



**Estimation in vivo par ultrasonographie
du pourcentage de gras intramusculaire
dans le muscle *longissimus dorsi* de porc**

Par :

Nathalie Plourde, CDPQ

Collaborateurs :

Jean-Paul Daigle, CDPQ

Joël Rivest, CDPQ

Zéno Boros, Noveko inc.

Christophe Bazin, ITP

Novembre 2006

Table des matières

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 1 |
| Objectif..... | 3 |
| Méthodologie..... | 3 |
| Analyses statistiques..... | 5 |
| Résultats et discussion..... | 5 |
| Conclusion..... | 8 |
| Bibliographie..... | 9 |
| Figure 1..... | 11 |
| Figure 2..... | 11 |
| Figure 3..... | 12 |
| Figure 4..... | 12 |
| Tableau 1 Tableau synthèse des conditions expérimentales..... | 4 |
| Tableau 2 Sites de mesures sur la longe et variables utilisées pour l'estimation de la teneur en GIM..... | 13 |
| Tableau 3 Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'analyse chimique du gras intramusculaire (GIMC) et corrélations correspondantes pour l'estimation du GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC, en considérant les mêmes variables et le même algorithme de traitements d'images; données des porcs commerciaux..... | 14 |
| Tableau 4 Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC suite à l'application de différents algorithmes de traitement d'images pour les données des porcs commerciaux..... | 16 |
| Tableau 5 Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'analyse chimique du gras intramusculaire (GIMC) et corrélations correspondantes pour l'estimation du GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC, en considérant les mêmes variables et le même algorithme de traitement d'images; données de Deschambault..... | 18 |
| Tableau 6 Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC suite à l'application de différents algorithmes de traitement d'images pour les données de Deschambault..... | 20 |

Introduction

Une sélection intensive effectuée au cours des 20 dernières années a permis d'obtenir des porcs plus maigres, c'est-à-dire que l'épaisseur du gras dorsal ainsi que la teneur en gras total de la carcasse ont grandement été réduits. Entre 1972 et 1998, le pourcentage de gras corporel chez un porc commercial de 100 kg est passé d'une moyenne de 35-45% à seulement 20 % (Lebret et Mourot, 1998). L'épaisseur de gras dorsal a aussi été diminuée de 40 % entre 1980 et 2003 (Faucitano et Lévesque, 2003). Cette sélection a été effectuée pour répondre à la demande du consommateur recherchant une alimentation moins riche en gras.

Cependant, la recherche constante d'une viande de porc plus maigre a eu d'autres conséquences. Ainsi, la qualité technologique des tissus adipeux s'est détériorée, de sorte qu'on observe un plus grand manque de fermeté et une détérioration de la durée de conservation (Lebret et Mourot, 1998). L'amaigrissement des carcasses, associé à la réduction de la teneur en gras intramusculaire, a aussi été identifié comme un facteur de détérioration des propriétés organoleptiques de la viande (diminution de la tendreté, flaveur et jutosité). Plusieurs travaux ont confirmé qu'une augmentation du niveau de gras intramusculaire (GIM) dans la viande de porc a une influence positive sur ses qualités organoleptiques (Wood et al. 2004; Fernandez et al. 1999; Barton-Gade et Bejerholm, 1985; Bejerholm et Barton-Gade, 1986; Gandermer et al., 1990). Ainsi, bien que d'autres facteurs puissent influencer les qualités organoleptiques de la viande de porc, dont la génétique (Gandermer et al., 1990; Wood et al. (2004)), l'alimentation et les conditions d'abattage (Miller, 2002), le pourcentage de GIM demeure un critère d'importance à considérer. Fernandez et al. (1999) ont rapporté des valeurs de jutosité plus élevées pour les échantillons de muscle long dorsal contenant plus de 2,25 % de GIM et une amélioration graduelle de la flaveur avec un pourcentage de GIM supérieur à 2,75 %. Fernandez et al. (1999) ont aussi rapporté que les consommateurs considèrent la viande négativement lorsque la teneur en GIM est trop élevée. Selon eux, un taux de GIM de 3 % pour le muscle *Longissimus* serait optimal pour améliorer l'appréciation globale de la viande fraîche par le consommateur tout en évitant qu'elle ne soit mise de côté pour son aspect visuel. La teneur moyenne en GIM de ce muscle est d'environ 1,5 % pour les races conventionnelles mais elle est plus élevée pour certaines races comme le Duroc et le Meishan (Sellier, 1998).

