturation *dry aging*. Pour les échantillons étudiés, une maturation au-delà de 28 jours pourrait être considérée comme excessive du point de vue de l'acceptabilité du produit par les consommateurs.

## Références bibliographiques

- Gill C.O., Newton K.G. (1982). *Appl. Environ. Microbiol.*, 43 : 284-288.  
Imazaki P., Tahiri A., Thimister J., Scippo M.-L., Clinquart A. (2014). 60<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology, Punta del Este.  
Ingram M., Dainty R. (1993). *J. Appl. Microbiol.*, 34 : 21-39.  
Leroy B., Lambotte S., Dotreppe O., Lecocq H., Istasse L., Clinquart A. (2004). *Meat Sci.*, 66 : 45-54.  
Perry N. (2012). *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 1 : 78-80.  
Raharjo S., Sofos J.N. (1993). *Meat Sci.*, 35 : 145-169.



**16<sup>èmes</sup> Journées  
Sciences du Muscle  
et Technologies des Viandes**



**SESSION 7**

**« Impact environnemental  
des filières viande »**



# L'ALLOCATION BIOPHYSIQUE, UNE ALTERNATIVE POUR LA REPARTITION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DES PRODUITS CARNES

WILFART A. <sup>1</sup>, CHEN X. <sup>1</sup>, PUILLET L. <sup>2</sup>, AUBIN J. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> UMR SAS, INRA, AGROCAMPUS OUEST, 35000 Rennes, France

<sup>2</sup> UMR MOSAR, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75005, Paris, France

aurelie.wilfart@inra.fr

**Abstract : The biophysical allocation, an alternative for environmental impact distribution in LCA of beef cattle.**

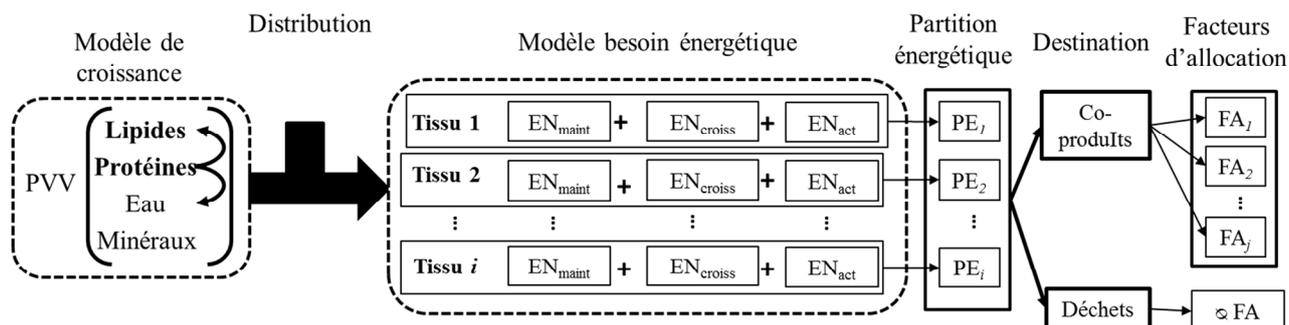
In agricultural life cycle assessment (LCA), the choice of allocation methods to spread out impacts between coproducts is an important issue, since they may lead to different conclusions on impact levels. We proposed a biophysical allocation method to distribute the upstream environmental burdens and to account for the use of body-related coproducts of beef cattle as raw materials for industries after the slaughterhouse stage. The method is based on the relationship between beef cattle coproducts and their associated net energy requirements for tissue growth. The method takes into account the energy building costs, cumulated from birth until slaughter age. To compute these costs, a metabolic growth model (Gompertz function) was combined with an energy model. The allocation factors were calculated based on the energy requirements required to build body tissues characterized by their chemical compositions (protein and lipid), excluding waste. Finally, this method was compared with other allocation methods. The biophysical allocation reflects a physical and biological relationship between the coproducts as required by the ISO standard. It provided a moderate allocation factor for human food due to their chemical characteristics compared to the other physical allocation methods. This study provides a generic and robust biophysical allocation method to handle the coproducts in the beef cattle system.

## Introduction

De nombreux systèmes agricoles et industriels produisent de multiples produits au travers de leurs différents processus. Allouer la charge environnementale et l'utilisation des matières premières à ces différents coproduits est un enjeu important de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), sachant que cela peut induire des différences dans les niveaux d'impacts et donc les conclusions. Bien que la norme ISO 14044 (ISO, 2006) propose un arbre hiérarchique pour traiter la question des coproduits en ACV et malgré les nombreux guides disponibles (LEAP, 2014), il n'existe à ce jour aucun consensus pour l'application d'une méthode d'allocation pour les systèmes animaux et en particulier pour les produits carnés en sortie d'abattoir. Nous proposons donc une méthode ISO-compatible basée sur des principes biophysiques permettant de gérer les coproduits carnés en sortie d'abattoir lors des analyses environnementales par ACV.

## Matériel et Méthodes

La méthode repose sur un modèle à pas de temps journalier pour prédire la croissance des bovins et calculer les besoins énergétiques pour la constitution des différents tissus et organes. Cette modélisation sert de base pour le facteur d'allocation associé à chaque tissu de l'animal (Figure 1).



**Figure 1** : Modèle de calcul des facteurs d'allocations pour les tissus corporels combinés à des modèles de croissance et de besoins énergétiques (PVV : poids vif vide, EN : énergie nette, maint : entretien, croiss : croissance, act : activité).

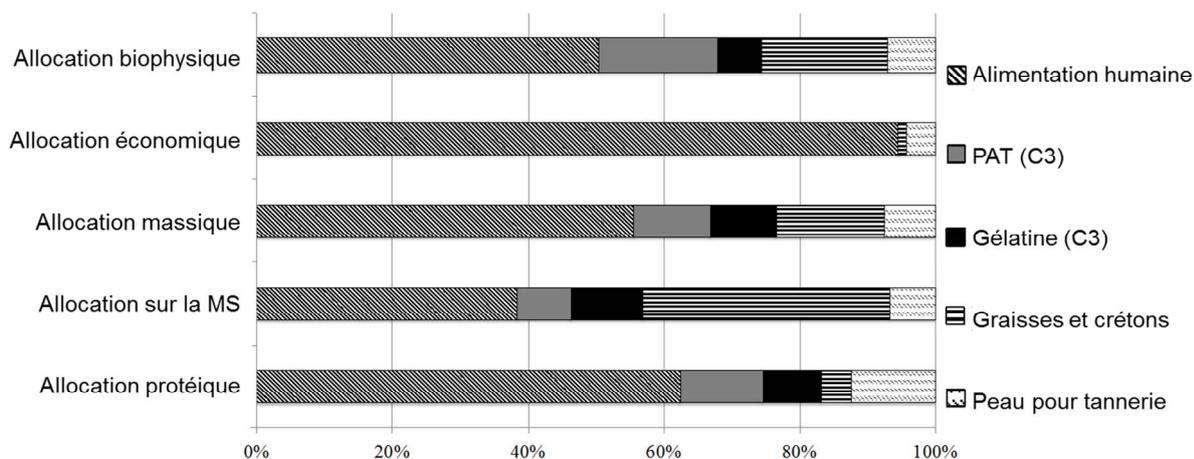
La méthode prédit tout d'abord la croissance des animaux en utilisant une fonction de Gompertz, choisie pour sa généralité dans la prédiction de la croissance de diverses espèces (Gompertz, 1825). Ensuite, les besoins énergétiques pour la constitution des différents tissus sont estimés en se basant sur leur proportion de protéines et lipides totaux. Ces besoins sont divisés en besoin pour l'entretien ( $EN_{\text{maint}}$ ), l'activité ( $EN_{\text{act}}$ ) et la croissance ( $EN_{\text{croiss}}$ ). Pour certains tissus comme les viscères, bien que leur poids soit relativement faible, l'énergie d'entretien est relativement élevée par rapport aux autres tissus. Dans ce cas, la fonction physiologique des tissus est prise en compte lors du calcul.  $EN_{\text{act}}$  est considérée comme corrélée linéairement avec  $EN_{\text{maint}}$  via un coefficient d'activité.  $EN_{\text{croiss}}$  est associée directement au

