

# Quantification des tissus musculaire et adipeux dans les carcasses et les pièces de découpe de porc à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique

Mathieu MONZIOLS (1-2), Guylaine COLLEWET (2), Michel BONNEAU (1),  
François MARIETTE (2), Armel DAVENEL (2), Maryline KOUBA (1)

(1) INRA-UMR - Veau et Porc, Agrocampus Rennes, 35590 Saint Gilles

(2) Cemagref, Unité Technologie des Equipements Agroalimentaires,  
17, avenue de Cucillé, CS 64427, 35044 Rennes cedex

## Quantification des tissus musculaire et adipeux dans les carcasses et les pièces de découpe de porc à l'aide de l'imagerie par résonance magnétique

L'objectif de ce travail était d'établir la possibilité de prédire la composition tissulaire des carcasses et pièces de découpe de porc à partir d'images des pièces obtenues par IRM (Imagerie par Résonance Magnétique). Les carcasses de 24 animaux présentant une grande variabilité de composition corporelle ont été découpées. Des images des pièces de découpe ont été acquises sur un imageur IRM bas champ, puis analysées pour différencier les pixels représentant les différentes fractions tissulaires pertinentes en termes de qualité des produits (muscle, gras sous-cutané et gras intermusculaire). Enfin, les pièces ont été disséquées pour mesurer le poids de leurs fractions tissulaires. L'IRM permet de bien prédire la teneur en muscle des pièces et de la carcasse avec des  $R^2$  compris entre 0,970 et 0,997. La prédiction des tissus adipeux est un peu moins bonne ( $0,951 < R^2 < 0,986$  pour le gras total;  $0,918 < R^2 < 0,994$  pour le gras sous-cutané). Dans l'état actuel de la méthode, la prédiction du gras intermusculaire n'est réalisée de façon acceptable que dans la poitrine ( $R^2 = 0,837$ ). Les images IRM de la poitrine permettent d'expliquer 89,2 % de la variance de la teneur en gras intermusculaire de la carcasse. Des pistes d'investigations complémentaires sont discutées, qui pourront permettre de progresser sur la rapidité d'acquisition et de traitement des images et sur la précision de la prédiction du tissu adipeux, en particulier de sa fraction intermusculaire.

## Quantification of muscle and fat in pig carcasses and cuts by magnetic resonance imaging

The aim of the present study was to determine the suitability of magnetic resonance imaging (MRI) to determine tissue composition of pig carcasses and cuts. Carcasses from a population of 24 animals, exhibiting large variations in carcass fatness, were cut into ham, loin, belly and shoulder. Images of the cuts were obtained with a low field scanner, and processed in order to determine clusters of pixels representing the various tissue fractions that are the most relevant for product quality (muscle, subcutaneous fat and intermuscular fat). The cuts were subsequently dissected in order to measure the weight of the tissue fractions. MRI provided of good prediction of muscle content in cuts and carcasses, with  $R^2$  ranging from 0.970 to 0.997. The prediction of fat was slightly worse ( $0.951 < R^2 < 0.986$  for total fat;  $0.918 < R^2 < 0.994$  for subcutaneous fat). In the current state of the method, the assessment of intermuscular fat is acceptable only in the belly ( $R^2 = 0.837$ ). IRM scan of the belly can explain 89.2 % of the total variation in intermuscular fat content of the carcass. Possible further investigations are discussed, with the aim of improving the speed of scanning and image processing, as well as the precision of the prediction of fat content, in particular for its intermuscular fraction.

## INTRODUCTION

Les proportions de tissus musculaires et adipeux sont une composante essentielle de la qualité des carcasses et des pièces de découpe de porc. La méthode de référence pour quantifier ces tissus est la dissection totale. Cette méthode consistant à séparer manuellement les divers tissus qui constituent la carcasse est longue, fastidieuse et destructrice, donc coûteuse. Il existe un certain nombre de méthodes instrumentales non invasives qui peuvent être utilisées dans l'étude de la composition des carcasses et parmi ces méthodes, l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) semble prometteuse. Cette technique, utilisée notamment en médecine humaine, et basée sur les propriétés magnétiques des atomes d'hydrogène, permet de réaliser des coupes virtuelles au sein des tissus biologiques. La plupart des études réalisées sur le porc ont été effectuées sur l'animal vivant (FOWLER et al, 1992 ; FULLER et al, 1994 ; BAULAIN, 1997 ; BAULAIN et al, 1996, 1998 ; MITCHELL et al, 2001). Plus récemment BAULAIN-NEUSTADT et al (2004) se sont intéressés à l'estimation de la composition des carcasses.