La teneur en GIM est fortement corrélée avec l'acceptabilité globale de la viande (corrélation moyenne de 0,61) et est un caractère hautement héritable chez le porc (h^2 variant entre 0,26 et 0,86, avec une moyenne de 0,50) (Sellier, 1998)). Par conséquent, le développement d'outils de sélection génétique pour améliorer ce caractère est fort intéressant.

Présentement, la teneur en gras intramusculaire de la viande est estimée à la suite d'analyses chimiques effectuées en laboratoire à partir d'un prélèvement de muscle, ou à la suite d'une évaluation visuelle du gras visible (persillage). Ces mesures sont effectuées *post-mortem* à un coût non négligeable. La mise en place d'une méthode d'évaluation du GIM *in vivo* fiable et non destructive serait un outil fort apprécié pour plusieurs intervenants de la filière porcine.

Comme l'augmentation de l'adiposité totale de la carcasse n'est pas souhaitée, l'objectif à atteindre pour répondre aux besoins de l'industrie serait d'augmenter le niveau de gras intramusculaire de la carcasse sans pour autant augmenter l'épaisseur de gras dorsal des porcs. Actuellement, l'épaisseur de gras dorsal est évaluée sur l'animal vivant à l'aide d'un appareil à ultrasons.

Objectif

L'objectif de l'étude est d'évaluer la possibilité d'utiliser un appareil à ultrasons portable doté d'un logiciel d'intégration et d'analyses d'images pour évaluer *in vivo* le pourcentage de gras intramusculaire de la longe sur les porcs vivants, pour des fins de sélection génétique.

Méthodologie

Cette étude a été réalisée par le Centre de développement du porc du Québec inc. et Noveko, en collaboration avec l'Institut Technique du Porc en France (ITP). Les mesures ont été prises sur des porcs provenant de France et du Québec. Au Québec, 50 porcs provenant de fermes commerciales, ainsi que 195 porcs de races pures testés à la station d'évaluation de Deschambault ont été utilisés pour la validation scientifique. Les porcs commerciaux étaient issus de mâles Duroc et de femelles hybrides Yorkshire-Landrace ou Landrace-Yorkshire (26 castrats et 24 femelles). Les porcs de la station d'évaluation de Deschambault étaient de race Yorkshire (YY) (98 porcs); Landrace (LL) (60 porcs); Duroc (DD) (31 porcs) et Lacombe (6 porcs) avec les trois sexes représentés pour chacune des races (castrats, mâles et femelles). En France, 45 porcs, provenant de la Station de Recherche Porcine de l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) ont été utilisés. Ces porcs étaient de quatre types génétiques différents et de deux sexes (24 castrats et 21 femelles). Le poids d'abattage ciblé des porcs était de 107 kg. Dans tous les cas, les porcs étaient placés dans une cage de contention pour s'assurer de leur immobilité au moment de la prise de mesures et éviter les variations reliées à la position de l'animal. Ces mesures étaient effectuées par deux opérateurs, la veille de l'abattage pour les porcs de la station d'évaluation de Deschambault et de l'INRA et le jour même de l'abattage pour les porcs commerciaux. Les prises de mesures et la collecte des données ont été effectuées entre avril 2004 et mai 2005.

Des mesures *in vivo* d'estimation de la teneur en GIM dans la longe ont été réalisées à partir d'un appareil à ultrasons de marque Vetko Plus, de type Ultrascan bi-directionnel en mode B et d'une sonde linéaire de 120 mm de 3,5 MHz (Noveko, Montréal, Canada). L'appareil permet le transfert des données brutes de l'image (distribution de pixels auxquels sont attribués des valeurs de brillance noire ou blanche) sur un ordinateur pouvant servir à la création d'une banque d'images. Chaque image a été traitée par divers algorithmes considérant les séquences et les niveaux de gris des pixels (variant de 0 à 255), afin d'établir une estimation de la proportion de l'image associée à du gras intramusculaire.