dépôt dynamique des protéines et des lipides dans chaque tissu. Nous supposons que les animaux ont un accès ad libitum à l'alimentation et qu'il n'y a pas d'influence de facteurs environnementaux sur la croissance.

Les facteurs d'allocations (FA) biophysiques sont assignés aux différents tissus corporels selon leur besoin énergétique. Cette méthode est en accord avec le standard ISO (ISO, 2006), puisqu'ils reflètent les mécanismes physiques reliant les coproduits. Les FA indiquent la contribution au besoin énergétique de l'animal des différents tissus selon leur composition chimique et leurs caractéristiques biologiques. Le FA a été calculé pour chaque tissu comme la somme pondérée de l'ensemble des besoins énergétique de chaque tissu. Nous avons exclu les tissus considérés comme des déchets (C1/C2). Le modèle a été implémenté dans Microsoft Excel® et les simulations débutent de la naissance jusqu'à l'âge d'abattage (495 kg PVV) où les facteurs d'allocation sont calculés pour les différents tissus

## Résultats et discussion

Les besoins énergétiques cumulés jusqu'à l'âge d'abattage (31 539 MJ) se répartissent comme suit : 56% pour l'entretien, 34% pour la croissance et 10% pour l'activité. La répartition énergétique est calculée pour tous les tissus, indépendamment de leur devenir. La partition énergétique entre les différents groupes de tissus varie pendant la croissance, la partition pour le tractus digestif augmentant durant la croissance alors que pour les autres tissus, notamment ceux de la carcasse, la partition énergétique tend à décroître avec la croissance de l'animal. Les FA sont calculés en fonction de la destination des tissus (c.-à-d. pas de FA pour les tissus destinés à être éliminés) puis comparés à ceux obtenus avec d'autres méthodes d'allocation plus classiquement utilisées en agriculture (Figure 2). Le FA pour l'alimentation humaine (43%) est dans la même gamme de valeurs que les FA calculés dans les méthodes d'allocation massique, basée sur la MS et protéique. Il est peu élevé comparé au FA calculé par la méthode d'allocation économique (93%). Une caractéristique majeure de cette méthode est qu'elle reflète le coût énergétique de la construction des tissus et est donc indépendante de leur destination finale. En cela, elle se distingue d'autres méthodes qui envisagent un état final et la vocation des produits. La prise en compte des destinations et des caractéristiques multiples des coproduits carnés est susceptible d'induire des avis divergents des différentes parties prenantes du secteur (producteur de viande vs. producteur de cuir) qui peuvent préconiser des règles de répartition contradictoires. En outre, une fois le temps de croissance fixé, les paramètres ne sont pas modifiés au cours du temps, ce qui diffère de l'allocation économique sujette à la variation des prix du marché. Cette étude s'est limitée à la proposition de nouveaux facteurs d'allocation et doit être complétée par une étude ACV complète (du berceau à la porte de l'abattoir).



**Figure 2 :** Facteurs d'allocation à l'abattoir pour les produits carnés selon leur destination d'après 5 méthodes d'allocation.

## Conclusions

L'allocation biophysique basée sur les besoins énergétiques nécessaire à la constitution des tissus d'un animal correspond à la première règle hiérarchique proposée par la norme ISO. Elle est capable de distinguer les caractéristiques de tous les coproduits carnés en se basant sur leurs caractéristiques chimiques et biologiques. Le modèle proposé est générique (adaptable à toutes les espèces animales), robuste et reflète les relations biophysiques entre les différents coproduits carnés. Cette approche peut être considérée comme une contribution originale au débat international sur les méthodes d'allocation en ACV appliquées aux produits animaux. Elle doit être maintenant débattue par les différentes parties prenantes du secteur viande.

## Références bibliographiques

- Gompertz B.. (1825). Philosophical transactions of the Royal Society of London: p. 513-583.  
 ISO. (2006). Environmental management—life cycle assessment—requirements and guidelines (ISO 14044 : 2006), in International Organization for Standardization 2006: Geneva, Switzerland.  
 LEAP. (2014). Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership: Rome, Italy.

# CALCUL DE L'EMPREINTE ENVIRONNEMENTALE DE LA FILIERE VIANDE : QUEL ROLE POUR LE STOCKAGE DE CARBONE ?

KLUMPP K. <sup>1</sup>,

<sup>1</sup> INRA, UR874, Recherche sur l'Ecosystème Prairial, 63039 Clermont-Ferrand, France

katja.klumpp@clermont.inra.fr

## Abstract: Estimation of carbon footprint for meat production: What role for carbon storage?

On a national and European basis, grasslands represent an area close to that occupied by forests. Due to this large occupation and the C sequestration potential per unit area, grasslands may have a significant long-term effect on global carbon cycles through minor changes in soil carbon storage. Given that grasslands contribute to animal feed (via grazing and forage / silage), livestock production has a direct effect on climate. Indeed, soil C sequestration may compensate for the GHG emissions emitted during the grazing period. Hence, what role do grasslands play in carbon sequestration in the meat production footprint?

## Introduction

Les impacts de l'élevage de ruminants sur l'environnement et en particulier sur les changements climatiques demeurent une question d'actualité encore largement débattue. Un important chantier doit être mené pour construire une démarche d'évaluation globale de cette activité agricole, associée à des recherches approfondies conduisant à une évaluation environnementale, en particulier sur le bilan carbone.

Les prairies occupent près d'un tiers de la surface agricole et forestière (soit en France 13 Millions d'ha dont 4 M ha de prairies semées de plus ou moins longue durée), représentant ainsi une superficie proche de celle occupée par les forêts (15,5 Millions d'ha). Du fait des surfaces occupées et du potentiel spécifique d'accumulation par unité de surface de sol, toute modification des quantités de carbone stockées dans le sol des prairies aurait un effet significatif à long terme sur les cycles mondiaux du carbone. À travers les surfaces en prairies qui participent à l'alimentation des animaux (via le pâturage et le fourrage/ensilage), l'élevage de ruminants exerce donc une seconde influence sur le climat : cette séquestration de carbone dans le sol pourrait théoriquement compenser les émissions de gaz à effet de serre émis sur la prairie. De ce fait, quel rôle peut jouer le stockage de carbone par les prairies dans le bilan carbone de l'élevage et quels sont les leviers pour réduire *in fine* l'empreinte environnementale de la viande ?