Dans le but d'apprécier l'intérêt d'une telle technique pour la quantification des tissus musculaires et adipeux des carcasses et des pièces de découpe de porc, nous avons mis en place une étude consistant à estimer les corrélations entre les données de dissection et des résultats obtenus par la méthode d'IRM couplée à des méthodes quantitatives d'analyse d'images complètement automatisées. Alors que les études réalisées à ce jour ne visaient qu'à estimer la quantité totale de muscle et/ou de gras, nous nous sommes attachés en outre à différencier les fractions sous-cutanées et intermusculaires des tissus adipeux, qui n'ont pas le même impact sur l'acceptabilité visuelle des viandes.

## 1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 1.1. Animaux, abattage et dissection

L'étude a été menée sur 24 animaux issus de 4 génotypes différents (Large-White X Meishan, Large-White X [Large-White X Meishan] , Large-White et Large-White X Piétrain) et de deux type sexuels pour chacun des génotypes (castrats

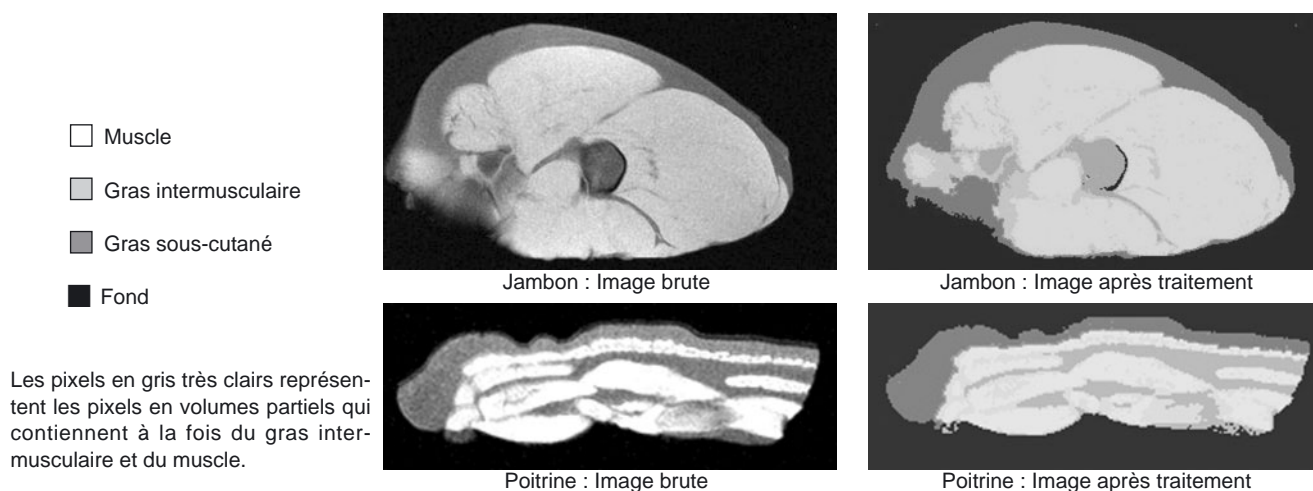
et femelles). Le choix des génotypes a été opéré en vue de disposer d'une large gamme de variation du développement des tissus adipeux et musculaire. Les animaux ont été abattus à un poids vif moyen de 115 kg à l'abattoir expérimental de l'INRA de Saint-Gilles. Après un ressuyage de 24h, chaque demi-carcasse gauche a été découpée en quatre pièces (Jambon, Rein, Épaule et Poitrine) selon la procédure hollandaise normalisée décrite par METAYER et DAUMAS (1998).

Les quatre pièces ont été ensuite transférées au CEMAGREF de Rennes en vue de l'acquisition des images IRM, puis ramenées à l'abattoir expérimental de l'INRA où la dissection totale a été réalisée. Celle-ci consiste à séparer manuellement les divers tissus en six fractions (peau, os, muscle, gras sous-cutané, gras intermusculaire et divers) qui sont ensuite pesées.

### 1.2. Acquisition et analyse des images IRM

L'acquisition des images a été effectuée au CEMAGREF avec un équipement d'IRM à bas champ (SIEMENS open, 0,2T), en utilisant l'antenne «corps». Durant toute l'analyse, les pièces ont été maintenues à une température de 5°C. Une séquence d'acquisition IRM en écho de gradient, développée par MALEYRAN-TOUSSAINT (2002), a permis d'obtenir des coupes transversales virtuelles avec les paramètres suivants : temps d'écho 8 ms, temps de répétition 700 ms, épaisseur de coupe 8 mm, distance entre coupes 2 mm, angle de bascule  $\alpha$  90°, pixels de 1mm\*1mm\*8mm, nombre d'accumulation 8. Sachant que 19 centimètres de pièce sont analysés à la fois, la table de l'imageur était déplacée autant de fois que nécessaire pour explorer l'ensemble de la pièce, soit deux fois pour le jambon, deux à trois fois pour l'épaule, trois à quatre fois pour la poitrine et cinq à six fois pour le rein. On a obtenu aux alentours de 250 images par porc.

