

Conséquences de l'automatisation du classement des carcasses sur l'estimation de la composition des pièces de découpe

Gérard DAUMAS et Mathieu MONZIOLS

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

gerard.daumas@ifip.asso.fr

Conséquences de l'automatisation du classement des carcasses sur l'estimation de la composition des pièces de découpe

L'automatisation du classement des carcasses dans les grands abattoirs français s'est accompagné notamment d'un changement de localisation des épaisseurs mesurées. Les mesures latérales sur le dos (CGM) ont été remplacées par des mesures sur la fente à la jonction rein-jambon (CSB Image-Meater, I-M). Dans un contexte très concurrentiel de commerce des pièces, il est important de quantifier l'évolution de la précision de l'estimation de la composition des pièces induite par ce changement. Un échantillon de 241 carcasses, comprenant 50 % de femelles et 50 % de mâles castrés a été mesuré par ces deux méthodes dans trois abattoirs. Après une découpe européenne normalisée, les quatre pièces majeures ont été pesées et scannées par tomographie RX. Le poids et la proportion de muscle de chacune des pièces ont été calculés après seuillage des images. Chaque proportion de muscle a été régressée, d'une part sur les deux épaisseurs CGM et, d'autre part, sur les quatre épaisseurs I-M. L'épaisseur M4 de l'I-M n'était pas significative. La hiérarchie des pièces a été conservée en termes d'écart type résiduel (ETR) croissant : jambon, épaule, longe, poitrine. L'ETR a augmenté de 15 % environ pour les membres, passant de 1,8 à 2,1 pour le jambon et de 2,0 à 2,3 pour l'épaule. Par contre, il a augmenté de l'ordre de 30 à 35 % pour le tronc, passant de 2,4 à 3,3 pour la longe et de 3,0 à 3,9 pour la poitrine. L'aide du classement des carcasses à l'orientation de la découpe devrait s'en trouver affaiblie.

Consequences of automation of carcasses classification on the estimation of the cuts composition

The automation of carcass classification in the large French slaughterhouses was accompanied by a change of location of the measured thicknesses. The lateral measurements on the back (CGM) were replaced by measurements on the splitline at the junction of the loin and ham (CSB Image-Meater, I-M). In a highly competitive context of the trade in cuts of meat, it is important to quantify the extent to which the accuracy of the composition estimate of the cuts has evolved as a result of this change. A sample of 241 carcasses, comprising 50 % of females and 50 % of castrated males, was measured by both methods in three abattoirs. After a standardized European cut the four major cuts were weighed and scanned by X-Ray tomography. Weight and muscle proportion of each cut were calculated after thresholding of images. Each proportion of muscle was regressed on the one hand on the two CGM thicknesses and, on the other hand, on the four I-M thicknesses. The thickness M4 of I-M was not significant. The hierarchy of the cuts has been preserved in terms of increasing residual standard deviation (RSD): ham, shoulder, loin, belly. The RSD increased by about 15 % for limbs, from 1.8 to 2.1 for ham and 2.0 to 2.3 for shoulder. On the other hand, it increased by about 30-35 % for the trunk, from 2.4 to 3.3 for loin and from 3.0 to 3.9 for belly. The help of carcass classification for directing cutting should turn out to be weakened.

INTRODUCTION

Dans un contexte de commerce des pièces très développé et très concurrentiel, le tri des pièces est un challenge permanent. Nombre d'opérateurs utilisent les informations de pesée et de classement des carcasses pour un pré-tri. Depuis 2013, environ trois-quarts des porcs abattus en France sont classés avec l'appareil automatique de vision « Image-Meater » (I-M) de la société allemande CSB-System, qui équipe désormais la plupart des grands abattoirs français. Le quart restant est classé avec le Capteur Gras/Maigre (CGM), introduit en 1993.

L'automatisation du classement des carcasses s'est accompagnée d'un changement de localisation des épaisseurs mesurées. Le CGM mesure au niveau costal, latéralement à la fente, une épaisseur de bardière et une épaisseur du muscle long dorsal. L'I-M prend une photo au niveau de la pointe (jonction longe-jambon), d'où sont extraites des épaisseurs de gras, de muscle et des longueurs de vertèbres.

Olsen *et al.* (2017) ont évalué l'incertitude de la tomographie RX et de la dissection pour calibrer les appareils de classement des carcasses de porc. La tomographie réduit généralement l'incertitude si des précautions sont prises en termes de robustesse et de stabilité des scanners individuels. Daumas et Monziols (2011) ont conçu une procédure tomographique précise, très proche de la dissection pour chaque pièce et robuste (Daumas et Monziols, 2016). Compte tenu des nombreux autres avantages de la tomographie RX, c'est cette méthode qui a été utilisée ici pour mesurer la composition des pièces.