## Matériel et méthodes

Plusieurs approches sont possibles pour estimer l'empreinte carbone des prairies par rapport au climat et à la gestion : 1) analyses des résultats bibliographiques internationaux ; 2) utilisation des résultats issus des systèmes d'observation et d'expérimentation nationaux (SOERE-ACBB) et européens (ICOS), spécialement conçus pour capter ces évolutions sur des pas de temps longs, et spécifiquement équipés pour évaluer l'effet de la gestion de la prairie sur le stockage/déstockage de C et leurs dynamiques dans le temps ; 3) utilisation des inventaires nationaux (ex. : base de donnée du sol, occupation et gestion des surfaces) pour analyser l'optimisation de la gestion des prairies à travers (cf EsCo GES 2013) : i) un allongement de la saison de pâturage, ii) une augmentation de la durée de vie des prairies temporaires, pour retarder leur retournement qui accélère le déstockage du carbone du sol et l'émission de CO<sub>2</sub>).

## Résultats

Les analyses bibliographiques (23 références depuis 1997) et une analyse sur un réseau de 30 sites de prairies montrent qu'en moyenne les prairies sont des puits de carbone (0,9±0,3 Mg carbone/ha.an avec 0,4 à 0,8 Mg C/ha.an pour 95% sites recensés). Selon les conditions pédoclimatiques, l'intensité et le mode d'utilisation (pâturage/fauchage) ainsi que la conduite de la prairie, le stockage de C varie considérablement : les années où le taux d'utilisation est élevé tendent vers un bilan de carbone neutre ou négatif (source de C) (Soussana *et al.*, 2015). En examinant le mode d'utilisation, les résultats montrent que le pâturage permet une accumulation de carbone plus importante dans le système sol-végétation que la fauche. Toutefois, dans les deux cas, un seuil d'utilisation moyen est identifié (<2 UGB, < de 8 à 10 T MS/ha.an fauche, cf Soussana *et al.*, 2015), montrant qu'un important prélèvement de biomasse transforme le bilan carbone de la prairie, basculant de puits à source de C. Une manière d'y remédier est de recourir à une fertilisation azotée modérée (50 à 100kgN/ha) ou d'ajouter une légumineuse (par sursemis par exemple) à la flore prairiale (prairie multi-espèce). Dans la plupart de cas, le

stockage de carbone compense les émissions de GES issue de l'activité d'élevage sur la prairie (fertilisation, CH<sub>4</sub> entérique, pâturage) notamment pour les prairies fertilisées.

Concernant l'optimisation de la conduite, les analyses montrent qu'une augmentation de la durée de pâturage de 20 jours par an, lorsque c'est possible, accroît la part des déjections au pâturage, moins émettrices de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O que celles produites en bâtiment et pendant l'épandage. Selon le pédoclimat de la région étudiée et le temps initial passé au pâturage, l'augmentation de la durée pâturage peut avoir des effets significatifs sur le stockage de carbone ainsi que sur les émissions (Pellerin *et al.*, 2013 - Chapitre 6).

Pour les prairies en rotation, une augmentation de la durée de vie des prairies temporaires à 5 ans permet un accroissement des quantités de carbone stockées (réduction de pertes suite au labour) compris entre 0,12 et 0,39 Mg C/ha.an (moyenne 0,201±0,01 Mg C/ha.an) selon le stock de C initial de la prairie (Pellerin *et al.*, 2013).

## Discussion

Les prairies offrent des services environnementaux importants et variés, notamment séquestration du carbone, fertilité du sol et potentiel de production. En raison de ces atouts, ces prairies peuvent jouer un rôle bénéfique dans la recherche de durabilité agronomique et environnementale des systèmes fourragers et d'élevage. Dans les exploitations ou les territoires de production mixte associant agriculture et élevage. Les prairies permettent une atténuation importante des impacts environnementaux négatifs liés à l'intensification de la production agricole.

Concernant le choix de conduite, le pâturage permet souvent une accumulation de carbone nettement plus importante dans le système sol-végétation que le mode de gestion par fauche. Par rapport au taux d'utilisation, une gestion modérée (<2 UGB, < de 8 à 10 T MS/ha.an fauche) permet une accumulation de carbone dans le système sol-végétation un peu plus importante que la gestion extensive où la production primaire des végétaux est réduite. Ceci résulte surtout d'un plus grand taux de recyclage de la matière végétale produite, par déjections animales et par dépôt de litière dans les zones de refus. Une augmentation de la période de pâturage ou du chargement animal pour les surfaces en faible production peut donc améliorer l'empreinte carbone de la prairie. Un accroissement du pâturage (durée, nombre animaux pour les faibles chargements) lorsque c'est possible, (ex. : régions qui sous-utilisent le pâturage en période intermédiaire automne, printemps) accroît le stockage du C et apporte également une réduction des émissions de GES de l'atelier d'élevage, en déplaçant une partie des déjections au pâturage, les rendant moins émettrices en CH<sub>4</sub> et N<sub>2</sub>O que lorsqu'elles sont produites en bâtiment et pendant l'épandage.

Pour les prairies temporaires, en allongeant leur durée de vie à 5 ans, la séquestration de carbone augmente dans les sols et les émissions de N<sub>2</sub>O diminuent - compte tenu du fait qu'une prairie semée met en moyenne 3 ans pour obtenir un enracinement suffisant pour séquestrer du carbone (Pellerin *et al* 2013 Chapitre 6).

## Conclusion

À travers l'augmentation de la production de fourrages, la fertilisation et la réduction du travail du sol, les prairies présentent un fort potentiel d'accroissement de la matière organique dans leurs sols, véritable enjeu pour le bilan carbone de l'atelier d'élevage et *in fine* de la viande. Cependant, c'est avec une utilisation « modérée » (fauche ou pâturage) que le stockage du carbone s'accroît, suite à la stimulation de la production végétale et à un prélèvement de biomasse moindre. Dans ce cas, le stockage de C dans le sol compense les émissions associées à l'élevage (N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>). Dans une perspective de bilan carbone il ne reste donc « plus que » les émissions de GES au bâtiment (poursuite de recherches sur meilleur gestion des déjections et du bâtiment).

## Références bibliographiques

- Pellerin S. *et al.* (2013). How can French agriculture contribute to reducing greenhouse gas emissions? Abatement potential and cost of ten technical measures. Summary of the study report, INRA, Chapter 6.
- Sousana JF, Klumpp K., Ehrhardt F. (2015). Grassland science in Europe (EGF) Vol 19.

GAC A. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France

armelle.gac@idele.fr

## Abstract: Understanding the water footprint of meat

At the present time, different methodologies exist to assess the water footprint of products. They use the same terminology, but do not refer to the same principles, which leads to different values and misunderstandings. Meat production in particular has been highlighted with a volumetric water footprint of 15000 L / kg, following the approach of the Water Footprint Network. In parallel, researchers from the Life Cycle Analysis community are developing an approach, already normalized, to quantify the environmental impacts related to water use. This paper proposes to make a short state of the art of methodologies and ongoing international discussions on the subject. French values for normalized water footprint are provided for beef and lamb production (respectively 20 to 50 and 65 L H<sub>2</sub>O eq./kg LW) and compared to foreign ones.