Afin de s'affranchir des inhomogénéités induites par l'acquisition, les images IRM des pièces de porc ont été normalisées en les divisant par une image IRM d'un objet uniforme, selon un protocole développé au laboratoire (DAVENEL et al, 1999). Les images ont ensuite été analysées en trois étapes : la première a consisté à détecter la pièce de porc dans l'image, la deuxième à classifier les pixels de la pièce en



**Figure 1** - Images IRM d'un jambon et d'une poitrine après acquisition (images brutes) et après traitement permettant de définir la pièce et de segmenter les pixels représentant le muscle, le gras sous-cutané et le gras intermusculaire.

tissu musculaire ou tissu gras et enfin la troisième étape a permis de séparer les pixels du gras en pixels des gras sous-cutané et intermusculaire.

Pour la première étape, les images de la pièce d'intérêt ont été séparées du fond (air) à l'aide d'une détection de contours utilisant le filtre de DERICHE (1987). Ensuite, la segmentation des pixels de l'image représentant le muscle, le gras ou un mélange des deux (pixels dits de volumes partiels, situés aux interfaces gras/muscle) a été réalisée grâce à une adaptation de l'algorithme de segmentation markovienne développé par SHATTUCK et al (2001), implémentée en C puis interfacée sous le logiciel SCILAB. Une fois les volumes partiels détectés, les parties de muscle et de gras qu'ils contiennent ont été calculées.

La dernière étape du traitement des images a consisté à segmenter les gras sous-cutané et intermusculaire, à l'aide d'une succession d'opérations de morphologie mathématique visant à effectuer une fermeture du tissu musculaire afin d'isoler le gras sous-cutané. Le gras intermusculaire a été estimé comme étant le tissu adipeux résiduel après cette isolation. Tout comme les programmes précédents, la procédure est codée en C puis interfacée sous SCILAB.

L'analyse d'images donne ainsi un nombre de pixels représentant le muscle et les deux tissus adipeux pour chaque pièce et donc aussi pour l'ensemble de la demi carcasse. Un pixel correspondant à un volume de 8 mm<sup>3</sup>, le nombre de pixels représentant un tissu permet d'en estimer le volume. La figure 1 présente des images IRM de coupe transversale de jambon et de poitrine avant (partie gauche) et après le traitement d'image (partie droite).

### 1.3. Analyses statistiques

Les équations de prédiction des poids ou des proportions de tissus ont été obtenues par des régressions linéaires, simples ou multiples, calculées avec la procédure REG de SAS (1999). La qualité des prédictions est appréciée par l'écart type résiduel et le coefficient de détermination ( $R^2$ , qui donne le pourcentage de la variance totale expliquée par le modèle).

## 2. RÉSULTATS

### 2.1. Prédiction des tissus musculaire et adipeux dans les pièces de découpe

Le tableau 1 présente les résultats des équations de régression des poids de tissu obtenus par dissection (muscle, gras total, gras sous-cutané ou gras intermusculaire) sur le nombre de pixels représentant ces tissus dans les images IRM de chacune des 4 pièces de découpe. Il présente aussi les régressions de la proportion de ces tissus (par rapport au poids de chaque pièce) sur la proportion des pixels les représentant (par rapport au nombre total de pixels de l'image IRM de la pièce).

Pour le gras intermusculaire, des régressions multiples ont en outre été calculées, dans lesquelles les variables explicatives comprennent les pixels de la pièce entière, du muscle et du gras sous-cutané, en sus des pixels de gras intermusculaire (lignes «N pix MG» et «% pix MG» dans le tableau 1).