L'objectif de cet article est de comparer les précisions des deux méthodes I-M et CGM pour prédire la composition des pièces majeures de découpe, exprimée par la proportion de muscle dans la pièce.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Dispositif expérimental

Les données utilisées pour cette étude sont celles de l'échantillon d'actualisation de l'équation de prédiction du Taux de Muscle des Pièces (TMP) par l'I-M (Blum *et al.*, 2014). Une taille d'échantillon de 250 avait été considérée comme un bon compromis entre coût et précision, permettant d'avoir suffisamment de variabilité et de viser une bonne représentativité. La représentativité avait été renforcée par une stratification sur le sexe dans les mêmes proportions que dans la population de 2012, soit environ la moitié de femelles et la moitié de mâles castrés.

L'essai s'est déroulé dans trois abattoirs. Toutes les carcasses sélectionnées ont été mesurées par l'I-M sur la chaîne d'abattage et par le CGM. Après réfrigération, les demi-carcasses gauches ont été transportées quotidiennement de chaque abattoir à l'IFIP à Romillé (35).

Le lendemain de la tuerie, ces demi-carcasses ont été préparées et découpées selon la procédure européenne (Figure 1 ; Walstra et Merkus, 1996). Les quatre pièces principales (jambon, longe, 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 mA, 3 mm d'épaisseur de coupe, scan hélicoïdal, FoV 500x500 mm, matrice d'acquisition 512x512, filtre de reconstruction B30S (tissus mous).

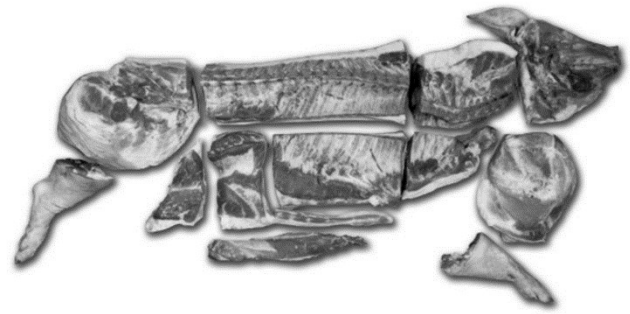


Figure 1 – Découpe européenne normalisée

1.2. Méthodes de classement des carcasses

1.2.1. CGM

Le Capteur Gras/Maigre, appelé CGM, a été développé par la société bretonne Sydel à la demande d'Uniporc Ouest. Il est commercialisé depuis 1993. L'appareil est basé sur la réflectance différente des tissus gras et musculaire. Il appartient à la catégorie des sondes opto-électroniques. Manipulé par un opérateur, il est dit « semi-automatique ». Sa résolution est de 0,125 mm.

La méthode CGM, basée sur un seul site de mesure, a été introduite en juillet 2008 (Commission européenne, 2008a ; Daumas *et al.*, 2010). Elle est basée sur deux épaisseurs, exprimées en mm, et mesurées selon une trajectoire parallèle à la ligne médiane, entre les 3^{ème} et 4^{ème} dernières côtes, à 6 cm de la fente :

- G2 = L'épaisseur de gras sous-cutané, couenne comprise,
- M2 = L'épaisseur de la noix de côtelette, muscle *long dorsal*.

1.2.2. CSB Image-Meater

La méthode de classement dénommée « CSB Image-Meater » a été autorisée en juin 2013 (Commission européenne, 2013). L'appareil CSB-Image-Meater® est manufacturé et commercialisé par la société CSB-System AG (Geilenkirchen, Allemagne). Par la suite, cet appareil est dénommé « I-M ».

Cet appareil de vision, entièrement automatique, est équipé d'une caméra vidéo. La caméra prend une image de la fente de la demi-carcasse à la jonction entre le jambon et la longe. Seize variables sont extraites de cette image : huit épaisseurs de gras sous-cutané, six de muscle et deux longueurs.

Le principe initial de l'appareil était d'automatiser la méthode manuelle, connue sous l'abréviation allemande ZP, de l'allemand Zwei-Punkt (deux points) (Font-i-Furnols *et al.*, 2016). Même si d'autres variables ont été mesurées, les variables ZP (G3 et M3) restent les plus importantes.

A ces deux épaisseurs, les professionnels français ont souhaité rajouter deux autres épaisseurs de gras et de muscle afin, d'une part, d'améliorer un peu la précision et, d'autre part, de construire un système d'alarmes en conditions industrielles. Ces deux épaisseurs additionnelles (G4 et M4) correspondent à une moyenne sur quatre vertèbres lombaires. Les épaisseurs de gras (G3 et G4) sont représentées sur la figure 2 et celles de muscle (M3 et M4) sur la figure 3. Ce sont ces quatre variables qui ont été analysées dans cet article.