## Introduction

Dans le contexte mondial de fragilité des ressources naturelles, notamment en eau (demande croissante, dégradation de la qualité) et des préoccupations sur la durabilité de la production alimentaire, l'élevage fait l'objet d'évaluations de son impact sur l'environnement, conduisant parfois à des controverses. Les messages véhiculés dernièrement auprès du grand public annonçaient que le cycle de production de la viande de bœuf est fortement consommateur d'eau (15 000 L / kg). Par ailleurs, d'autres références existent, acquises avec d'autres méthodologies. Afin de comprendre ces chiffres et de valider qu'ils correspondent bien aux modes de production existants en France, cet article propose de faire le point sur les différentes méthodes d'empreinte eau coexistantes, de dresser un état des lieux des avancées méthodologiques en cours et de faire un inventaire des valeurs d'empreinte eau de la viande bovine et ovine issues de la bibliographie.

## L'empreinte eau : cadres méthodologiques existants et dernières avancées

Plusieurs voies méthodologiques tentent d'évaluer l'empreinte des activités humaines, notamment agricoles sur les ressources en eau, ou « empreinte eau ». Actuellement, au sein de l'**initiative LEAP** (Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership) de la FAO, un groupe d'experts internationaux formule des recommandations méthodologiques pour la réalisation d'évaluations de l'empreinte eau dans les filières d'élevage. Le guide méthodologique correspondant devrait être disponible en 2017. Il s'appuiera à la fois sur la norme ISO 14046 :2014 et sur le standard du Water Footprint Network. Actuellement, ces deux courants méthodologiques cohabitent, ils utilisent tous deux la terminologie « empreinte eau » mais avec des approches différentes. L'initiative LEAP considère qu'ils sont complémentaires car ils mettent en évidence des aspects différents de l'empreinte eau. Tous deux utilisent trois notions distinctes : l'**eau prélevée** se définit comme la quantité d'eau douce utilisée par le système ; l'**eau consommée** est l'eau exportée du bassin versant où elle a été prélevée (contenue dans les produits et évapotranspirée) ; la différence est l'**eau retournée** au milieu, dans le même bassin versant.

Le **Water Footprint Network** a été un précurseur dans le développement méthodologique sur l'empreinte eau (Hoekstra *et al.*, 2009). Cette **approche volumétrique** considère deux types d'eau consommés par le système de production (eau bleue : eau douce ; eau verte : eau de pluie évapotranspirée) et des volumes théoriques nécessaires pour diluer la pollution émise vers l'eau (eau grise). Elle est pertinente pour évaluer l'**efficacité d'utilisation de la ressource en eau**.

La **norme ISO 14046** (ISO, 2014) indique qu'une empreinte eau doit rejoindre le principe des analyses de cycles de vie (ACV) : elle ne doit pas se contenter de quantifier des volumes mais doit **traduire un impact** sur l'environnement. Cette approche est pertinente pour **quantifier le risque de pénurie et de dégradation de la ressource en eau**. Pour être complète, elle doit s'intéresser aux aspects quantitatifs et qualitatifs ; sinon on parle « d'empreinte eau consommative » ou « d'empreinte eau qualitative » (peut être abordée via l'impact Eutrophisation). Pour évaluer l'impact quantitatif, les flux d'eau consommée sont pondérés par un facteur de stress hydrique, généralement appelé Water Stress Index (WSI). Cet indicateur régionalisé traduit la fragilité de la ressource en eau dans un contexte pédoclimatique donné et en fonction de la pression exercée sur la ressource pour les différents usages (agricoles, industriels, urbains, etc.). Après avoir développé des approches distinctes (dont Pfister *et al.*, 2009, Boulay *et al.* 2011), les principaux chercheurs travaillant sur le WSI se sont coordonnés pour proposer une méthode consensuelle, AWARE (Boulay *et al.*, à paraître).

Au-delà de l'initiative LEAP, des organismes internationaux produisent des référentiels pour une application harmonisée de l'empreinte eau dans les différents pays et secteurs d'activité, sur les bases de l'ISO : la FIL (Fédération Internationale des Laiteries), l'UNEP SETAC avec le groupe de travail WULCA (Assessment of use and depletion of water resources within the LCA framework) dont est issu la méthode AWARE.

## Quelles valeurs d’empreinte eau pour la viande ?

Le WFN fournit des données sur des systèmes d’élevage type par grande région, aboutissant à des moyennes mondiales à 15 400 litres / kg pour la viande bovine et 10 400 litres / kg pour la viande ovine (Mekonnen et Hoekstra, 2012). Les différentes composantes (eau bleue, verte, grise) sont généralement additionnées dans les publications du WFN.

Quelques références bibliographiques internationales ont quantifié l’empreinte eau de la viande en suivant une approche ACV, telle que décrite dans la norme ISO 14046 :2014. En France, Gac et Béchu (2014) obtiennent des empreintes eau consommatives (en sortie d’élevage, par kg de poids vif), comprises entre 20 et 50 litres éq. H<sub>2</sub>O/ kg pv en système bovin et autour de 65 litres éq. H<sub>2</sub>O/ kg pv en système ovin, en utilisant le WSI de Pfister (2009). Ces résultats ont été comparés à ceux des travaux disponibles en Australie et Nouvelle-Zélande. Ces publications étrangères étudient des systèmes localisés dans des contextes très différents. Si les résultats français se trouvent dans la gamme de valeurs de ceux publiés par Ridoutt *et al.* (2012a et b), ils diffèrent beaucoup de ceux de Zonderland-Thomassen *et al.* (2014) dans un contexte néo-zélandais où la pression sur la ressource en eau est bien moindre. Ces références mettent en évidence l’extrême sensibilité des résultats aux contextes locaux, bien plus qu’aux caractéristiques des systèmes.

Dans l’étude française, la majeure partie des volumes prélevés sur le cycle de vie provient de l’achat d’aliments (de 50% à 87%). Les quantités de concentrés, ainsi que leur nature, expliquent ces résultats, en particulier lorsqu’ils sont issus de zones irriguées (tourteau de soja, venant en partie des Etats Unis). A l’échelle de l’élevage, pour les besoins d’abreuvement, il faut environ 60 à 70 litres en production de gros bovins et 35 à 75 litres en production ovine, en fonction du système fourrager. Les résultats d’empreinte eau sont également fortement influencés par le poids des achats d’aliments. Or, les données sur ce poste proviennent de bases de données qui, bien qu’elles s’étendent actuellement, sont toujours partielles et parfois incomplètes, voire imprécises. Actuellement, un projet français vise à compléter la base de données Agribalyse avec des données permettant l’évaluation de l’empreinte eau pour un ensemble de productions agricoles. Cela permettra de lever les freins rencontrés jusqu’à présent et de consolider les évaluations faites sur les systèmes d’élevage. Les résultats seront disponibles fin 2017.

