

# Composition tissulaire des pièces primaires de découpe industrielle et simulation de l'impact d'une proportion croissante de porcs mâles entiers

*Gérard DAUMAS et Mathieu MONZIOLS*

*IFIP-Institut du porc, BP 35104, 35651 Le Rheu Cedex, France*

*gerard.daumas@ifip.asso.fr*

*Avec la collaboration de Thierry LHOMMEAU*

## **Composition tissulaire des pièces primaires de découpe industrielle et simulation de l'impact d'une proportion croissante de porcs mâles entiers**

Dans un marché de pièces, comme le marché porcin français, il est utile de disposer de références récentes sur les rendements en pièces et la composition tissulaire des pièces. Or, le développement probable de la production de mâle entier à partir de 2022 va modifier la composition des pièces. L'objectif majeur de ce travail est de simuler cet impact. Pour cela, trois scénarios ont été étudiés, allant de la situation passée, sans mâles entiers, à une possibilité future, sans mâles castrés, en passant par la situation actuelle de coexistence des mâles castrés et entiers. Un échantillon de 180 porcs a été utilisé, uniformément stratifié selon les trois types sexuels : 60 femelles, 60 mâles castrés et 60 mâles entiers. Les demi-carcasses gauches ont été découpées selon une procédure commerciale normalisée. Les quatre pièces primaires (jambon, rein, épaule et poitrine) ont été scannées par tomographie. Une méthode d'analyse a été développée spécifiquement pour estimer le poids des quatre composants tissulaires : muscle, gras, os et couenne. Les teneurs tissulaires des pièces ont d'abord été soumises à une analyse de variance avec sexe, génotype halothane et leur interaction en effets fixes. Puis, des valeurs moyennes ont été calculées pour la population porcine française selon les trois scénarios basés sur une proportion de mâles entiers de 0%, 14% et 50%. L'effet de la non-castration a été estimé à une hausse allant de trois points de teneur en muscle dans le jambon à huit points dans la poitrine. Le remplacement intégral des mâles castrés par des non-castrés entraînerait une hausse de moitié dans la population. Par rapport à la situation actuelle, cela représenterait encore trois points de plus de teneur en muscle dans la poitrine.

## **Tissue composition of industrial primal cuts and simulation of the impact of an increased proportion of entire male pigs**

In a cuts market, such as the French pig market, it is useful to have recent references on yields and tissue composition of cuts. However, it is likely that the entire male population will continue to increase gradually/incrementally from 2022, thus modifying the composition of the cuts. The major objective of this work is to simulate this impact. For this, three scenarios were studied and compared: the past situation, without any entire males, a future possibility with only entire males, and the current situation of coexistence of castrated and non-castrated males. A sample of 180 pigs was used, which was uniformly stratified according to the three sexes: 60 females, 60 castrated males and 60 entire males. The left half-carcasses were cut according to a standard commercial procedure. The four primal cuts (ham, loin, shoulder and belly) were scanned by X-ray tomography. An analytical method was developed specifically to estimate the weight of the four tissue components: muscle, fat, bone and rind. The tissue contents were first analysed by a general linear model including sex, halothane genotype and their interaction as fixed effects. Then, average values were calculated for the French pig population according to three scenarios based on a percentage of entire males of 0%, 14% and 50%. The effect of non-castration was estimated to increase the muscle content from three points in the ham to eight points in the belly. The complete replacement of castrated males by non-castrated ones would lead to an increase of four points in the belly throughout the population. In comparison to the current situation, this would be three points more of muscle content in the belly.

## INTRODUCTION

Le marché porcien français étant un marché de pièces, voire de muscles pour le jambon, il est utile de disposer de références récentes sur les rendements en pièces et la composition tissulaire des pièces. Or, les dernières références de rendements des pièces de découpe industrielle remontent à plus de 15 ans (Daumas *et al.*, 2015). Quant à la composition tissulaire, elle est surtout mesurée lors des essais d'actualisation des méthodes de classement des carcasses de porcs. Or, depuis 30 ans, ces essais se basent sur la découpe européenne normalisée, très éloignée de la découpe industrielle française (Daumas *et al.*, 2015).