Sauf pour la poitrine, la qualité de la prédiction du muscle est meilleure pour le poids ( $R^2$  compris entre 0,978 et 0,997) que pour la proportion ( $R^2$  compris entre 0,957 et 0,988). Les écarts-types résiduels pour le poids de muscle sont

**Tableau 1** - Prédiction des poids ou des proportions de tissus dans les pièces de découpe à partir de leurs images IRM

Variables prédites	Variables prédictrices	$R^2$				Ecart type résiduel, g ou %			
		Jambon	Rein	Epaule	Poitrine	Jambon	Rein	Epaule	Poitrine
Muscle									
- poids, g	N pixels <sup>b</sup>	0,997	0,995	0,978	0,970	82	122	129	81
- % <sup>a</sup>	% pixels <sup>c</sup>	0,970	0,988	0,957	0,978	1,29	1,12	1,55	1,48
Gras total									
- poids, g	N pixels <sup>b</sup>	0,897	0,981	0,877	0,962	143	203	292	152
- % <sup>a</sup>	% pixels <sup>c</sup>	0,955	0,985	0,951	0,960	1,37	1,27	1,86	1,81
Gras sous-cutané									
- poids, g	N pixels <sup>b</sup>	0,935	0,993	0,938	0,938	104	105	180	149
- % <sup>a</sup>	% pixels <sup>c</sup>	0,972	0,994	0,965	0,918	0,99	0,69	1,35	2,20
Gras intermusculaire									
- poids, g	N pixels <sup>b</sup>	0,120	0,413	0,016	0,817	108	213	158	131
	N pix MG <sup>d</sup>	0,321	0,813	0,366	0,837	103	129	136	133
- % <sup>a</sup>	% pixels <sup>c</sup>	0,093	0,522	0,068	0,794	1,05	1,34	1,57	1,80
	% pix MG <sup>e</sup>	0,234	0,812	0,419	0,798	1,01	0,88	1,30	1,88

<sup>a</sup> Proportion de tissu, par rapport au poids de la pièce.

<sup>b</sup> Nombre de pixels des images IRM de la pièce, représentant le tissu de la variable prédite.

<sup>c</sup> Proportion de pixels représentant le tissu de la variable prédite, par rapport au nombre de pixels de l'image IRM de la pièce entière.

<sup>d</sup> Nombres de pixels représentant la pièce entière, le muscle, le gras sous-cutané et le gras intermusculaire dans les images IRM de la pièce (régression multiple).

<sup>e</sup> Proportions de pixels représentant le muscle, le gras sous-cutané et le gras intermusculaire par rapport au nombre de pixels des images IRM de la pièce entière (régression multiple).

faibles, entre 81 et 129 g, à comparer avec les valeurs du poids de muscle dans les pièces (figure 2).

Pour les gras total et sous-cutané, c'est la proportion qui est mieux prédite que le poids, à l'exception de la poitrine. Les coefficients de détermination sont plus faibles ( $R^2$  compris entre 0,955 et 0,985) que pour la prédiction du muscle. Les écarts-types résiduels sont compris entre 1,3 et 1,9 % de gras total et entre 0,7 et 2,2 % de gras sous-cutané.

La prédiction du gras intermusculaire à partir des seuls pixels représentant ce tissu n'est pas de bonne qualité, particulièrement dans le jambon et dans l'épaule où les coefficients de détermination sont inférieurs à 0,12. Cette prédiction est meilleure dans le rein ( $R^2 = 0,413-0,522$ ) et surtout dans la poitrine ( $R^2 = 0,794-0,817$ ). A l'exception de la poitrine, la prise en compte des pixels de la pièce totale, du muscle et du gras sous-cutané, en sus de ceux représentant le gras intermusculaire, permet d'améliorer la qualité de la prédiction, particulièrement dans le cas du rein où l'on obtient un  $R^2$  de 0,812. Les écarts-types résiduels (entre 0,9 à 1,9 % de gras intermusculaire) sont élevés, comparativement aux valeurs moyennes de gras intermusculaire observées (de 3,6 % dans le jambon à 17,2 % dans la poitrine).

## 2.2. Prédiction du muscle, du gras total et du gras sous-cutané dans la demi carcasse

Pour le muscle, le gras total et le gras sous-cutané, les variables explicatives des régressions ne comprennent que

les pixels représentant le tissu considéré (tableau 2). Nous nous sommes attachés à trouver la meilleure prédiction obtenue à partir des images IRM d'une seule pièce, puis de 2, 3 ou 4 pièces.

Pour les 3 tissus, ce sont les images IRM du rein qui permettent d'obtenir les meilleures prédictions avec un écart-type résiduel de 713 g de muscle (figure 3, partie gauche), 1,4 % de gras total et 1,2 % de gras sous-cutané. La meilleure deuxième pièce à prendre en compte pour améliorer la qualité de la prédiction est le jambon pour le muscle et la poitrine pour les gras total et sous-cutané. Les écarts-types résiduels obtenus avec les images IRM de 2 pièces sont ainsi de 371 g de muscle (figure 3, partie droite), 1,2 % de gras total et 0,8 % de gras sous-cutané. La prise en compte des images de l'ensemble des 4 pièces de découpe permet de diminuer encore les écarts-types résiduels qui se montent alors à 284 g de muscle, 1,1 % de gras total et 0,6 % de gras sous-cutané.