**Tableau 1.** Eau prélevée (L / kg pv) et empreinte eau consommative (L éq. H<sub>2</sub>O / kg pv) de la viande bovine et ovine

Référence	Pays	Bœuf		Agneau	
		Eau prélevée	Empreinte	Eau prélevée	Empreinte
Gac et Béchu, 2014	France	250-335	20 – 50	420-550	65
Ridoutt <i>et al.</i> , 2012a	Australie		2 – 133		
Ridoutt <i>et al.</i> , 2012b	Australie				354.6
Zonderland-Thomassen <i>et al.</i> , 2014	Nouvelle-Zélande		0.22		0.08

## Discussion

C’est la coexistence de deux méthodologies, portant le même nom, mais ne répondant pas aux mêmes finalités qui a donné lieu à des confusions et à de mauvais usages des chiffres qui en découlent. En particulier, les chiffres du WFN ont été mal utilisés, même si l’objectif des auteurs était bien de pointer l’attention sur les filières agricoles les plus consommatrices d’eau, en cumulant les eaux bleues, vertes et grises. D’un autre côté, la notion de pondération des volumes consommés par un WSI ne fait pas non plus l’unanimité, notamment auprès du WFN (Hoekstra *et al.*, 2016). On peut en effet s’interroger sur la signification d’un impact issu d’une agrégation d’impacts qui ont lieu à des localisations différentes, tout au long du cycle de vie d’un produit. Les méthodes ont toutefois des points communs : elles quantifient de manière différenciée l’eau bleue ainsi que l’eau verte, qui est également nécessaire dans une approche ACV pour établir un bilan hydrique complet du système. Que ce soit pour une information au consommateur ou pour envisager des voies d’amélioration avec les éleveurs, la compréhension d’une empreinte eau consommative requière de maîtriser des éléments méthodologiques complexes et l’indicateur reste peu facile à s’approprier. Il restera nécessaire de revenir à des indicateurs plus simples et plus tangibles, à l’échelle de l’exploitation, tels que l’eau prélevée, voir l’eau consommée, pour envisager des marges de progrès.

## Conclusion

Des travaux internationaux sont actuellement en cours pour stabiliser les méthodes et consolider les bases de données. La qualité des empreintes eau calculées pour les produits d’élevage pourra s’améliorer grâce aux avancées futures sur l’empreinte eau des productions végétales, en particulier au niveau national. Toutefois, différents types d’indicateurs restent susceptibles de cohabiter, pour parler d’eau utilisée, d’eau consommée, de pression sur la ressource ou d’efficacité dans l’utilisation de cette ressource. Chacun a son utilité, en fonction des cibles et objectifs.

## Références bibliographiques

- ISO, 2014. NF ISO 14046. Management environnemental-Empreinte eau-Principes, exigences et lignes directrices. ISO, Genève (Suisse). 36p
- Béchu T., Gac A. (2015). Impact de la production de viande bovine et ovine sur la ressource en eau : Analyse critique des différentes méthodologies développées et évaluations sur des systèmes d’élevage contrastés. Collection résultats. Institut de l’Elevage, Paris. 86p
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2009). Water footprint manual: State of the art 2009.

# LIFE BEEF CARBON : HARMONISATION DE METHODOLOGIES EUROPEENNES D'EVALUATION DES EMISSIONS DE GES EN ELEVAGE BOVIN VIANDE

ANDURAND J. <sup>1</sup>, MOREAU S. <sup>2</sup>, DOLLE J.B. <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut de l'Élevage, Monvoisin, 35652 Le Rheu Cedex, France

<sup>2</sup> Institut de l'Élevage, Agrapole, 23 rue Jean Baldassini - 69364 Lyon cedex 7, France

<sup>3</sup> Institut de l'Élevage, 56 Avenue Roger Salengro, BP 80039, 62051 Saint-Laurent-Blangy cedex, France

josselin.andurand@idele.fr

## Abstract: LIFE BEEF CARBON : harmonizing carbon footprint assessment in European beef production

The LIFE BEEF CARBON project is an initiative of the French livestock institute with 57 partners to identify and mitigate the greenhouse gas (GHG) emissions of beef production in Spain, France, Ireland and Italy. This project aims to assess 2,000 farms over five years. These assessments will permit estimating the average level of beef carbon footprint and to identify methods of mitigation and their acceptability by farmers. Several other environmental indicators will also be monitored. The final output will be to have a GHG mitigation plan for each country involved in the project and to reduce by 15% in 10 years the beef carbon footprint.

As different methodologies and tools exist to assess the carbon footprint of beef production in these four countries, the first step of the project is an inventory of existing methodologies and practices. The sharing of information and the harmonization of the approaches will help to build a common GHG assessment methodology, update the advisory tools and allow comparison. The very first results show differences between existing assessment tools particularly on enteric methane generation equations.

## Introduction

Les activités humaines accentuent les émissions de gaz à effet de serre (GES) et le réchauffement climatique. Dans ce contexte mondial, chaque secteur d'activité doit viser à réduire ses émissions afin d'atteindre les objectifs internationaux. Ainsi, l'élevage fait l'objet, depuis plusieurs années, d'évaluations de son impact sur les émissions de GES. Le projet LIFE BEEF CARBON est déployé sur 4 pays qui représentent 32% du cheptel bovin européen. Ce projet vise à évaluer l'empreinte carbone de 2000 fermes, à identifier, tester et promouvoir des pratiques d'élevage faiblement émettrices de GES afin de réduire de 15% en 10 ans l'impact carbone de la production de viande issue des troupeaux allaitants. La première phase de ce projet structurant pour les filières viandes est l'inventaire et l'harmonisation des outils et méthodologies existantes dans ces quatre pays.

## Matériel et méthodes

Les travaux d'évaluation de l'empreinte carbone de la viande bovine menés ces dernières années s'appuient sur les principes de l'analyse de cycle de vie (ACV). Ils incluent la différenciation d'une empreinte carbone brute prenant en considération les émissions des différents postes de l'élevage et une empreinte carbone nette qui comptabilise le stockage de carbone sur l'exploitation. En effet, grâce à leur capacité à stocker du carbone, les haies, les prairies permanentes et de longue durée permettent de compenser une partie des émissions brutes de GES (Schulze *et al.*, 2009 ; Soussanna *et al.*, 2010 ; Veysset *et al.*, 2014). Le projet LIFE BEEF CARBON reprendra ces principes, en France, à travers un outil développé pour l'évaluation de l'empreinte environnementale des élevages de ruminants : CAP'2ER.

Les travaux réalisés dans le cadre de LIFE BEEF CARBON s'appuient sur les méthodologies de 3 modèles espagnols, français et irlandais, respectivement NAIA, CAP'2ER et Carbon Audit. Les données d'entrée sollicitées pour les trois outils sont similaires : données pédoclimatiques, typologie, système, effectifs animaux, alimentation, données reproduction, bâtiment, temps au pâturage, surfaces, assolement, rotations, achats d'aliments et autres intrants, fertilisation organique et minérale, consommation d'électricité et de carburant... Certains postes sont volontairement négligés à des vues de simplification comme les traitements phytosanitaires qui ne sont pris en compte ni dans CAP'2ER ni dans Carbon Audit par exemple.

Afin de réaliser une comparaison de ces outils, 5 cas types par pays seront diagnostiqués par chaque outil. A ce jour, NAIA n'a pas encore pu être évalué et seuls 2 cas types irlandais ont pu être diagnostiqués à la fois dans CAP'2ER et Carbon Audit. Il s'agit d'un naisseur engraisseur de jeunes bovins et d'un naisseur engraisseur de bœufs. Les surfaces des deux élevages sont intégralement composées de prairies permanentes.