Traditionnellement, la composition tissulaire était étudiée par dissection manuelle, une méthode longue, souffrant d'une reproductibilité limitée (Nissen *et al.*, 2006 ; Olsen and Christensen, 2013). A la suite du projet européen sur l'harmonisation des méthodes de classement (EUPIGCLASS), quelques Etats membres se sont dotés d'un tomographe à rayons X. La tomodensitométrie a été acceptée dans la réglementation européenne sur la classification porcine comme méthode équivalente à la dissection, à condition de fournir des résultats comparables (Commission européenne, 2017). Bien que technique la plus étudiée dans l'action COST FAIM sur l'imagerie des animaux d'élevage (COST Association, 2011) et utilisée avec succès pour mesurer la composition corporelle (Scholz *et al.*, 2015), un consensus sur la mesure de la teneur en muscle des carcasses de porc n'a pu être trouvé (FAIM, 2015). Aussi, continuent de coexister des méthodes nationales d'estimation de la composition tissulaire. La plupart des auteurs se sont soit concentrés uniquement sur la teneur en muscle, soit n'ont distingué que trois compartiments tissulaires (muscle, gras et os) (Allen et Vangen, 1984 ; Jopson *et al.*, 1995 ; Glasbey et Robinson, 2002 ; Dobrowolski *et al.*, 2004 ; Judas *et al.*, 2005 ; Romvari *et al.*, 2005 ; Christensen *et al.*, 2006 ; Kongsro *et al.*, 2008 ; Font *et al.*, 2009 ; Daumas et Monziols, 2011). Si cette approche est suffisante pour la classification des carcasses ou pour mettre en évidence des effets de facteurs, il n'en va pas de même pour estimer précisément la composition moyenne de populations. En effet, dans ce cas, il ne peut être fait abstraction de la couenne, qui représente environ 5% du poids de la carcasse (Judas *et al.*, 2012).

Enfin, l'arrêté français imposant la non-castration à vif à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2022 (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2020) et la décision d'une dizaine de groupements de développer le mâle entier (Roué, 2020) va modifier profondément la composition du cheptel porcien. Or, la castration a un effet très important sur la composition de la carcasse.

Aussi, l'objectif majeur de ce travail est de fournir des références actualisées sur les rendements en pièces et la composition tissulaire des pièces. Pour cela, trois scénarios ont été étudiés, différant par leur proportion de mâles entiers. Afin d'atteindre ces objectifs, il a été nécessaire au préalable de développer une méthode d'estimation par tomographie des poids des quatre principaux compartiments tissulaires (muscle, gras, os et couenne).

## 1. MATERIEL ET METHODES

### 1.1. Matériel et mesures

Nous avons utilisé un échantillon de 180 porcs, uniformément stratifié selon les trois types sexuels : 60 femelles, 60 mâles

castrés et 60 mâles entiers. Provenant de deux abattoirs, les carcasses ont été classées par la méthode Image-Meater (Blum *et al.*, 2014). Un échantillon de cartilage d'oreille a été prélevé (dispositif Allflex) et envoyé au laboratoire LABOGENA (Jouy-en-Josas) pour l'analyse du gène de sensibilité à l'halothane (RYS1). Après une nuit de réfrigération, les demi-carcasses gauches ont été livrées à la salle de découpe de l'IFIP à Romillé (35). Le lendemain de l'abattage, ces demi-carcasses ont été préparées et découpées selon une découpe industrielle normalisée (Figure 1). Cette découpe est proche de la DHN (Découpe Hollandaise Normalisée), qui a été légèrement adaptée pour tenir compte de l'évolution des pratiques industrielles (Daumas *et al.*, 2015).



Figure 1 – Découpe industrielle normalisée

Les quatre pièces principales (jambon, rein, épaule et poitrine) ont alors été pesées et scannées selon la procédure développée par Daumas et Monziols (2011). Le scanner était un Siemens Emotion Duo (Siemens, Erlangen, Allemagne). Les paramètres d'acquisition étaient les suivants : 130 kV, 40 mAs, 3 mm d'épaisseur de coupe, scan hélicoïdal, FoV 500x500 mm, matrice d'acquisition 512x512, filtre de reconstruction B30S (tissus mous).

### 1.2. Méthode d'estimation par tomodensitométrie des poids des quatre principaux compartiments tissulaires

#### 1.2.1. Principe

Le développement de la méthode d'estimation par tomographie des poids des quatre principaux compartiments tissulaires repose sur une adaptation de la méthode d'estimation des poids des trois principaux compartiments (muscle, gras, os), mise au point par les auteurs (Daumas et Monziols, 2011). Cette adaptation consiste à réaffecter la couenne au muscle et au gras dans les proportions les plus plausibles.

#### 1.2.2. Rappel de la méthode d'estimation des poids des trois compartiments tissulaires

Le principe de la méthode à trois compartiments repose sur une estimation du poids de muscle et de gras à partir des volumes mesurés par tomographie, puis par déduction du poids d'os par différence avec le poids de la pièce.

Le volume de muscle et de gras de chacune des pièces est obtenu par seuillage, respectivement dans l'intervalle [0, 120] et [-500, -1] unités Hounsfield (UH). La conversion de volume en poids est faite en appliquant une densité par tissu, supposée suffisamment constante. Les valeurs de 1,04 pour le muscle et de 0,95 pour le gras avaient été retenues (ICRU, 1989). Le tissu osseux ayant une densité très variable, le choix a été fait de calculer le poids d'os par différence avec le poids de la pièce.

Cette méthode a été développée par Daumas et Monziols (2011), essentiellement pour estimer la teneur en muscle, dans le cadre de la classification des carcasses de porc. Elle a ensuite été largement appliquée durant toute la dernière décennie, y compris dans des applications portant sur d'autres tissus et d'autres espèces.