Les mesures spécifiques à l'estimation de la teneur en GIM furent prises comme suit : trois mesures longitudinales (parallèles à la ligne médiane de la colonne vertébrale), se situant à 2,5, 5 et 7 cm de la ligne médiane (L1, L5 et L7), et trois autres mesures au niveau des trois dernières côtes, perpendiculaires à la ligne médiane (T1, T2 et T3). Voir Tableau 2 pour la légende des mesures et variables utilisées pour l'estimation de la teneur en GIM. Chaque site fut mesuré à deux reprises sur un même porc, soit avant et après le rasage de celui-ci.

Vingt-quatre heures après l'abattage, une section transversale (tranche) incluant la longe et le tissu adipeux sous-cutané dorsal fut prélevée sur le côté droit des carcasses, au niveau des trois dernières côtes. L'évaluation du persillage a été effectuée de chaque côté de la tranche par la méthode du NPPC (1 = aucun 10 = abondant; NPPC 1999). Le tissu adipeux sous-cutané dorsal ainsi que le gras visible entourant le muscle ont été soigneusement enlevés à l'abattoir sur chaque échantillon avant de les expédier au laboratoire privé d'analyses de Body Cote Essais de matériaux Canada Inc. (Québec). Pour les échantillons de la France, la viande a été préalablement lyophilisée avant l'envoi au laboratoire. L'analyse chimique du contenu en gras intramusculaire total a été réalisée selon la méthode d'analyse au Soxtec (AOAC 960.39, 2000). Le contenu en GIM de la longe a été exprimé en pourcentage sur une base humide.

Tableau 1. Tableau synthèse des conditions expérimentales.

| Lieu des prises de mesures in vivo | Fermes commerciales | Station d'évaluation de Deschambault | INRA |
|---|---|--|---|
| Dates des prises de mesure | Avril 2005 | Avril et mai 2005 | Mai 2005 |
| Nombre de porcs mesurés | 50 | 195 | 45 |
| Races des porcs | Duroc X Yorkshire-Landrace Duroc X Landrace-Yorkshire | Yorkshire Landrace Duroc Lacombe | Large White Landrace Français PIC P76 Pen Arlan |
| Sexes | 26 castrats 24 cochettes | 3 sexes pour chaque race (verrats, cochettes et castrats) | 2 sexes pour chaque race (verrats et cochettes) |
| Nombre d'opérateurs pour la prise de mesure | 2 | 2 | 2 |
| Types de mesures | 3 mesures transversales + 3 mesures longitudinales; sites de mesures rasés et non-rasés | 3 mesures transversales + 3 mesures longitudinales; sites de mesures rasés et non-rasés | 3 mesures transversales + 3 mesures longitudinales; sites de mesures rasés et non-rasés |

Analyses statistiques

Des corrélations entre les estimations de gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et les mesures chimiques de gras intramusculaire (GIMC), ainsi qu'avec les évaluations de persillage selon l'échelle NPPC ont été établies. Ces corrélations ont été calculées pour les six types de variables de base (les trois mesures longitudinales et les trois mesures transversales), en considérant l'effet de l'opérateur, du type de prise de mesures (porcs rasés ou non rasés), de la source de données (porcs commerciaux, INRA, Deschambault) et de différentes combinaisons des paramètres de l'algorithme de traitement d'image. La probabilité de chaque corrélation est également rapportée. L'analyse a été complétée par l'étude de variables supplémentaires issues de combinaisons de certaines variables de base.

Ensuite, l'analyse a permis d'identifier les variables mesurées *in vivo* les plus corrélées avec les résultats des analyses chimiques et de la cote NPPC. La procédure Reg de SAS avec l'option 'selection=adjrsq' a été utilisée à cette fin. Le R^2 ajusté fut utilisé comme critère de sélection de préférence au R^2 ordinaire car il est mieux adapté à la comparaison de modèles comptant des nombres différents de variables indépendantes.

Résultats et discussion

Les banques de données de Deschambault et des porcs commerciaux du Québec ont été analysées séparément. Les données provenant des mesures effectuées à l'INRA n'ont pas été considérées dans ce rapport car le nombre de données brutes disponibles était insuffisant pour assurer la validité des résultats statistiques.