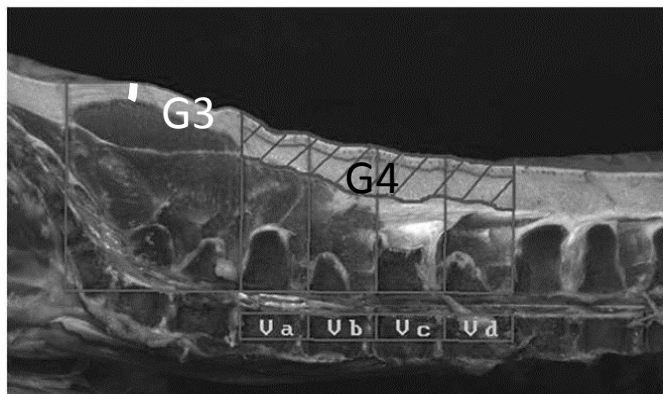


Figure 2 – Epaisseurs de gras G3 (trait blanc) et G4 (zone hachurée) mesurées par la méthode Image-Meater

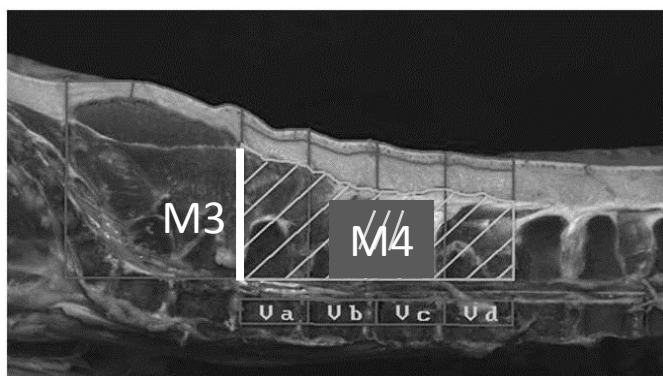


Figure 3 – Epaisseurs de muscle M3 (trait blanc) et M4 (zone hachurée) mesurées par la méthode Image-Meater

Les définitions précises des quatre épaisseurs sont les suivantes :

- G3 est l'épaisseur minimale de gras (couenne incluse), recouvrant le muscle *gluteus medius*,
- G4 est l'épaisseur moyenne de gras (couenne incluse) recouvrant quatre vertèbres lombaires, dénommées Va à Vd,
- M3 est l'épaisseur minimale de muscle, entre l'extrémité antérieure du muscle *gluteus medius* et la partie dorsale du canal médullaire,
- M4 est l'épaisseur moyenne de muscle recouvrant quatre vertèbres lombaires, dénommées Va à Vd.

1.3. Analyse des images tomographiques

Les images tomographiques ont été analysées selon la procédure développée par Daumas et Monziols (2011). Le volume de muscle de chacune des pièces a été obtenu par seuillage dans l'intervalle 0-120 unités Hounsfield. Leur poids a ensuite été calculé en multipliant leur volume par une densité fixe de 1,04.

Puis, par analogie avec le TMP issu de la dissection manuelle (Commission européenne, 2008b ; Daumas, 2008a), a été calculé le TMP issu de la tomographie RX (TMP_{rx}). La proportion de muscle dans les pièces principales a donc été multipliée par le facteur 0,89, selon la formule ci-dessous :

$$\text{TMP}_{\text{rx}} = 0,89 \times 100 \frac{\text{FM} + 1,04 \sum \text{volume de muscle (J, L, E, P)}}{\text{FM} + \sum \text{poids (J, L, E, P)}}$$

où FM, J, L, E, P représentent le poids respectif des pièces suivantes : Filet Mignon, Jambon, Longe, Epaule, Poitrine.

Le filet mignon étant assimilé à du muscle dans la procédure européenne, il a simplement été pesé et n'a pas été scanné.

1.4. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été faites avec le logiciel SAS version 9.4 (SAS Inst. Inc., 2012). Les statistiques descriptives et les corrélations ont été calculées respectivement par les procédures MEANS et CORR.

Des modèles de régression linéaire ont été posés entre le pourcentage de muscle de chaque pièce et les épaisseurs de gras et de muscle de chacune des deux méthodes de classement. Les paramètres ont été estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires, en utilisant la procédure REG.

2. RESULTATS

2.1. Statistiques descriptives univariées

Neuf carcasses ont été écartées pour cause d'identification erronée par l'appareil I-M. L'échantillon complet comptait donc 241 carcasses. Le tableau 1 rassemble les principales statistiques descriptives de cet échantillon.