### 1.2.3. Détail de la nouvelle méthode (quatre compartiments)

La première étape a consisté à estimer la proportion de couenne par pièce et la densité de la couenne. Cette dernière a été choisie à 1,1 sur la base d'une analyse de la bibliographie (cf. 3.1.). Pour la proportion de couenne, nous nous sommes basés essentiellement sur l'analyse du dernier essai de dissection totale supervisé par l'IFIP (données non publiées), que nous avons croisé avec des valeurs issues de la bibliographie (Walstra, 1980 ; Höreth, 1995 ; Judas *et al.*, 2012) et des valeurs récentes d'un industriel. Cela nous a conduit à retenir les proportions suivantes de couenne, exprimées en poids : 4% pour le jambon et le rein, 6% pour l'épaule et 7,5% pour la poitrine.

La seconde étape a consisté à affecter la couenne aux autres tissus après leur estimation par la méthode à trois compartiments. La couenne est une enveloppe extérieure en contact avec le gras sous-cutané. Elle est donc susceptible d'engendrer des volumes partiels avec l'air, d'une part, et avec le gras d'autre part. Compte-tenu de la densité croissante de l'air, du gras, du muscle et de la couenne, ces volumes partiels peuvent se retrouver, après seuillage, dans l'air, le gras et le muscle. Nous avons d'abord considéré comme négligeables les volumes dans l'air (< -500 UH). Puis, nous avons estimé qu'il était assez probable que la proportion de couenne à déduire du muscle et du gras soit comprise entre 1/3 et 2/3. Pour affiner cette proportion par pièce, nous avons utilisé un échantillon de 63 carcasses, dont les pièces avaient été scannées selon le même protocole. Pour chacune des quatre pièces, nous avons fait varier la proportion de couenne à déduire et calculé la densité apparente du muscle et du gras. Nous avons choisi les proportions pour lesquelles ces densités étaient les plus probables, à savoir environ 1,05 pour le muscle et au moins 0,91 pour le gras.

### 1.3. Estimation de la composition par sexe

Afin de faciliter l'interprétation des simulations de composition tissulaire en fonction de l'importance du mâle entier, l'effet du sexe a été étudié au préalable.

L'unité statistique était la pièce de découpe. Les pourcentages de muscle, de gras et d'os par pièce ont été analysés selon un modèle linéaire général, avec le sexe et le génotype halothane en effets fixes. L'égalité des moyennes ajustées a été testée par le test de Tukey au seuil de 5%. La procédure « proc GLM » du logiciel SAS version 9.4 a été utilisée (SAS Institute Inc., 2012).

### 1.4. Simulations de la composition moyenne en France

Trois scénarios ont été retenus, correspondant à :

- la situation passée (I) : femelles et mâles castrés pour moitié,
- la situation actuelle (II) : femelles, mâles castrés et mâles entiers dans les proportions respectives de 49,6%, 36,4% et 14,0% (Uniporc Ouest, 2020),
- une situation future possible extrême (III) : femelles et mâles entiers pour moitié.

Les teneurs tissulaires par pièce et les proportions des pièces

dans la carcasse ont été calculées en appliquant la pondération correspondante à chacun des types sexuels pour chaque scénario.

Les proportions des pièces dans la carcasse froide ont été estimées en se basant sur un taux de ressuage de 2%. Le poids de tête a été estimé en soustrayant au poids de carcasse froide le double du poids des pièces de la demi-carcasse gauche.

## 2. RESULTATS

Le génotype halothane s'est révélé équilibré entre homozygotes normaux (NN) et hétérozygotes (Nn), « n » étant l'allèle sensible. Cette situation est représentative de la population nationale actuelle (estimation IFIP d'après les parts de marché des différents types génétiques).

Les statistiques descriptives des principales variables de l'échantillon ont été présentées par Daumas (2020).

Sept observations ont été retirées de l'échantillon avant analyse en raison de valeurs considérées trop extrêmes, soit pour le poids des pièces soit pour leur composition ; l'une d'entre elles était une femelle et les six autres des mâles castrés.

### 2.1. Densités tissulaires et calcul des poids des pièces

Rappelons que la densité de la couenne a été considérée égale à 1,1 et ce, de façon identique pour les quatre pièces. Les densités par pièce des trois autres tissus, ainsi que la densité de la pièce, sont rassemblées dans le tableau 1 pour l'échantillon (n = 63) ayant servi au calcul des densités. La densité du muscle s'est avérée la même dans les quatre pièces : 1,05. La densité du gras était comprise entre 0,91 et 0,94, alors que celle de l'os variait entre 1,63 et 2,14, la valeur la plus élevée étant dans la poitrine. La densité des pièces était de 1,06, à l'exception de la poitrine.