## Résultats

La première phase d'inventaire des méthodologies existante s'achève. Trois outils principaux ont été retenus pour une première comparaison. CAP'2ER est un outil de diagnostic environnemental complet permettant deux niveaux d'approches complémentaires et une évaluation environnementale multicritère. Dans le projet LIFE BEEF CARBON, cet outil sera utilisé en France et en Italie. Le premier niveau sera utilisé pour réaliser le diagnostic des ateliers viandes

de 1780 exploitations. Le deuxième niveau, plus précis et détaillé, sera utilisé pour suivre tous les ans 145 fermes qui mettront en place au cours du projet des techniques « bas carbone » adaptées à leur élevage. La présentation initiale des résultats du premier niveau incluait une empreinte carbone en kilogramme de CO<sub>2</sub>eq par kilogramme de viande vive vendue. Cette approche pouvait entraîner de fortes disparités en cas de variations du nombre d'animaux entre le début et la fin de la période de diagnostic qui masquait les autres paramètres de variabilité. Les évolutions récentes permettent d'exprimer l'empreinte carbone en kilogramme de CO<sub>2</sub>eq par kilogramme de viande vive produite.

Carbon Audit sera déployé sur les exploitations irlandaises. Les empreintes carbone des élevages sont données en kilogramme de CO<sub>2</sub>eq par kilogramme de carcasse ou par kilogramme de viande vive produite. La démarche irlandaise a également la spécificité de se déployer en deux niveaux : la comptabilisation d'une empreinte carbone de la viande produite dans la ferme (Carbon Audit), puis l'identification de leviers techniques de réduction des GES et l'affectation d'un coefficient pour chacun d'entre eux (Carbon Navigator).

NAIA est la méthode de diagnostic qui sera utilisée sur les exploitations espagnoles. Les résultats peuvent être exprimés en kilogramme de CO<sub>2</sub>eq par kilogramme de viande vive vendue ou par kilogramme de carcasse vendue.

Les premiers éléments de comparaison de deux cas types irlandais (Tableau 1) avec les outils CAP'2ER et Carbon Audit font apparaître des différences notables entre les deux outils sur les niveaux d'émissions de GES par kilogramme de viande vive produite sur ces deux exploitations. Les valeurs de sortie de Carbon Audit sont dans les deux cas sensiblement inférieures aux valeurs fournies par CAP'2ER. Une part importante de cet écart provient du poste d'émissions de la fermentation entérique. Les empreintes carbone des aliments et notamment des concentrés diffèrent également notablement.

**Tableau 1.** Comparaison des diagnostics CAP'2ER et Carbon Audit pour deux exploitations naisseur-engraisseur

Référence	Naisseur engraisseur de jeunes bovins		Naisseur engraisseur de bœufs	
	CAP'2ER	Carbon Audit	CAP'2ER	Carbon Audit
Empreinte carbone (kg CO <sub>2</sub> eq/kg viande vive produite)	11,6	9,2	13,7	11,6
dont fermentation entérique	7,0	5,5	8,5	7,2
dont aliment	0,8	0,4	0,4	0,2
dont autres postes	3,8	3,3	4,8	4,2

## Discussion

Ces premiers résultats permettent d'identifier des différences dans les approches méthodologiques. La fermentation entérique n'est notamment pas évaluée de la même manière. CAP'2ER s'appuie sur la méthodologie IPCC Tier 3 (Moreau *et al.*, 2016), tandis que Carbon Audit utilise une approche IPCC Tier 2. D'une manière plus générale, les pouvoirs de réchauffement global (PRG) diffèrent dans les deux outils puisque Carbon Audit s'appuie sur les références IPCC 2013 alors que CAP'2ER reprend des PRG issus des références IPCC 2007. Cette toute première approche nécessite d'être confirmée en croisant les résultats pour les 18 autres cas types et en comparant les équations de calcul de chaque poste d'émission considérées dans ces outils. Cette comparaison des méthodologies est indispensable pour permettre une approche harmonisée au niveau du projet LIFE BEEF CARBON.

Les premières comparaisons des empreintes carbone des cas types, avec un même outil, montrent également que les émissions de GES diffèrent d'une famille de systèmes à une autre (naisseur, naisseur-engraisseur, engraisseurs spécialisés, de bœufs, de jeunes bovins...). Ces résultats sont cohérents avec les travaux existants (Dollé *et al.*, 2015) qui ont aussi mis en évidence une forte variabilité à l'intérieur d'une même famille de systèmes. Les résultats de LIFE BEEF CARBON devraient permettre de confirmer et de préciser ces travaux sur un nombre élevé d'exploitations.

## Conclusion

Les premiers résultats du projet LIFE BEEF CARBON montrent que de nombreux outils d'évaluation de l'empreinte carbone des élevages coexistent, au niveau français, européen et mondial. La comparaison de certains de ces outils vise à identifier leurs spécificités respectives et à homogénéiser les modèles. L'évaluation de l'empreinte carbone de plus de 2000 exploitations devrait permettre de faire évoluer ces modèles et d'identifier sur les élevages les leviers techniques les mieux à même de diminuer l'empreinte carbone de la viande bovine.

## Références bibliographiques

- Dollé JB., Moreau S., Brocas C., Gac A., Raynal J., Duclos A. (2015). Elevage de ruminants et changement climatique. Institut de l'Elevage, 24 p.
- Moreau *et al.*, (2016). CAP'2ER®, the environmental footprint calculator and decision making for ruminants production systems, LCA Food.
- Schulze E.D., Luyssaert S., Ciais P., Freibauer A., Janssens I.A. *et al.*, (2009). Nature Geosciences. 2, 842-850.
- Soussana J.F., Tallec T., Blanford V. (2010). Animal, 4:3, 334-350.
- Veysset P., Lherm M., Bébin D., Rouleuc M., Benoit M. (2014). Agriculture, Ecosystems and Environment 188, 180–191.

# IMPACT DES PRODUITS BLEU-BLANC-COEUR SUR LES APPORTS EN ACIDES GRAS DU MENU MOYEN FRANÇAIS ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL

MAIRESSE G. <sup>1</sup>, FERRY C. <sup>2</sup>, SCHMITT B. <sup>2</sup>, VAN DER WERF H. <sup>3</sup>, CHESNEAU G. <sup>1</sup>,  
KERHOAS N. <sup>4</sup>, MOUROT J. <sup>5</sup>

<sup>1</sup> VALOREX, La Messayais, 35210 Combourtille, France

<sup>2</sup> CERNh, Centre Hospitalier de Bretagne Sud, 56322 Lorient, France

<sup>3</sup> SAS, INRA, AgroCampus Ouest, 35042 Rennes, France

<sup>4</sup> Association Bleu-Blanc-Coeur, La Messayais, 35210 Combourtille, France

<sup>5</sup> INRA-AgroCampus Ouest, UMR 1348 PEGASE, 35590 Saint-Gilles, France

g.mairesse@valorex.com

**Abstract: Impact of Bleu-Blanc-Coeur products on lipidic Population Reference Intakes of a French average menu and environmental impacts**

The fatty acid intake of the French adult population does not comply with the French Population Reference Intakes (PRI). What would be the impact of a change in animal production systems on the fatty acid intake and on environmental impacts? A 15-day meal plan representative of average consumption for the French adult male population was developed. It includes animal products derived either from a standard production system (STD) or from a specific production system (Bleu-Blanc-Coeur, BBC) that acts on the fatty acid profile of animal products. The impact of a change in production method on fatty acid content, in relation to the French PRI was quantified. The environmental impact was assessed according to Life Cycle Assessment methodology. The results show that the BBC diet contributes to decreasing the intake of saturated fatty acids (-8%) and to improving the intake of ALA (+80%), EPA (+43%) and DHA (+35%), with a slight decrease in environmental impacts. The research also shows that animal products complement one another.