## 2.3. Prédiction du gras intermusculaire dans la demi carcasse

Pour le gras intermusculaire, les variables explicatives comprennent les pixels de la pièce entière, du muscle, du gras sous-cutané et du gras intermusculaire (tableau 3). Les images IRM de la poitrine permettent d'obtenir la meilleure prédiction du gras intermusculaire total de la demi carcasse, avec un  $R^2$  de 0,892 et un écart-type résiduel de 0,61 % de gras (figure 4). La prise en compte des images IRM de plu-

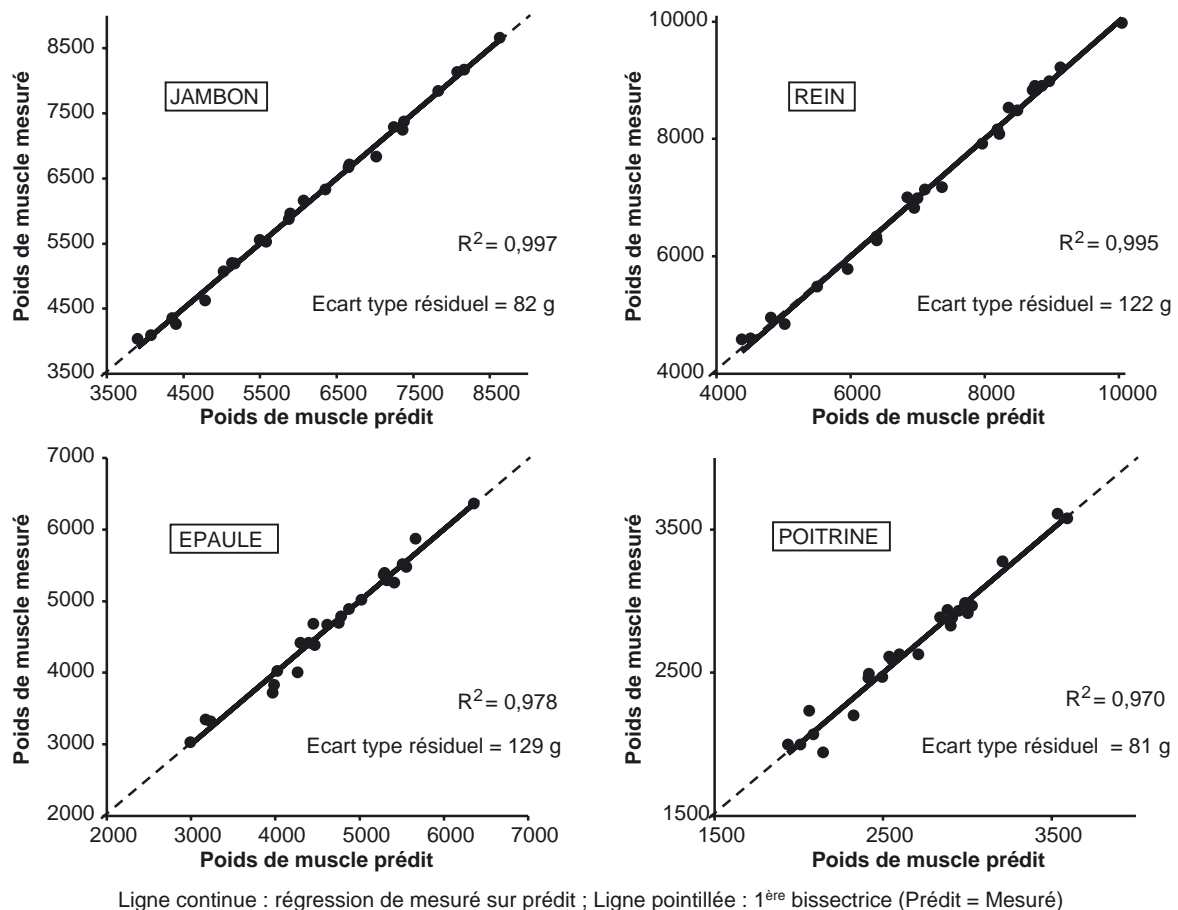


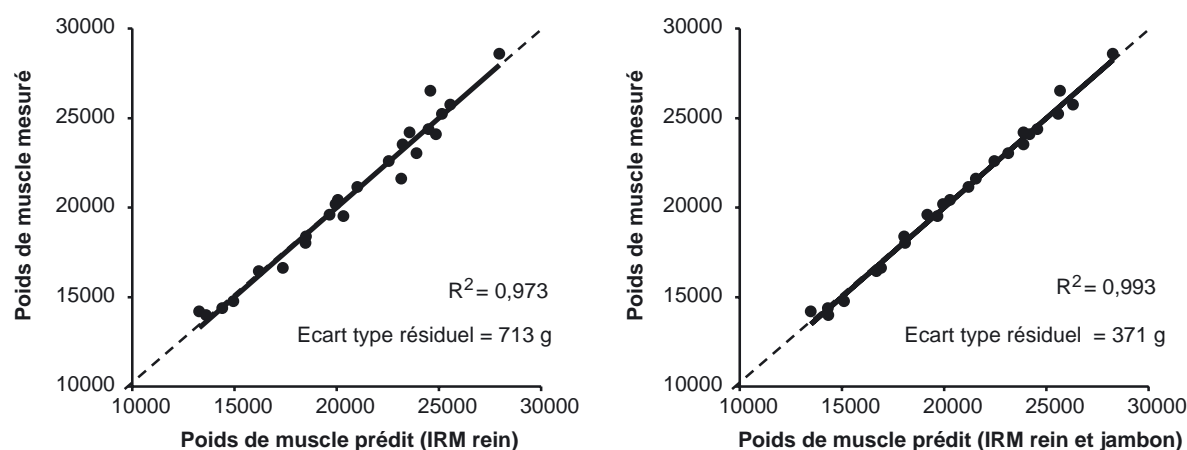
Figure 2 – Prédiction de la teneur en muscle des pièces de découpe à partir de leurs images IRM

**Tableau 2** - Prédiction du poids ou de la proportion de muscle, de gras total et de gras sous-cutané dans la demi-carrosse à partir des images IRM d'une, deux, trois ou quatre pièces de découpe

Variables prédictrices <sup>a</sup> mesurées dans	Variables Prédites					
	Muscle		Gras total		Gras sous-cutané	
	Poids	% <sup>b</sup>	Poids	% <sup>b</sup>	Poids	% <sup>b</sup>
R <sup>2</sup>						
Rein	0,973	0,965	0,907	0,974	0,931	0,972
Rein & Jambon	0,993	0,976	0,947	0,982	0,960	0,983