**Tableau 1** – Densités médianes des tissus par pièce

Densité	Muscle	Gras	Os	Pièce
Jambon	1,05	0,92	1,88	1,06
Rein	1,05	0,94	1,63	1,06
Epaule	1,05	0,91	1,70	1,06
Poitrine	1,05	0,92	2,14	1,04

### 2.2. Composition moyenne par sexe

Le sexe a eu un effet très significatif ( $P < 0,001$ ) sur toutes les teneurs tissulaires des quatre pièces, à l'exception de la teneur en os dans l'épaule, où l'effet a été moindre ( $P < 0,05$ ) (Tableau 2).

Les teneurs en muscle et en gras différaient significativement entre les trois sexes, à l'exception des mâles entiers et des femelles pour le rein. La hiérarchie était identique pour les quatre pièces : mâles entiers, puis femelles et enfin mâles castrés pour la teneur en muscle dans l'ordre descendant et inversement pour la teneur en gras. Les femelles étaient plus proches des mâles entiers pour le jambon, le rein et l'épaule, alors qu'elles étaient plus proches des mâles castrés pour la poitrine. La différence la plus importante concernait la poitrine, avec huit points d'écart entre mâles entiers et femelles.

Les mâles entiers avaient une teneur en os plus élevée dans le jambon, alors que les mâles castrés présentaient une teneur plus faible dans les trois autres pièces.

Le génotype halothane (données non présentées) n'a eu un effet significatif que sur la teneur en os du jambon ( $P < 0,01$ ), de l'épaule et de la poitrine ( $P < 0,05$ ).

**Tableau 2** – Teneurs tissulaires par pièce<sup>1</sup> selon le sexe (en % massique mesuré par tomodensitométrie)

Sexe		Modèle <sup>2</sup>		Moyennes ajustées <sup>3</sup>		
		ETR	P	MC	F	ME
J	% de muscle	2,2	***	72,9 <sup>a</sup>	75,0 <sup>b</sup>	76,0 <sup>c</sup>
	% de gras	2,1	***	14,9 <sup>a</sup>	12,6 <sup>b</sup>	11,1 <sup>c</sup>
	% d'os	0,5	***	8,3 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	8,9 <sup>b</sup>
R	% de muscle	3,3	***	60,4 <sup>a</sup>	64,4 <sup>b</sup>	65,8 <sup>b</sup>
	% de gras	3,4	***	25,2 <sup>a</sup>	20,4 <sup>b</sup>	19,1 <sup>b</sup>
	% d'os	0,8	***	10,4 <sup>a</sup>	11,2 <sup>b</sup>	11,1 <sup>b</sup>
E	% de muscle	4,4	***	59,1 <sup>a</sup>	62,1 <sup>b</sup>	64,3 <sup>c</sup>
	% de gras	2,7	***	23,8 <sup>a</sup>	20,5 <sup>b</sup>	18,5 <sup>c</sup>
	% d'os	0,6	*	11,1 <sup>a</sup>	11,4 <sup>b</sup>	11,2 <sup>b</sup>
P	% de muscle	4,1	***	52,3 <sup>a</sup>	55,1 <sup>b</sup>	60,2 <sup>c</sup>
	% de gras	4,1	***	34,9 <sup>a</sup>	31,8 <sup>b</sup>	26,7 <sup>c</sup>
	% d'os	0,4	***	5,3 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	5,5 <sup>b</sup>

<sup>1</sup> J : jambon, R : rein, E : épaule, P : poitrine.

<sup>2</sup> Modèle linéaire avec sexe et génotype halothane (résultats non présentés) en effets fixes ; ETR : écart-type résiduel ; P : probabilité critique du sexe ; \*\*\* :  $P < 0,001$  ; \* :  $P < 0,05$ .

<sup>3</sup> MC : mâles castrés, F : femelles, ME : mâles entiers ; les valeurs sur une même ligne avec des lettres différentes différaient significativement au seuil de 5% selon le test de Tukey.

### 2.3. Composition moyenne en France

Le tableau 3 rassemble les compositions tissulaires des quatre pièces selon les trois scénarios étudiés.

**Tableau 3** – Teneurs tissulaires par pièce selon le scénario (I = 50/50 F/MC ; II = pondérations 2019 ; III = 50/50 F/ME) (en % massique mesuré par tomodensitométrie)

Scénario		I	II	III
JAMBON	% de muscle	74,0	74,4	75,6
	% de gras	13,7	13,2	11,8
	% d'os	8,3	8,4	8,6
REIN	% de muscle	62,5	63,3	65,2
	% de gras	22,7	21,8	19,7
	% d'os	10,8	10,9	11,1
EPAULE	% de muscle	60,7	61,4	63,3
	% de gras	22,1	23,1	19,4
	% d'os	11,2	11,3	11,3
POITRINE	% de muscle	53,7	54,9	57,8
	% de gras	33,3	32,1	29,2
	% d'os	5,5	5,5	5,6

Compte-tenu de l'effet important du sexe sur la teneur en muscle et en gras des pièces, les trois scénarios présentent des différences importantes pour les acteurs de la filière. La substitution d'une proportion croissante de mâles castrés par des mâles entiers provoque une augmentation de la teneur en muscle, une baisse de la teneur en gras et une légère hausse de la teneur en os. L'augmentation la plus forte de la teneur en muscle a lieu dans la poitrine (près de 4 points), puis dans le rein et l'épaule (près de 3 points).