## Introduction

L'amélioration du profil nutritionnel des produits animaux peut être efficacement pilotée par le mode de production et notamment par les stratégies alimentaires mises en place dans les élevages. Elles répondent à des enjeux de santé publique notamment en ce qui concerne les apports d'acides gras étant donné que les enquêtes nutritionnelles révèlent un décalage significatif entre les apports réels et les apports nutritionnels conseillés (Tressou *et al.*, 2016).

Le présent travail vise donc à étudier dans le cadre d'un menu moyen français, l'effet d'un changement de mode de production des animaux en s'appuyant sur les cahiers des charges Bleu-Blanc-Coeur (BBC), sur les apports journaliers en acides gras. Ces cahiers des charges reposent notamment sur l'utilisation de sources d'acides gras polyinsaturés n-3 (herbe, lin, luzerne) qui aboutissent à une amélioration du profil nutritionnel des produits animaux. En parallèle, une évaluation environnementale des menus est effectuée pour étudier les impacts d'un tel changement afin de voir s'il est possible de concilier environnement et amélioration des apports nutritionnels lipidiques.

## Matériel et méthodes

Un menu moyen sur 15 jours, représentatif de la consommation de la population adulte masculine, a été construit à partir de la base de données issue de l'enquête menée par le CREDOC sur les Comportements et Consommations Alimentaires en France (CREDOC, 2010). A partir de ces données, une sélection des 92 aliments les plus consommés par les français a été réalisée. Une quantité moyenne de consommation en g/j a ensuite été déterminée. Sur cette base, 2 menus types ont été construits : le premier menu (STD) comprend des produits animaux issus d'un mode de production standard ; le second (BBC) substitue ces produits animaux standards par leurs équivalents issus de la filière BBC. Seule la composition en acides gras des produits diffère entre BBC et STD (Coelho *et al.*, 2016). La part des produits animaux dans ces 2 menus est identique, de même que les apports lipidiques des produits laitiers (36.6%), de la viande de porc (3%), viande bovine (5.9%), charcuteries (15.7%) et œufs (4.3%) aux apports lipidiques totaux.

L'évaluation environnementale des menus a été réalisée par Analyse du Cycle de Vie. Cette méthode prend en compte les impacts environnementaux de la production des produits agricoles, leur transport, transformation, distribution, préparation et consommation. Les pertes intervenant au fil de cette chaîne y compris celle des ménages ont également été considérées en utilisant des données de la bibliographie (Pernollet *et al.*, 2017).

## Résultats

Le menu BBC permet une réduction des apports en acides gras saturés (AGS) et acides gras proathérogènes quand ils sont consommés en excès (C12-14-16:0) de 8% et de 18%, respectivement. En outre, des augmentations des apports en C18:3n-3 (ALA) de 79.9%, en C20:5n-3 et C22:6n-3 (DHA) de 42.7 et 35%, respectivement sont observées, même si

les huiles constituent une source importante d'AGPI dans les menus. Ainsi, les œufs BBC sont des contributeurs importants pour l'optimisation des apports en DHA, tandis que les produits laitiers BBC sont principalement responsables de la baisse des apports en acides gras saturés et en acides gras athérogènes quand ils sont consommés en excès (C12:0-14:0-16:0). Quant aux viandes et charcuteries BBC, prises dans leur ensemble, elles permettent d'accroître les teneurs en EPA et en ALA dans le cadre d'un menu moyen français sans modifier les autres habitudes de consommation (huiles, etc.).

**Tableau 1.** Contribution des différentes familles d'aliments aux apports en acides gras journaliers des menus (AET : apports énergétiques totaux)

	AGS (%AET)		C12-C14-C16 (%AET)		AGMI (%AET)		LA (%AET)		ALA (%AET)		EPA (mg)		DHA (mg)	
	STD	BBC	STD	BBC	STD	BBC	STD	BBC	STD	BBC	STD	BBC	STD	BBC
Produits laitiers <sup>1</sup>	9,50	8,53	6,19	4,60	2,84	3,72	0,17	0,26	0,06	0,10	14,85	30,03	0,00	6,60
Viande bovine	0,96	0,88	0,61	0,57	0,99	1,03	0,04	0,06	0,01	0,02	6,71	13,95	0,28	5,42
Viande porcine	0,44	0,42	0,31	0,28	0,50	0,48	0,12	0,12	0,01	0,04	1,21	3,01	1,72	2,67
Viande volaille	0,20	0,17	0,15	0,12	0,17	0,18	0,10	0,11	0,01	0,04	0,71	2,40	1,47	4,10
Œufs	0,43	0,40	0,32	0,31	0,58	0,58	0,24	0,21	0,01	0,04	0,00	3,09	20,09	52,29
Charcuterie	2,11	1,97	1,52	1,40	2,50	2,49	0,57	0,56	0,04	0,18	5,27	11,54	5,48	6,64
Poisson	0,10	0,10	0,06	0,06	0,15	0,15	0,02	0,02	0,01	0,01	53,35	53,35	109,19	109,19
Autres <sup>2</sup>	2,22	2,22	1,37	1,37	5,16	5,16	2,83	2,83	0,22	0,22	0,50	0,50	0,99	0,99
<i>Total</i>	<i>15,98</i>	<i>14,71</i>	<i>10,53</i>	<i>8,72</i>	<i>12,89</i>	<i>13,79</i>	<i>4,08</i>	<i>4,15</i>	<i>0,36</i>	<i>0,65</i>	<i>82,60</i>	<i>117,87</i>	<i>139,22</i>	<i>187,90</i>
ANC 2010	<12		<8		15-20		4		1		250		250	

<sup>1</sup> Produits laitiers : beurres, crèmes, laits frais, desserts lactés et fromages ; <sup>2</sup> Autres : huiles végétales, fruits et légumes, féculents

Le bilan environnemental des menus indique une très légère baisse de 0% à 1,6% pour le menu BBC, selon le type d'impact considéré (Tableau 2).

**Tableau 2.** Impacts environnementaux des menus STD et BBC (Coelho et al., 2016).

	Menu STD	Menu BBC
Changement climatique (kg CO <sub>2</sub> eq.)	6,0	5,9
Demande Cumulative en Energie (MJ)	69,1	68,2
Acidification (g SO <sub>2</sub> eq)	57,4	56,5
Eutrophisation (g PO <sub>4</sub> eq)	27,3	27,1
Occupation des terres (m <sup>2</sup> .an)	7,9	7,9

## Discussion

Les apports en acides gras du menu moyen standard sont conformes aux précédents travaux (Tressou *et al.*, 2016). L'amélioration des apports lipidiques au travers de la filière BBC s'exprime différemment selon les types d'aliments et démontre la complémentarité des différents aliments dans les apports en acides gras.