Rein & Poitrine	0,984	0,975	0,975	0,983	0,984	0,988
Rein, Jambon & Poitrine	0,996	0,980	0,984	0,986	0,988	0,991
Les 4 pièces	0,996	0,982	0,986	0,986	0,994	0,993
Ecart-type résiduel, g ou %						
Rein	713	1,65	1015	1,41	727	1,19
Rein & Jambon	371	1,39	787	1,21	569	0,95
Rein & Poitrine	559	1,43	545	1,15	363	0,79
Rein, Jambon & Poitrine	287	1,31	442	1,08	321	0,73
Les 4 pièces	284	1,28	430	1,11	240	0,64

<sup>a</sup> Pixels des images IRM de la pièce, représentant le tissu de la variable prédite (nombres et proportions de pixels pour la prédiction des poids et des proportions de tissu dans la demi-carrosse, respectivement).

<sup>b</sup> Proportion de tissu, par rapport au poids de la demi-carrosse.



Ligne continue : régression de mesuré sur prédit ; Ligne pointillée : 1<sup>ère</sup> bissectrice (Prédit = Mesuré)

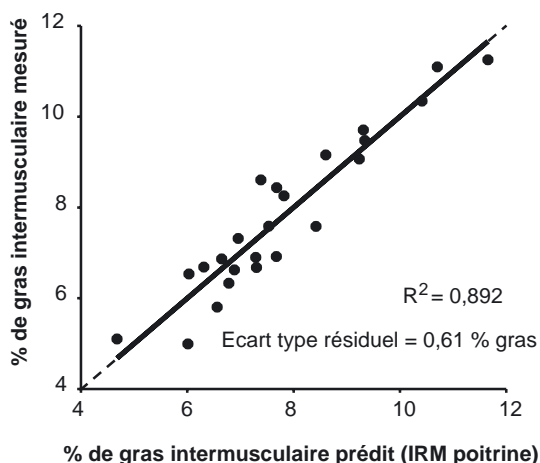
**Figure 3** - Prédiction de la teneur en muscle de la demi-carrosse à partir des images IRM du rein (partie gauche) ou du rein et du jambon (partie droite)**Tableau 3** - Prédiction du poids ou de la proportion de gras intermusculaire dans la demi-carrosse à partir des images IRM d'une, deux, trois ou quatre pièces de découpe