Le tableau 4 présente les rendements en pièces, c'est-à-dire les proportions dans la carcasse froide, selon les trois scénarios étudiés. Les différences les plus notables sont, d'une part, la proportion de rein et, d'autre part, celle de tête. La première baisse de 0,8 point et la seconde augmente de 0,6 point lorsque les mâles castrés sont remplacés par des mâles entiers.

**Tableau 4** – Proportions des pièces (en % massique) dans la carcasse froide selon le scénario (I = 50/50 F/MC ; II = pondérations 2019 ; III = 50/50 F/ME)

Scénario	I	II	III
% de rein	33,3	33,1	32,5
% de jambon	23,9	23,9	23,9
% d'épaule	21,4	21,5	21,7
% de poitrine	13,6	13,5	13,3
% de tête	4,4	4,6	5,0
% de pied arrière	1,8	1,8	1,9
% de pied avant	0,9	0,9	1,0
% de queue	0,2	0,2	0,2
% de parages	0,5	0,6	0,6

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Proportion de couenne et densité des tissus

Walstra (1980) et Höreth (1995) avaient mentionné des proportions de couenne dans la carcasse comprises entre 4 et 4,5%. Pour les proportions de couenne dans les pièces, nous avons d'abord réanalysé les données d'un essai de dissection totale réalisé sur 168 demi-carcasses en 1987 par l'ITP et l'OFIVAL (résultats non publiés). Ces proportions étaient respectivement de 4,0% pour le jambon, 3,9% pour le rein, 6,3% pour l'épaule et 7,5% pour la poitrine.

Nous avons ensuite confronté ces valeurs à celle de la bibliographie, en tenant compte des différences de découpe. Pour les pièces de la découpe européenne, Judas *et al.* (2012) ont rapporté des valeurs de 4,1% pour la longe, 2,8 et 6,5% respectivement pour le jambon et le jarret arrière, 3,1 et 7,6% respectivement pour l'épaule et la gorge, et enfin 6,4, 7,4 et 4,6% respectivement pour la mouille, la partie postérieure et la partie antérieure de la poitrine. En pondérant ces valeurs par leurs proportions respectives, on obtient des résultats cohérents avec les nôtres, sauf pour la poitrine.

Concernant les densités des tissus, ICRU (1989) a donné des valeurs (*in vivo*) de 1,09 et 1,10 pour la peau, de 1,04 et 1,05 pour le muscle et de 0,92 à 0,95 pour le gras. Concernant le muscle, Fullerton (1980), puis Picouet *et al.* (2010) ont chacun développé une fonction linéaire dépendant de la densité apparente mesurée par tomodensitométrie, exprimée en unités Hounsfield (UH). A 60 UH, ce qui correspond approximativement au pic de muscle, la première formule conduit à une densité de 1,07 et la seconde à 1,09 (Daumas *et al.*, 2013). Néanmoins, nous avons considéré les valeurs de l'ICRU comme plus réalistes. C'est pourquoi, dans notre étude portant sur des tissus post mortem, logiquement un peu plus denses que *in vivo* pour la peau et le muscle, et un peu moins pour le gras, nous avons opté pour 1,10 pour la couenne, 1,05 pour le muscle et minimum 0,91 pour le gras.

Au niveau de la pièce, Harkouss *et al.* (2018) ont mentionné une densité du jambon de 1,072, ce qui est assez proche de la nôtre (1,06).

### 3.2. Effets du sexe et d'autres facteurs sur la composition tissulaire

La composition corporelle est influencée par la génétique et l'environnement. Les facteurs particulièrement influents sont la race et le génotype, le sexe et la castration, ainsi que la conduite alimentaire (Walstra, 1980 ; Monin *et al.*, 1998, Kouba et Sellier, 2011).

Dans les conditions françaises actuelles, le poids d'abattage joue peu sur la composition ; en effet, le prix maximum est obtenu dans une gamme restreinte de poids (12 kg). La production est homogène en termes de races, avec une très grande prédominance des croisés entre verrat Piétrain pur et truie Large White x Landrace. Par contre, le statut halothane des verrats Piétrain se partageant entre NN et Nn à parts à peu près égales, il convient de connaître ce statut, vu l'effet majeur de ce gène sur la composition (Guéblez *et al.*, 1995 ; Sellier, 1998 ; Salmi *et al.*, 2010), même si la différence avec l'hétérozygote est environ moitié moindre. Dans notre étude, nous l'avons déterminé a posteriori. La conduite alimentaire n'étant pas connue lors d'une sélection à l'abattoir, la sélection s'est donc limitée au type sexuel.