Les estimations de gras intramusculaire mesurées *in vivo par les ultrasons (GIMU)* ont été comparées d'une part aux résultats d'analyse de la teneur en gras intramusculaire par analyse chimique (GIMC) d'un prélèvement de muscle (longe) et, d'autre part, à une évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC. La répartition des porcs commerciaux et des porcs de Deschambault par classe de teneur en gras intramusculaire obtenu par analyse chimique est présentée aux figures 1 et 2 respectivement. Dans les deux cas, la teneur en gras intramusculaire dans la longe pour la majorité des porcs se situe entre < 0.7 à 2.2% , avec quelques porcs supplémentaires dans l'intervalle 2.3 à 2.4% de GIM pour les porcs de Deschambault.

Pour l'échantillon d'animaux étudiés, la corrélation entre la notation du persillage (NPPC) et l'analyse chimique (GIMC) est de $0,52302$ pour les porcs commerciaux et de $0,35058$ pour les porcs de Deschambault. Ces valeurs sont assez faibles en comparaison à l'étude de Faucitano et al.(2004) qui ont trouvé une corrélation de $0,86$ entre la teneur totale en gras intramusculaire de la carcasse et la note de persillage. Toutefois, la variabilité de la teneur en gras intramusculaire semble plus élevée dans l'étude de Faucitano (soit un écart-type de $1,14$ VS $0,87$ pour Deschambault et $0,66$ pour les porcs commerciaux).

Plusieurs corrélations intéressantes ont été obtenues en comparant les résultats de l'analyse chimique du gras intramusculaire (GIMC) ou l'évaluation visuelle du persillage (NPPC) avec l'estimation du contenu en gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) (Tableaux 3 à 6). Les

meilleures corrélations ($>0,5$) sont obtenues avec la banque de données des porcs commerciaux, en comparant GIMU à GIMC (Tableau 3). Les corrélations obtenues entre GIMU et la méthode du NPPC sont alors moins bonnes, voir souvent même non significatives. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par Newcom et al. (2002) et Ragland et al. (1997) ayant obtenu un r^2 respectivement de 0,32 et 0,38. Dans tous les scénarios, la variable T3 seule ou combinée semble apporter la meilleure corrélation.

Le tableau 4 présente les meilleures corrélations entre GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC. Certaines variables permettent d'obtenir des corrélations intéressantes, mais toujours avec des algorithmes différents, et parfois aussi des opérateurs et des « conditions de poils » (porc rasé ou non rasé) différentes. On peut avoir un ordre de grandeur de l'effet « rasé » au travers des algorithmes 1, 5, 15 et 17. Dans ces 4 situations, la corrélation entre l'estimation *in vivo* et la notation NPPC est plus faible lorsque les porcs ne sont pas rasés avec une différence variant de 0,01 à 0,05.

Il est intéressant de noter que plusieurs algorithmes permettent d'obtenir des corrélations intéressantes entre GIMU et GIMC pour une combinaison de variables données. Par exemple, pour les données des porcs commerciaux (Tableau 3) plus de 7 algorithmes différents présentent des corrélations supérieures à 0,5 pour la combinaison de variables t3l2, T3, t1t3, Tmoy et TLmoy. De plus, pour cette même base de données, les algorithmes 1 et 2 permettent d'obtenir les meilleures corrélations pour la plupart des variables considérées.

Une représentation graphique de l'estimation *in vivo* du GIM en fonction de la teneur en lipides totaux est présentée sur les figures 3 et 4 pour les algorithmes qui ont permis d'obtenir la meilleure corrélation entre les 2 variables. L'estimation du GIM est établie avec la variable t1t3 pour la figure 1 et t3l2 pour la figure 4.

En ce qui a trait aux données de Deschambault, les meilleures corrélations entre GIMU et GIMC, ainsi que les meilleures corrélations entre GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC sont présentées aux tableaux 5 et 6 respectivement. Comme lors de l'analyse des données des porcs commerciaux, plusieurs algorithmes de traitement d'image ont été utilisés avec différentes combinaisons de variables. Pour cette base de données, les corrélations GIMC versus GIMU ne sont pas meilleures que les corrélations correspondantes à l'évaluation visuelle du persillage versus le GIMU. Les meilleures corrélations sont d'environ 0.35, avec un maximum de 0.38 obtenu en comparant le GIMU avec le GIMC, pour les variables t1t3 et l'algorithme 10 (Tableau 5). Comme pour les données des porcs commerciaux, le Tableau 5 présente les meilleures corrélations entre le GIMU et le GIMC, ainsi que les corrélations correspondantes entre l'estimation du GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC. Seule la moyenne des mesures transversales, soit la variable Tmoy, présente des corrélations aussi intéressantes entre GIMC et GIMU qu'entre GIMU et l'évaluation visuelle du persillage.