Variables prédictrices <sup>a</sup> mesurées dans	Variables Prédites	
	Gras intermusculaire	
	Poids	% <sup>b</sup>
R <sup>2</sup>		
Poitrine	0,843	0,892
Poitrine & Jambon	0,879	0,901
Poitrine, Jambon & Epaule	0,921	0,926
Les 4 pièces	0,933	0,929
Ecart-type résiduel, g ou %		
Poitrine	295	0,61
Poitrine & Jambon	291	0,64
Poitrine, Jambon & Epaule	274	0,61
Les 4 pièces	318	0,67

<sup>a</sup> Parmi les données issues des images IRM des pièces de découpe, les variables prédictrices retenues dans les modèles sont :  
- pour la prédiction du poids : les nombres de pixels représentant la pièce entière, le muscle, le gras sous-cutané et le gras intermusculaire.  
- pour la prédiction de la proportion : les proportions de pixels représentant le muscle, le gras sous-cutané et le gras intermusculaire, par rapport au nombre de pixels de la pièce entière.

<sup>b</sup> Proportion de gras intermusculaire, par rapport au poids de la demi-carrosse.





Ligne continue: régression de mesuré sur prédit ;  
Ligne pointillée : 1<sup>ère</sup> bissectrice (Prédit = Mesuré)

**Figure 4** – Prédiction de la teneur en gras intermusculaire de la demi-carrosse à partir des images IRM de la poitrine

sieurs pièces de découpe n'améliore pas les écarts-types résiduels.

Quelque soit le tissu concerné (muscle, gras total, gras intermusculaire), les estimations obtenues à partir des images IRM ne souffrent d'aucun biais systématique, comme le montrent sur les figures 2 à 4 les excellents positionnements des droites de régression par rapport à la première bissectrice (droite de la prédiction parfaite).

### 3. DISCUSSION

Notre analyse des images IRM des pièces de découpe permet une très bonne prédiction de leur teneur en muscle et de la teneur en muscle des carcasses, conformément aux résultats de BAULAIN et al (2004), avec un meilleur degré de précision que chez les animaux vivants où les coefficients de détermination sont de l'ordre de 0,9 (BAULAIN et al, 1996 ; MITCHELL et al, 2001). Notre estimation de la teneur en muscle des poitrines est meilleure que celle obtenue par BAULAIN et al, 1998 ( $R^2 = 0,72$  à  $0,94$ ). Pour ce qui concerne l'estimation de la teneur en muscle de la carcasse, l'analyse des images IRM d'une seule pièce de découpe (le rein) donne une prédiction quasiment aussi fiable que la dissection de cette même pièce (écart-type résiduel de 713 g contre 675 g).

Il reste maintenant à progresser sur les temps d'acquisition des images qui sont encore très longs (2h30 à 3h pour le rein). L'utilisation d'un imageur à moyen champ permettrait de diminuer sensiblement le temps d'acquisition de chaque image. En effet, du fait d'un meilleur rapport signal/bruit, le nombre d'accumulations par image peut être fortement réduit. On peut aussi réduire le nombre d'images en se focalisant sur des zones particulièrement informatives du rein (DAUMAS et al., 2005).

La prédiction des teneurs en gras est globalement moins satisfaisante que celles du muscle. L'estimation de la teneur

en gras de la carcasse à partir de l'analyse des images IRM d'une seule pièce de découpe (le rein) conduit à un écart-type résiduel de 2,0 % de gras, sensiblement en retrait de la précision offerte par la dissection de cette même pièce (écart-type résiduel de 1,1 % de gras). La prise en compte des images IRM des 4 pièces de découpe permet d'abaisser cet écart-type à 1,1 % de gras. Comme pour le muscle le coefficient de détermination que nous obtenons pour la prédiction du gras ( $R^2 = 0,986$ ) est meilleur que celui obtenu chez les animaux vivants avec des  $R^2$  proches de 0,9 (BAULAIN et al, 1997 ; MITCHELL et al, 2001).

La prédiction du gras intermusculaire est encore plus difficile que celle des gras total ou sous-cutané. Dans l'état actuel de développement de la méthode, seules les images de la poitrine donnent une prédiction acceptable du gras intermusculaire.

La moins bonne précision de l'estimation du gras, particulièrement du gras intermusculaire, peut trouver plusieurs explications. En premier lieu, une partie du tissu osseux (en particulier la moelle, riche en lipides) donne un signal qui se confond avec celui du gras. Cette interférence est particulièrement gênante dans le cas du gras intermusculaire, anatomiquement plus proche des os que le gras sous-cutané. Les imperfections de la méthode de segmentation morphologique des gras sous-cutané et intermusculaire constituent une deuxième source d'erreur, qui pénalise davantage le gras intermusculaire, relativement moins abondant que le gras sous-cutané. Enfin, le calcul de la part de chacun des volumes partiels attribuée aux tissus musculaire et adipeux n'est pas non plus exempt d'erreurs, qui sont plus particulièrement pénalisantes pour le tissu adipeux intermusculaire qui possède des interfaces très étendues avec le muscle.