Le fort effet du sexe et de la castration sur l'état d'engraissement des carcasses est bien connu (Kouba et Sellier, 2011), ainsi que la hiérarchie (descendante) en termes de teneur en muscle : mâles entiers, femelles, mâles castrés. Bauer et Judas (2014) ont réalisé une synthèse portant sur 10 publications : l'effet de la castration était compris entre 3 et 8 points, dont 5 ou 6 points pour la moitié des publications. En outre, ces auteurs rapportent aussi les résultats de dissection de 79 mâles entiers, qu'ils ont comparés à ceux de mâles castrés et de femelles de l'étude de Judas *et al.* (2012). La différence de teneur en muscle entre mâles entiers et castrés était de 3,5 points pour la carcasse, 2,9 points pour l'épaule, 4,2 points pour la longe, 5,2 points pour la poitrine et 4,1 points pour le jambon. Ces différences avaient été estimées par Dobrowolski *et al.* (1995) sur 133 porcs entre 2,5 points pour la longe et 8,9 points pour la poitrine. Le point commun à ces deux études est que la différence la plus importante était dans la poitrine, tout comme dans notre étude (7,9 points). La teneur en os des pièces était supérieure chez le mâle entier dans leurs deux études. Bauer et Judas (2014) ont estimé la différence avec les castrés à 1,3 point pour la carcasse, 0,6 point pour l'épaule, 1,1 point pour la longe, 0,7 point pour la poitrine et 0,8 point pour le jambon. Dans notre étude, les différences étaient un peu plus faibles. La teneur en muscle plus élevée et la teneur en gras plus faible dans les quatre pièces principales chez les femelles comparées aux castrés est bien établie dans la littérature (Blasco *et al.*, 1994 ; Mas *et al.*, 2010, 2011 ; Judas *et al.*, 2012 ; Dumas et Monziols, 2017). La teneur en os plus élevée a été observée par Judas *et al.*, (2012) sur 162 carcasses de cinq croisements. Dans notre étude, seule la différence dans le jambon n'était pas significative, ce qui est conforme aux résultats de Blasco *et al.*, (1994) sur 228 porcs de cinq croisements. Par contre, Mas *et al.* (2011) n'avaient trouvé une différence significative que dans l'épaule et le rein sur 57 croisés Large White et Mas *et al.* (2010) que dans l'épaule sur 51 croisés Piétrain.

Salmi *et al.* (2010), dans une méta-analyse portant sur 23 publications et 3530 porcs ont estimé à 1,0 point la différence moyenne de teneur en muscle de la carcasse entre Nn et NN,

avec un intervalle de confiance compris entre 0,6 et 1,3. Dans une étude antérieure sur un échantillon de 209 porcs (Dumas et Monziols, 2017), nous avons trouvé un effet significatif du génotype halothane (Nn vs NN) sur le pourcentage de muscle des quatre pièces, peut-être dû à une découpe différente.

### 3.3. Composition tissulaire moyenne en France

Les trois scénarios envisagent une proportion de mâles entiers variant de 0 à 100%, avec une seule valeur intermédiaire. Néanmoins, tous les scénarios intermédiaires peuvent être approchés en appliquant les proportions adéquates aux compositions moyennes par sexe rassemblées dans le tableau 2.

Concernant la composition actuelle des pièces de l'échantillon, le jambon présente le pourcentage de muscle le plus élevé (74%) devant le rein (63%), l'épaule (61%) et la poitrine (55%). Bien qu'il s'agisse d'une longe avec bardière (rein), sa teneur en muscle dépasse celle de l'épaule. Ce n'est pas le cas dans la découpe européenne normalisée utilisée pour le classement des carcasses (Judas *et al.*, 2012 ; Dumas et Monziols, 2017).

## CONCLUSION

Une méthode d'estimation par tomodensitométrie des quatre principaux compartiments tissulaires a été développée avec succès. Cette méthode sera affinée prochainement, notamment par l'étude de la variabilité des densités des tissus à l'aide d'une balance volumétrique.

L'effet important du sexe et de la castration a été confirmé sur la composition des pièces primaires de découpe industrielle (jambon, rein, épaule et poitrine). Les effets les plus importants concernent les pourcentages de muscle et de gras.

La supériorité de l'hétérozygote Nn sur l'homozygote NN pour le gène halothane (RYR1) n'a été confirmée que pour les teneurs en muscle du jambon et du rein.

Une part croissante de mâles entiers dans la population porcine française provoquera une augmentation conséquente des teneurs en muscle des pièces de découpe. La substitution de mâles castrés par des mâles entiers aura l'impact le plus important dans la poitrine et le plus faible dans le jambon. En termes de rendement des pièces, c'est le rein (longe avec bardière) qui sera le plus affecté, avec une diminution de sa proportion, l'effet de la bardière étant prépondérant.