Tableau 1 – Statistiques descriptives des épaisseurs mesurées par CGM (G2, M2) et par Image-Meater (G3-M4), des pourcentages de muscle des pièces et du TMP (TMP_{rx}) obtenus par tomographie (n = 241)

Variables	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
G2, mm	14,5	3,2	6,5	24,8
M2, mm	59,4	5,5	38,8	76,0
G3, mm	13,8	3,9	5,4	27,5
G4, mm	24,1	3,6	12,1	35,2
M3, mm	74,0	6,9	56,4	95,9
M4, mm	54,9	5,2	43,1	69,8
Jambon, %m*	73,5	3,0	65,0	81,2
Epaule, %m*	69,1	3,0	59,3	76,4
Longe, %m*	61,1	4,7	48,5	73,0
Poitrine, %m*	57,8	5,1	45,0	71,7
TMP _{rx} , %m*	60,3	3,3	51,7	69,0

*pourcentage de muscle en poids

Concernant la composition des pièces de l'échantillon, le jambon présente le pourcentage de muscle le plus élevé (74 %) devant l'épaule (69%). La longe (61 %) présente un pourcentage de muscle voisin du TMP (60 %), qui est censé représenter le pourcentage de muscle de la carcasse. Il est important de rappeler qu'il s'agit d'une longe avec bardière. Enfin, la poitrine affiche le taux le plus faible (58 %).

L'écart type du pourcentage de muscle du jambon et de l'épaule (3,0) est beaucoup plus faible que ceux du pourcentage de muscle de la longe (4,7) et de la poitrine (5,1). Cela se traduit par des coefficients de variation inférieurs de moitié, 4 % contre 8 % environ.

2.2. Corrélations

Le tableau 2 rassemble l'ensemble des corrélations entre épaisseurs des méthodes de classement (CGM et I-M) et pourcentages de muscle des pièces.

2.2.1. Corrélations entre épaisseurs (prédictrices)

Pour le CGM, les prédictrices sont quasi-indépendantes.

Pour l'I-M, les corrélations entre épaisseurs de gras et de muscle ne sont pas significatives. Par contre, les épaisseurs d'un même tissu sont assez fortement corrélées entre elles ($r=0,70$ pour le gras et $0,78$ pour le muscle). Bien que cette colinéarité provoque de l'instabilité des coefficients de régression, elle affecte très peu l'écart type résiduel (cf. 2.3).

Les corrélations entre CGM et I-M sont de l'ordre de 0,6-0,7 pour les épaisseurs de gras et d'environ 0,4 pour les épaisseurs de muscle.

2.2.2. Corrélations entre pourcentages de muscle des pièces (variables à prédire)

Le TMPrx est corrélé en moyenne à 0,95 avec le pourcentage de muscle de chacune des pièces qui le composent. Les corrélations entre les pourcentages de muscle des pièces entre elles sont comprises entre 0,84 et 0,90.

2.2.3. Corrélations entre épaisseurs (prédictrices) et pourcentages de muscle (variables à prédire)

Les corrélations sont plus faibles pour l'I-M que pour le CGM. Pour le CGM, la corrélation avec le TMPrx est de -0,81 pour G2 et 0,32 pour M2. Les corrélations avec le pourcentage de muscle de chaque pièce sont comprises entre -0,72 et -0,82 pour G2 et

entre 0,26 et 0,33 pour M2. Les corrélations les plus élevées sont avec le pourcentage de muscle de la longe, et les plus faibles avec le pourcentage de muscle de l'épaule.

Pour l'I-M, les corrélations avec le TMPrx sont pour le gras de -0,68 pour G3 et -0,52 pour G4, et pour le muscle de 0,30 pour M3 et 0,15 pour M4. Pour les pièces, les corrélations sont également meilleures avec les mesures de la méthode ZP (G3 et M3). Avec G3, elles sont comprises entre -0,60 et -0,67, et avec M3 entre 0,23 et 0,30. Avec M4, la corrélation est non significative pour le pourcentage de muscle de la poitrine ; les probabilités critiques pour les autres pièces sont comprises entre 1 % et 3 %. Pour toutes les épaisseurs I-M, les corrélations les plus fortes sont avec le pourcentage de muscle du jambon et de la longe, et les plus faibles avec le pourcentage de muscle de l'épaule et de la poitrine.