Plusieurs possibilités peuvent être envisagées pour améliorer la qualité des prédictions. On pourrait rechercher s'il existe des séquences d'acquisition qui permettent de mieux différencier les signaux du gras et de l'os. La procédure de séparation morphologique des deux tissus adipeux devrait pouvoir être améliorée, peut-être au prix de l'abandon des parties extrêmes des pièces pour lesquelles cette segmentation est difficile à automatiser en raison de l'irrégularité des images. Enfin, la diminution de l'épaisseur des coupes permettrait de diminuer les volumes partiels, au prix d'une multiplication du nombre d'images et donc des temps d'acquisition. Cette dernière voie est cependant envisageable avec un imageur à moyen champ où le temps d'acquisition par image est diminué par la réduction du nombre d'accumulations.

### CONCLUSIONS

L'IRM permet une très bonne estimation des teneurs en muscle des carcasses et pièces de découpe. Sous réserve de progrès sur le temps d'acquisition des images, c'est un excellent outil qui devrait pouvoir avantageusement remplacer la dissection physique des carcasses pour les travaux de recherche ou pour la calibration des équations d'estimation du TVM.

Pour ce qui concerne le gras, il reste des progrès à accomplir sur la précision des prédictions, tout particulièrement pour sa fraction intermusculaire.

## REMERCIEMENTS

A l'ensemble du personnel des installations expérimentales de l'UMR Veau et Porc de l'INRA à St Gilles, et plus particu-

lièrement à Maurice ALIX, Jérôme LIGER et Jean-François ROUAUD qui ont réalisé la dissection des carcasses avec beaucoup d'habileté et de persévérance, ainsi qu'à Stéphane QUELLEC du CEMAGREF pour toute son aide lors de l'acquisition des images IRM; Nous sommes aussi reconnaissants à Xavier GUILLON et Clément BRIENS, stagiaires de l'INSA de Rennes, pour leur travail sur les algorithmes de séparation des gras et l'interfaçage sous SCILAB.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAULAIN U., 1997. *Comput. Electron. Agr.*, 17, 189-203.
- BAULAIN U., HENNING M., KALLWEIT E., 1996. *Arch. Tierz.*, 39, 431-440.
- BAULAIN U., HENNING M., THOLEN E., WHITTMANN W., PESCHKE W., 1998. *Züchtungskunde*, 70, 205-212.
- BAULAIN-NEUSTADT U., WIESE M., THOLEN-BONN E., HÖRETH-KULMBACH R., HOPPENBROCK K.H., 2004. *Fleischwirtschaft*, 84, 101-104.
- DAUMAS G., DAVENEL A., COLLEWET G., QUELLEC S., BOGNER P., 2005. *Journées Rech. Porcine en France*, 37, 159-164.
- DAVENEL A., MARCHAL P., RIAUBLANC A., GANDEMER G., 1999. in *Advances in Magnetic Resonance in Food Science*, Eds. P. BELTON, B. HILLS and G. A. WEBB. The Royal Society of Chemistry, 272-279.
- DERICHE R., 1987. *Int. J. Comput. Vis.*, 1 (2) 167-187.
- SHATTUCK D.W., SANDOR-LEAHY S.R., SCHAPER K.A., ROTTENBERG D.A., LEAHY R.M., 2001. *NeuroImage*, 13 (5), 856-876.
- FOWLER P.A., FULLER M.F., GLASBEY C.A., CAMERON G.G., FOSTER M.A., 1992. *Am. J. Clin. Nutr.*, 56, 7-13.
- FULLER M.F., FOWLER P.A., MAC NEILL G., FOSTER M.A., 1994. *J. Nutr.*, 124, 1546s-1550s.
- MALEYRAN-TOUSSAINT C., 2002. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de Nantes.
- METAYER A., DAUMAS G., 1998. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 7-11.
- MITCHELL A.D., SCHOLTZ A.M., WANG P.C., SONG H., 2001. *J. Anim. Sci.*, 79, 1800-1813.
- METAYER A., DAUMAS G., 1998. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 7-11.
- SAS. 1999. *SAS/STAT User's Guide (Release 8.1)*. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SCILAB logiciel : <http://scilabsoft.inria.fr/>