## REMERCIEMENTS

Cette communication est issue des programmes HYPER-SCAN et SCANALI, qui ont bénéficié d'une subvention du Ministère chargé de l'agriculture. La responsabilité du Ministère chargé de l'agriculture ne saurait être engagée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allen P., Vangen O., 1984. X-ray tomography of pigs - some preliminary results. In: D. Lister (Ed), In Vivo Measurement of Body Composition in Meat Animals, 52-66. Elsevier, London, UK.
- Bauer A., Judas M., 2014. Schlachtkörperqualität von Mastebarn in Vergleich zu Sauen und Börgen. Züchtungskunde, 86, 374-389.
- Blasco A., Gou P., Gispert M., Estany J., Soler Q., Diestre A., Tibau J., 1994. Comparison of five types of pig crosses. I. Growth and carcass traits. Livest. Prod. Sci., 40, 171-178.
- Blum Y., Monziols M., Causeur D., Dumas G., 2014. Recalibrage de la principale méthode de classement des porcs en France. Journées Rech. Porcine, 46, 39-43.
- Christensen L.B., Lyckegaard A., Borggaard C., Romvari R., Olsen E.V., Branscheid W., Judas M., 2006. Contextual volume grading vs. spectral calibration. Proc. 52nd ICoMST, Dublin, Ireland, pp. 205-206.