Tableau 2 – Corrélations entre épaisseurs des méthodes de classement (CGM, G2, M2 ; Image-Meater, G3, G4, M3, M4) et pourcentages de muscle des pièces (valeurs au-dessus de la diagonale) et probabilités critiques (en-dessous de la diagonale)

	G2	G3	G4	M2	M3	M4	L% ^{m*}	J% ^{m*}	E% ^{m*}	P% ^{m*}	TMPrx
G2	1	0,69	0,63	-0,13	-0,12	0,04	-0,82	-0,75	-0,72	-0,78	-0,81
G3	<0,0001	1	0,70	-0,04	-0,10	0,12	-0,67	-0,68	-0,61	-0,60	-0,68
G4	<0,0001	<0,0001	1	0,16	0,08	0,09	-0,51	-0,50	-0,44	-0,47	-0,52
M2	0,0427	0,5418	0,0143	1	0,39	0,42	0,33	0,33	0,26	0,27	0,32
M3	0,0687	0,1408	0,1937	<0,0001	1	0,78	0,30	0,30	0,28	0,23	0,30
M4	0,5301	0,0608	0,1828	<0,0001	<0,0001	1	0,15	0,16	0,14	0,10	0,15
L% ^m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0199	1	0,87	0,84	0,88	0,96
J% ^m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0134	<0,0001	1	0,90	0,87	0,96
E% ^m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0271	<0,0001	<0,0001	1	0,90	0,94
P% ^m	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0003	0,1350	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1	0,94
TMPrx	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0231	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1

*pourcentage de muscle en poids de la Longe (L), du Jambon (J), de l'Epaule (E) et de la Poitrine (P)

2.3. Régressions

Pour le CGM, l'épaisseur de muscle (M2) n'était pas significative pour l'estimation du pourcentage de muscle de l'épaule. Pour l'I-M, l'épaisseur moyenne de muscle de (M4) n'étant pas significative, les paramètres ont été estimés à partir du modèle à trois variables : G3, G4, M3. L'épaisseur moyenne de gras (G4) n'était pas significative pour l'estimation du pourcentage de muscle de l'épaule. La suppression générale du G4 ne dégradait que très peu la précision : augmentation maximum de l'ETR de 0,04 et diminution du coefficient de détermination (R^2) de 0,01.

Le tableau 3 donne la précision du CGM et de l'I-M pour les modèles à trois variables. En termes de R^2 , pour le CGM, l'ordre décroissant était : longe, poitrine-jambon, épaule. Cet ordre était similaire à celui de la corrélation avec G2. Cela s'explique par le fait que la corrélation entre G2 et M2 étant très faible, le R^2 est à peu près égal à la somme des carrés des corrélations avec G2, d'une part, et M2, d'autre part. Or, le R^2 du M2 ne dépassait pas 0,1 alors que le R^2 du G2 était toujours supérieur à 0,5. C'est donc l'épaisseur de gras qui déterminait la hiérarchie.

Ceci était aussi valable pour l'I-M, pour lequel l'ordre décroissant était : jambon-longe, épaule-poitrine. En effet, d'une part, les corrélations entre épaisseurs de gras (G3 et G4) et de muscle (M3 et M4) ne dépassaient pas 0,1 en valeur absolue. Et d'autre part, les épaisseurs de gras présentaient des corrélations nettement plus élevées que celles de muscle.

Néanmoins, la qualité de l'ajustement était meilleure pour le CGM que pour l'I-M et la hiérarchie des pièces était différente.

La baisse du R^2 était d'environ 0,12 pour les membres et 0,23 pour le tronc.

Tableau 3 – Coefficients de détermination (R^2) et écarts type résiduels (ETR) d'estimation des pourcentages de muscle des pièces pour le CGM et l'Image-Meater (I-M) (n = 241)

Pièces	R^2 CGM	R^2 I-M	ETR CGM	ETR I-M
Jambon, % ^{m*}	0,64	0,52	1,82	2,10
Epaule, % ^{m*}	0,55	0,43	2,00	2,27
Longe, % ^{m*}	0,73	0,51	2,40	3,25
Poitrine, % ^{m*}	0,65	0,41	3,02	3,91

*pourcentage de muscle en poids

En termes d'écart type résiduel (ETR), la hiérarchie des pièces était identique pour les deux méthodes : jambon, épaule, longe, poitrine, selon un ordre croissant (Tableau 3). La différence de hiérarchie avec le R^2 s'explique par la relation liant ces deux variables. La variance résiduelle est égale au produit de $(1 - R^2)$ avec la variance du pourcentage de muscle. Or, les écarts types (ET) du pourcentage de muscle de la longe et de la poitrine étaient plus de 1,5 fois supérieur à ceux du pourcentage de muscle du jambon et de l'épaule (Tableau 1). Cela les pénalisait suffisamment pour que la hiérarchie des ETR soit la même que celle des ET des pourcentages de muscle.

Néanmoins, les R^2 étant plus élevés pour le CGM, les ETR étaient donc plus faibles. L'ETR a augmenté de 15 % environ entre le CGM et l'I-M pour les membres, passant de 1,8 à 2,1 pour le jambon et de 2,0 à 2,3 pour l'épaule. Par contre, il a augmenté de 30 à 35 % pour le tronc, passant de 2,4 à 3,3 pour la longe et de 3,0 à 3,9 pour la poitrine.