Les différences d'impact environnemental observées sont attribuables à la conduite des animaux, notamment liées à l'alimentation ainsi qu'à des bénéfices zootechniques inhérents aux productions animales sous cahier des charges BBC (Coelho *et al.*, 2016).

## Conclusions

Le choix du mode de production des produits animaux se révèle être un levier efficace d'amélioration des apports en acides gras dans la population française, sans détérioration de l'impact environnemental du menu, voire même avec une tendance à l'amélioration. Cependant, pour atteindre les ANC il convient d'associer le choix du mode de production des animaux aux recommandations type du PNNS (choix des huiles végétales, augmentation de la consommation de poissons gras, notamment).

Ces travaux ont été financés par l'ANR 12-ALID-0003, AGRALID.

## Références bibliographiques

- CREDOC (2010). Base de données Comportements et consommations alimentaires en France (CCAF).  
 Tressou J., Pasteau S., Dartinet S.D., Simon N., Le Guillou C. (2016). OCL. DOI: 10.1051/ocl/2016001  
 Coelho C.R.V., Pernollet F., van der Werf H.M.G. (2016). PLoS ONE 11(8): e0160397.  
 Pernollet F., Coelho C. R. V., van der Werf H. M. G. (2017). Journal of Cleaner Production, 140, 410–420.

## INDEX DES AUTEURS

Al Jammās, M. ....	29, 49	De Lamballerie, M. ....	85
Allen, P. ....	39	De Oliveira Ferreira, C. ....	69
Aminot, G. ....	29, 49	Delosière, M. ....	69
Andre, S. ....	79	Demān, C. ....	19
Andurand, J. ....	95	Derck, P. ....	11
Atti, N. ....	55	Dollé, J. ....	95
Auberger, J.-M. ....	77	Duchene, B. ....	73
Aubin, J. ....	89	Durand, D. ....	45, 65, 67, 75
Aubry, L. ....	69	Durantōn, F. ....	83
Augustin, J.-C. ....	7	Duval, E. ....	43
Baéza, E. ....	33, 63	El Jabri, M. ....	67, 75
Barrey, S. ....	5	Ellies-Oury, M.-P. ....	45
Berri, C. ....	33, 43	Falguère, C. ....	75
Berthelot, V. ....	65	Farmer, L. ....	39
Bièche-Terrier, C. ....	7	Faure, J. ....	31
Boizot-Szantai, C. ....	21	Favier, R. ....	77
Bonnet, M. ....	29, 49	Ferre, F. ....	7
Bonny, S. ....	39	Ferry, C. ....	97
Bouju, A. ....	9	Feurer, C. ....	13, 15
Bourin, M. ....	33, 43, 63	Gac, A. ....	93
Boussemart, J. ....	25	Gagaoua, M. ....	47
Boutin, B. ....	5	Gangnat, I. ....	3
Bozec, A. ....	15	Gardner, G. ....	39
Bugeon, J. ....	35, 53	Goardon, L. ....	35
Cantalapiedra-Hijar, G. ....	45	Godet, E. ....	33
Carlier, M. ....	73	Gruffat, D. ....	45, 65, 67, 71, 75
Castellano, R. ....	31	Guillon, C. ....	67, 71, 75
Certenais, E. ....	67, 71, 75	Guillou, S. ....	9
Chartrin, P. ....	33	Guyon, C. ....	85
Chavent, M. ....	45	Hajji, H. ....	55
Chen, X. ....	89	Hocquette, J.-F. ....	1, 39, 45
Chesneau, G. ....	67, 71, 75, 97	Imazaki, P. ....	87
Chotteau, P. ....	23	Kerhoas, N. ....	67, 71, 75, 97
Christensen, M. ....	41	Kernéis, T. ....	35
Clinquart, A. ....	87	Kloareg, M. ....	31
Couvreur, S. ....	29, 49	Klumpp, K. ....	91
Daudin, J.-D. ....	77	Kondjoyan, A. ....	77
De Koning, L. ....	29	Krantz, M. ....	87

Kreuzer, M. ....	3	Perruchot, M.-H. ....	51
Labbé, L. ....	35	Pethick, D. ....	39
Le Page, R. ....	67, 71, 75	Picard, B. ....	29, 45, 47, 49
Le Roux, A. ....	15	Pieper, T. ....	41
Lebret, B. ....	31	Pierre, F. ....	69
Lebret, V. ....	53	Pilet, M.-F. ....	9
Lefèvre, F. ....	35, 53	Planchon, S. ....	79
Legendre, V. ....	5	Polkinghorne, R. ....	39
Leger, S. ....	29	Portanguen, S. ....	77
Legrand, I. ....	39	Pottier, L. ....	85
Leroy, S. ....	11, 17	Puillet, L. ....	89
Lherm, M. ....	25	Quillet, E. ....	35
Lhommeau, T. ....	41, 43, 73	Rakotondramavo, A. ....	85
Listrat, A. ....	45	Ras, G. ....	11
Loukiadis, E. ....	7	Remenant, B. ....	9
Louveau, I. ....	51	Sadoud, M. ....	27, 59, 81
Lucan, A. ....	61	Saillard, P. ....	83
Magdelaine, P. ....	19	Salifou, C. ....	37
Mahouachi, M. ....	55	Sans, P. ....	5, 21
Mairesse, G. ....	67, 71, 75, 97	Santé-Lhoutellier, V. ....	33, 69
Malayrat, C. ....	7	Saracco, J. ....	45
Manceau, D. ....	75	Sayd, T. ....	69
Margerin, J. ....	13	Schmitt, B. ....	97
Martin, J.-L. ....	13, 73	Scislowski, V. ....	69
Martin, O. ....	69	Seibert, T. ....	11
Médale, F. ....	35	Sicard, J. ....	77
Mekki, I. ....	55	Siegrist, M. ....	3
Micol, D. ....	45	Smeti, S. ....	55
Mika, A. ....	33	Talon, R. ....	11, 17
Mirade, P.-S. ....	77	Teixeira Gonçalves, A. ....	87
Monniot, C. ....	23	Terlouw, C. ....	47
Moreau, S. ....	95	Thismister, J. ....	87
Mourot, B.-P. ....	65, 67, 71	Thomas, A. ....	71
Mourot, J. ....	97	Tournayre, P. ....	77
Mueller, S. ....	3	Trignac, C. ....	61
Natier, P. ....	25	Valais, A. ....	29, 49
Niveau, F. ....	13	Van De Werf, H. ....	97
Normand, J. ....	67, 71, 75	Vautier, A. ....	41, 43
Ortignes-Marty, I. ....	45	Vermassen, A. ....	17
Pansérat, S. ....	35	Veysset, P. ....	25
Pecot, M. ....	29, 49	Vincent, A. ....	31

Visschers, V. ....	3	Zuber, F. ....	61, 79, 83
Wierzbicki, J. ....	39	Zuliani, V. ....	11
Wilfart, A. ....	89		
Youssao Abdou Karim, I. ....	57		

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

[www.viandesetproduitscarnes.fr](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  
4<sup>e</sup> trimestre 2016

N° spécial : 35 euros

Viandes & Produits Carnés est  
répertorié dans *Food Science*  
and *Technology Abstracts*