- Commission européenne, 2017. Règlement d'exécution (UE) 2017/1184 de la Commission du 20 avril 2017 fixant les modalités d'application du règlement (UE) n° 1308/2013 du Parlement européen et du Conseil, en ce qui concerne les grilles utilisées dans l'Union pour le classement des carcasses de bovins, de porcs et d'ovins, ainsi que la communication des prix de marché de certaines catégories de carcasses et d'animaux vivants. JO L 171 du 4.7.2017, p. 103.
- COST Association, 2011. FA COST Action FA1102: Optimising and standardising non-destructive imaging and spectroscopic methods to improve the determination of body composition and meat quality in farm animals (FAIM). [http://www.cost.eu/COST\\_Actions/fa/FA1102](http://www.cost.eu/COST_Actions/fa/FA1102)
- Dumas G., 2020. Effet du sexe et du génotype halothane sur le pourcentage de muscle de pièces de découpe. Journées Rech. Porcine, 52, 53-54.
- Dumas G., Monziols M., 2011. An accurate and simple computed tomography approach for measuring the lean meat percentage of pig cuts. Proc. 57th ICoMST, Ghent, Belgium. Paper 061.
- Dumas G., Monziols M., 2017. Pork cuts composition measured by scanner as influenced by sex and halothane genotype. Proc. 63rd ICoMST, Cork, Ireland, pp. 54-55.
- Dumas G., Donko T., Monziols M., 2013. Identification of possible and relevant post mortem reference methods for carcass composition. In: C. Maltin, C. Craigie and L. Bünger (Eds), Farm Animal Imaging Kaposvár 2013, 14-17. QMS, Newbridge, UK.
- Dumas G., Nictou A., Guintard C., Betti E., 2015. Composition corporelle des porcs charcutiers. In: Ifip (Eds), Mémento viandes et charcuteries, 1-16. IFIP, Paris, France.
- Dobrowolski A., Höreth R., Branscheid W., 1995. Der Schlachtkörperwert von Ebern und Börgen und Probleme der Klassifizierung. In: Die Ebermast, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten; Heft 449.
- Dobrowolski A., Branscheid W., Romvári R., Horn P., Allen P., 2004. X-ray computed tomography as possible reference for the pig carcass evaluation. Fleischwirtschaft, 84, 109-112.
- FAIM, 2015. Imaging facilities (CT & MRI) in EU for measuring body composition. Dumas G., Donko T., Maltin C., Bünger L., SRUC Eds, Edinburgh, 50 p.
- Font i Furnols M., Teran M.F., Gispert M., 2009. Estimation of lean meat content in pig carcasses using X-ray Computed Tomography and PLS regression. Chemometr. Intell. Lab., 98, 31-37.
- Fullerton G.D., 1980. Fundamentals of CT tissue characterisation. In: G.D. Fullerton & J.A. Zagzebsk (Eds), Medical physics of ultrasound tissue imaging and characterization, 125-162. Medical Physics Publishing, Madison, USA.
- Glasbey C. A., Robinson C.D., 2002. Estimators of tissue proportions from X-ray CT images. Biometrics, 58, 928-936.
- Guéblez R., Paboeuf F., Sellier P., Bouffaud M., Boulard J., Brault D., Le Tiran M.H., Petit G., 1995. Effet du génotype halothane sur les performances d'engraissement, de carcasse et de qualité de la viande du porc charcutier. Journées Rech. Porcine, 27, 155-164.
- Harkouss R., Chevarin C., Daudin J.D., Sicard J., Mirade P.S., 2018. Development of a multi-physical finite element-based model that predicts water and salt transfers, proteolysis and water activity during the salting and post-salting stages of the dry-cured ham process. J. Food Eng., 218, 69-79.
- Höreth R., 1995. Zusammensetzung von Schweineschlachtkörpern und Anteil der Teilstücke nach Änderung der 4./6. DVO. Mitteilungsblatt der BAFF (34), 127, 5-12.
- ICRU, 1989. Tissue substitutes in Radiation dosimetry and measurement. ICRU report 44.
- Jopson N.B., Kolstad K., Sehested E., Vangen O., 1995. Computed tomography as an accurate and cost effective alternative to carcass dissection. Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Gen., 11, 635-639.
- Judas M., Höreth R., Dobrowolski A., 2005. Computertomographie als Methode zur Analyse der Schlachtkörper von Schweinen. Mitteilungsblatt der Fleischforschung Kulmbach, 44, 169, 145-151.
- Judas M., Branscheid W., Höreth R., 2012. Neue Ergebnisse zur Variabilität der Gewebeanteile beim Schwein. Mitteilungsblatt Fleischforschung Kulmbach, 51, 1-16.
- Kongsro J., Røy M., Aastveit A. H., Kvaal K., Egelandsdal B., 2008. Virtual dissection of lamb carcasses using computer tomography (CT) and its correlation to manual dissection. J. Food Eng., 88, 86-93.
- Kouba M., Sellier P., 2011. A review of the factors influencing the development of intermuscular adipose tissue in the growing pig. Meat Sci., 88, 213-220.
- Mas G., Llavall M., Coll D., Roca R., Díaz I., Gispert M., Oliver M.A., Realini C.E., 2010. Carcass traits and fatty acid composition of tissues from Pietrain-crossed barrows and gilts fed an elevated monounsaturated fat diet. Meat Sci., 85, 707-714.
- Mas G., Llavall M., Coll D., Roca R., Díaz I., Oliver M. A., Gispert M., Realini C.E., 2011. Effect of an elevated monounsaturated fat diet on pork carcass and meat quality traits and tissue fatty acid composition from York-crossed barrows and gilts. Meat Sci., 89, 419-425.
- Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, 2020. Arrêté du 24 février 2020 modifiant l'arrêté du 16 janvier 2003 établissant les normes minimales relatives à la protection des porcs. JORF n°0049 du 27 février 2020.
- Monin G., Sellier P., Bonneau M., 1998. Trente ans d'évolution de la notion de qualité de la carcasse et de la viande de porc. Journées Rech. Porcine, 30, 13-27.
- Nissen P.M., Busk H., Oksama M., Seynaeve M., Gispert M., Walstra P., Hansson I., Olsen E., 2006. The estimated accuracy of the EU reference dissection method for pig carcass classification, Meat Sci., 73, 22-28.
- Olsen E.V., Christensen L.B., 2013. Comparison of accuracy of reference methods based on CT and manual dissection. In: C. Maltin, C. Craigie and L. Bünger (Eds), Farm Animal Imaging Kaposvár 2013, 18-21. QMS, Newbridge, UK.
- Picouet P.A., Teran F., Gispert M., Font-i-Furnols M., 2010. Lean content prediction in pig carcasses, loin and ham by computed tomography (CT) using a density model. Meat Sci., 86, 616-622.
- Romvári R., Szabo A., Karpáti J., Kovách G., Bazar G., Horn P., 2005. Measurement of belly composition in pigs by in vivo computed tomographic scanning. Acta Vet. Hung., 53, 153-162.
- Roué G., 2020. L'arrêt de la castration à vif. Porcimag, 555.
- Salmi B., Trefan L., Bloom-Hansen J., Bidanel J.P., Doeschl-Wilson A. B., Larzul C., 2010. Meta-analysis of the effect of the halothane gene on 6 variables of pig meat quality and on carcass leanness. J. Anim. Sci., 88, 2841-2855.
- SAS Institute Inc., 2012. SAS /STAT Software Release 9.4, Cary, NC, USA.
- Scholz A.M., Bünger L., Kongsro J., Baulain U., Mitchell A.D., 2015. Non-invasive methods for the determination of body and carcass composition in livestock: dual-energy X-ray absorptiometry, computed tomography, magnetic resonance imaging and ultrasound, invited review. Animal, 9, 1250-1264.
- Sellier P., 1998. Genetics of meat and carcass traits In: M.F. Rothschild, A. Ruvinsk (Eds.), The Genetics of the Pig, 463-510. CAB International, Oxon, U.K.
- Uniporc Ouest, 2020. Activité 2019. Uniporc Ouest Eds, Plérin, 3 p. <http://www.uniporc-ouest.com/informations-filieres/plaquette-activite.html>
- Walstra P., 1980. Growth and carcass composition from birth to maturity in relation to feeding level and sex in Dutch Landrace pigs. Thèse de doctorat. Agric. Univ. Wageningen, Wageningen, The Netherlands, 206 p.