3. DISCUSSION

3.1. Epaisseurs de gras et de muscle

Les moyennes CGM étaient proches de celles de la population lors de l'essai. En 2012, le G2 était de 14,4 dans la zone Uniporc Ouest et compris entre 14,8 et 16,0 dans les autres régions. Le M2 était de 60,7 dans la zone Uniporc Ouest et compris entre 59,6 et 62,0 dans les autres régions (IFIP, 2013).

Trois ans plus tard, l'épaisseur de gras a diminué un peu et l'épaisseur de muscle a très légèrement augmenté. En 2015, le G2 était de 13,9 dans la zone Uniporc Ouest et compris entre 14,6 et 15,4 dans les autres régions. Le M2 était de 61,0 dans la zone Uniporc Ouest et compris entre 59,7 et 62,2 dans les autres régions (IFIP, 2016). Une partie de l'évolution est à attribuer au développement du mâle entier, dont la proportion a atteint environ 13 % en 2015.

Les moyennes I-M étaient en 2015 assez proches également de celles de la population lors de l'essai. Les épaisseurs I-M de gras G3 et G4 étaient respectivement de 13,9 et 23,5, alors que les épaisseurs de muscle M3 et M4 étaient respectivement de 75,8 et 57,8 (IFIP, 2016).

Les évolutions des épaisseurs, à l'exception du M4, sont inférieures à un demi écart-type. Compte tenu de la linéarité de ces épaisseurs avec le TMP et avec le pourcentage de muscle de chacune des pièces, les inférences à partir de l'échantillon restent valables actuellement.

3.2. Composition des pièces

La découpe vise notamment à séparer les morceaux maigres des gras. Jambon et épaule sont des pièces maigres. La poitrine est la pièce la plus grasse. La longe avec bardière présente un pourcentage de muscle intermédiaire. La majeure partie du gras se déposant sur le dos, sous la couenne, la bardière est levée en découpe primaire industrielle. La longe sans bardière devient alors une pièce noble, avec un pourcentage de muscle élevé.

Cette hiérarchie des pièces, selon cette découpe européenne normalisée est constante dans la littérature (Hulsegge *et al.*, 1994 ; Branscheid et Dobrowolski, 1996 ; Willam et Frickh, 1998 ; Winarski *et al.*, 2004 ; Daumas, 2010 ; Judas *et al.*, 2012).

En termes de dispersion (ET) du pourcentage de muscle, les deux groupes de pièces, jambon et épaule d'un côté, et longe et poitrine de l'autre, étaient aussi présents dans les publications les plus récentes (Willam et Frickh, 1998 ; Winarski *et al.*, 2004 ; Judas *et al.*, 2012). Les ET étaient environ 1,5 fois plus élevées dans la longe et la poitrine que dans le jambon et l'épaule.

Concernant les liens entre variables, Draxl (2006) a publié les corrélations entre pourcentages de muscle des pièces. La poitrine était la pièce la moins bien corrélée (0,79 à 0,84) avec les autres ; ces valeurs étaient inférieures aux nôtres (0,87 à 0,90). Les trois autres corrélations étaient comprises entre 0,87 et 0,91, dont celle entre épaule et jambon (0,90), supérieure à la nôtre (0,84).

3.3. Précision des appareils de classement

Le R² du CGM est le plus élevé pour la longe, ce qui semble logique, le site de mesure se trouvant sur la longe. De plus, la zone des dernières côtes, à la jonction entre thorax et abdomen, est connue comme étant la meilleure zone prédictive de la

composition de la carcasse, la raison supposée étant que c'est la dernière à se développer (Kempster *et al.*, 1982).

Les mesures de l'Image-Meater étant, d'une part, à la jonction entre longe et jambon et, d'autre part, sur la fente, dont les mesures sont moins bonnes prédictives que les mesures latérales, il semble logique que les R² de l'I-M soient plus faibles que ceux du CGM. Ceux de la longe et de la poitrine sont les plus impactés ; en revanche, celui du jambon est moins touché, ce qui pourrait être lié à la proximité de mesure.

Branscheid *et al.* (2003) avaient trouvé pour la poitrine un écart de R² plus faible entre une sonde opto-électronique (FOM) et un appareil de vision (VCS 2000), 0,67 vs 0,61. Mais ce dernier dispose d'une caméra additionnelle prenant une image du coffre, ce qui explique probablement ce gain de précision.

La hiérarchie identique des pièces en termes d'ETR et d'ET est conforme aux résultats de Hulsegge *et al.* (1992). C'est également le cas en France pour les essais d'actualisation des méthodes de classement en 2005 et de contrôle des méthodes de classement en 2008 (Daumas, 2015).

L'erreur de prédiction de la poitrine, qui était déjà la plus grande avec le CGM, a encore augmenté de façon conséquente. Ceci est particulièrement fâcheux, sachant que la poitrine est une pièce dont le classement prend de plus en plus d'importance. Actuellement, le classement est essentiellement visuel, basé sur l'état d'engraissement, avec un tri en trois ou quatre classes. Le critère d'intérêt, non accessible facilement, est le pourcentage de gras, avec lequel le pourcentage de muscle est fortement lié. Un pré-tri des poitrines à partir de l'I-M est donc moins efficace qu'avec le CGM.

La deuxième pièce dont le classement est important, est le jambon. Un premier tri est effectué sur la base d'une épaisseur de gras à la coupe, pour déterminer une destination vers le cuit ou vers le sel-sec. Puis, pour les jambons pour le cuit, le pourcentage de muscle est alors le critère principal d'intérêt. Celui-ci est le mieux prédit parmi les quatre pièces, mais sa prédiction semble un peu moins bonne avec l'I-M.

Néanmoins, ces valeurs sont à relativiser, car les intervalles de confiance sont probablement assez élevés. Ainsi, Engel *et al.* (2012), évaluant la précision de prédiction du TMP par trois appareils, ont conclu que ceux-ci pouvaient avoir une précision similaire. Les erreurs de prédictions du CGM et de l'I-M ont été estimées, par validation croisée, respectivement à 2,20 et 2,02 sur 160 carcasses. L'intervalle de confiance à 95 % de l'ETR a été estimé à $\pm 0,2$.

En utilisant cet ordre de grandeur, nous pourrions en déduire que CGM et I-M pourraient avoir une précision similaire dans les essais :

- en Belgique, 1,91 vs 2,27 (Seynaeve *et al.*, 2012),
- en Pologne, 2,16 vs 2,26 (Lisiak *et al.*, 2012),
- en France, 2,03 (Daumas, 2010) vs 2,20 (Daumas, 2008b ; Daumas et Causeur, 2008).

Par contre, dans notre essai de 2012, les ETR du CGM et de l'I-M, de 1,74 et 2,24, sont vraisemblablement statistiquement différents. S'il en est de même pour la longe et la poitrine, c'est moins évident pour le jambon et l'épaule.

Toutefois, dans quatre essais sur cinq, les erreurs de prédiction du TMP par le CGM se sont avérées inférieures à celles par l'I-M. Aussi, le manque de significativité des différences entre appareils pourrait provenir d'un manque de puissance.

CONCLUSION

L'augmentation de 20 % de l'erreur de prédiction du TMP pour l'I-M par rapport au CGM n'est pas homogène entre les pièces. L'erreur a augmenté beaucoup plus fortement dans le tronc (longe et poitrine, 30 à 35 %), que dans les membres (jambon et épaule, 15 % environ). Par contre, la hiérarchie des pièces a été conservée : jambon, épaule, longe, poitrine, selon une erreur croissante. Pour l'I-M, l'erreur d'estimation du pourcentage de muscle de la poitrine (3,9) est presque le double de celle du pourcentage de muscle du jambon (2,1).

En supposant que les résultats soient extrapolables à la découpe industrielle, l'aide du classement des carcasses à l'orientation de la découpe dans les grands ateliers, équipés en I-M, devrait se trouver affaiblie. Des améliorations sont à rechercher au niveau de la modélisation, de l'extraction de variables supplémentaires de l'image, voire à l'acquisition d'informations additionnelles hors champ de l'image actuelle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient FranceAgriMer et Inaporc pour leur participation financière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blum Y., Monziols M., Causeur D., Daumas G., 2014. Recalibrage de la principale méthode de classement des porcs en France. Journées Rech. Porcine, 46, 39-43.
- Branscheid W., Dobrowolski A., 1996. Zur Genauigkeit der Video Image-Analyse: Erfassung des Teilstückwertes und der Fleischhelligkeit von Schweineschlachtkörpern. Fleischwirtsch., 76, 1228-1238.
- Branscheid W., Höreth R., Baulain U., Tholen E., Dobrowolski A., 2003. Schätzung der Schlachtkörperzusammensetzung auf der Basis der Kombination von Klassifizierungsgeräten mit der Videobildauswertung. Mitteilungsblatt BAFF 42, 161, 259-265.
- Commission européenne, 2008a. Décision 2008/677/CE de la Commission du 28 juillet 2008 modifiant la décision 2006/784/CE relative à l'autorisation d'une méthode de classement de carcasses de porcs en France. JO L 221 du 19.8.2008, p. 30.
- Commission européenne, 2008b. Règlement (CE) n° 1249/2008 du 10 décembre 2008 portant modalités d'application des grilles communautaires de classement des carcasses de bovins, de porcins et d'ovins et de la communication des prix y afférents. JO L 337 du 16.12.2008, p. 3.
- Commission européenne, 2013. Décision 2013/282/UE d'exécution de la Commission du 11 juin 2013 modifiant la décision 2006/784/CE en ce qui concerne la formule d'une méthode de classement des carcasses de porcs autorisée en France. JO L 161 du 13.6.2013, p. 10.
- Daumas G., 2008a. Taux de muscle des pièces et appréciation de la composition corporelle des carcasses. Journées Rech. Porcine, 40, 61-68.
- Daumas G., 2008b. La visionique désormais autorisée en France pour le classement des carcasses : avec le CSB IMAGE-MEATER. TechniPorc, 31, N°3, 13-14.
- Daumas G., 2010. Composition des carcasses de porcs charcutiers. TechniPorc, 33, N°1, 37-40.
- Daumas G., 2015. Tri des pièces à partir des informations du classement des carcasses. Rapport d'étude IFIP, mai 2015, 76 p.
- Daumas G., Causeur D., 2008. Tests d'homologation des appareils automatiques de classement des carcasses de porc. Journées Rech. Porcine, 40, 91-92.
- Daumas 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.
- Daumas G., Monziols M., 2016. La tomographie à rayons X : référence pour la classification des porcs. Cahiers IFIP, 3(1), 59-72.
- Daumas G., Causeur D., Prédin J., 2010. Validité de l'équation française de prédiction du taux de muscle des pièces (TMP) des carcasses de porc par la méthode CGM. Journées Rech. Porcine, 42, 229-230.
- Draxl C., 2006. Zerlegeversuch Schweineklassifizierung 2005 – Ergebnisse im Detail. Vös Magazin 2: 2006, 10-11.
- Engel, B., Lambooi, E., Buist, W.G., Vereijken, P., 2012. Lean meat prediction with HGP, CGM and CSB-Image-Meater, with prediction accuracy evaluated for different proportions of gilts, boars and castrated boars in the pig population. Meat Sci., 90, 338-344.
- Font-i-Furnols M., Čandek-Potokar M., Daumas G., Gispert M., Judas M., Seynaeve M., 2016. Comparison of national ZP equations for lean meat percentage assessment in SEUROP pig classification. Meat Sci., 113, 1-8.
- Hulsegge B., Sterrenburg P., Merkus G.S.M., 1992. Predicting the lean content: is a single measurement sufficient? Pigs Misset, Sept-Oct '92, 42-43.
- Hulsegge B., Sterrenburg P., Merkus G.S.M., 1994. Prediction of lean meat proportion in pig carcasses and in the major cuts from multiple measurements made with the Hennessy Grading Probe, Anim. Prod., 59, 119-123.
- IFIP, 2013. Le porc par les chiffres. Edition 2013-2014. Ed. IFIP, Paris, 44 p.
- IFIP, 2016. Le porc par les chiffres. Edition 2016-2017. Ed. IFIP, Paris, 44 p.
- Judas M., Branscheid W., Höreth R., 2012. Neue Ergebnisse zur Variabilität der Gewebeanteile beim Schwein. Mitteilungsblatt Fleischforschung Kulmbach 51, Nr. 195, 1-16.
- Kempster A. J., Cuthbertson A, Harrington G., 1982. Carcass evaluation in livestock, breeding, production and marketing. Granada Publishing, St. Albans, GB, 306 p.
- Lisiak D., Borzuta K., Janiszewski P., Magda F., Grzeskowiak E., Strzelecki J., Powalowski K., Lisiak B., 2012. Verification of regression equations for estimating pork carcass meatiness using CGM, IM-03, Fat-O-Meat'er II and UltraFom 300 devices. Ann. Anim. Sci., 12, 585-596.
- Olsen E.V., Christensen L.B., Nielsen D.B., 2017. A review of computed tomography and manual dissection for calibration of devices for pig carcass classification - Evaluation of uncertainty. Meat Sci., 123, 35-44.
- SAS Institute Inc., 2012. SAS /STAT Software Release 9.4, Cary, NC, USA.
- Seynaeve M., Lyen N., Lescouhier S., De Smet S., 2012. Part 2 of the protocol for updating the pig carcass classification methods and approval of CSB-Image-Meater, FOM II and AutoFOM III in Belgium. EC Working document, January 2012, 68 p.
- Walstra P., Merkus G.S.M., 1996. Procedure for assessment of the lean meat percentage as a consequence of the new EU reference dissection method in pig carcass classification. Report ID-DLO 96.014, March 1996, 22 p.
- Willam A., Frickh J., 1998. Grobgewebliche Zusammensetzung der wichtigsten Teilstücke von Schweinehälften. Der Förderungsdienst / beratungsservice, 3/1998, 13-16.
- Winarski R., Wajda S., Borzuta K., 2004. The use of longissimus dorsi muscle measurements in assessing meat content of pig carcasses. Anim. Sci. Pap. Rep., 22, 577-585.