Il est important de noter que pour les données de Deschambault, les algorithmes associés aux corrélations les plus élevées diffèrent de ceux pour la base de données des porcs commerciaux. Considérant la différence de résultats obtenus entre les sources de données, il est possible que l'estimation du GIM à partir des données brutes d'une image collectée par ultrasonographie soit limitée par la stabilité des composantes de l'appareil et la précision de la lecture.

Après analyse de ces résultats, il semble qu'il soit possible d'estimer le pourcentage de gras intramusculaire par l'ultrasonographie en temps réel chez le porc. Toutefois, nous croyons que deux conditions, essentielles à la commercialisation du produit, ne sont pas respectées, soit:

- 1) être en mesure de reproduire les résultats avec une précision acceptable;
- 2) s'assurer de la validité des mesures indépendamment du niveau de gras intramusculaire et de la distribution et/ou dimension des cellules de gras.

Actuellement, les limites technologiques de l'appareil utilisé ne permettent pas de répondre à ces exigences. En effet, il n'est pas possible de garantir un ajustement identique des appareils entre chaque utilisation. Pour s'assurer de la stabilité de l'appareil, un outil de calibration devra être mis à la disposition des usagers. D'ici là, il n'est pas envisageable d'employer cet appareil dans un programme d'évaluation génétique nécessitant des mesures régulières sur différentes fermes. De plus, la capacité de résolution de l'appareil lors de la collecte des images échographiques est aussi limitative. La détection des petites cellules de gras est potentiellement plus problématique car la résolution actuelle ne permet pas d'identifier les cellules de gras d'un diamètre inférieur à 2 mm. Compte tenu qu'il est fréquent d'observer une répartition diffuse et inégale des cellules de gras dans le muscle, il serait important d'envisager une capacité de résolution supérieure, voir doubler la résolution actuelle.

Conclusion

L'amélioration de la précision de lecture de l'appareil (résolution) et de la stabilité de ses composantes (pour s'assurer d'un ajustement identique d'une utilisation à l'autre) pourrait permettre l'utilisation de l'ultrasonographie en temps réel comme outil de sélection génétique des porcs selon leur teneur en gras intramusculaire dans la longe. D'autres chercheurs en étaient aussi venus à ces conclusions après différents essais effectués à l'aide d'appareils à ultrasons (Newcom et al. 2002 et Newcom et al. 2004). Cette technologie permettrait une sélection rapide des animaux pour ce caractère, sans qu'il soit nécessaire de les abattre ou d'attendre les résultats des mesures effectuées sur la descendance.

Bibliographie

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2000. AOAC Official method 991.36 Fat (Crude) in meat and meat products. *Official methods of analysis*. [S.l.] : AOAC International, chapitre 39, p. 2.
- Barton-Gade, P. et A.C. Bejerholm. 1985. Eating quality in pork. *Pig farming*, 33 : 56.
- Bejerholm, A.C. et P. Barton-Gade. 1986. Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. Proceedings of the 32nd European meeting of meat research workers, August 24-26, Ghent, Belgium : 389-391.
- Faucitano, L. et J. Lévesque. 2003. Le gras dans la longe de porc : répartition et site de mesure de sa teneur. *Porc Québec*, 14(2) : 57-59.
- Faucitano, L., Rivest, J., Daigle, J.-P., Lévesque, J. et C. Gariépy. 2004. Distribution of intramuscular fat content and marbling within the longissimus muscle of pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 84 : 57-61.
- Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourot, J., et B. Lebret. 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat –1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. *Meat Science*, 53 : 59-65.
- Gandermer, G., Pichou, D., Bouguennec, B., Caritez, B., Berge, J.C., Briand, E. et C. Legault. 1990. Influence du système d'élevage et du génotype sur la composition chimique et les qualités organoleptiques du muscle long dorsal chez le porc. *Journées Rech. Porcine en France*, 22 : 101-110.
- Lebret, B. et J. Mourot. 1998. Caractéristiques et qualité des tissus adipeux chez le porc. Facteurs de variation non génétiques. *INRA Prod. Anim.*, 11 : 131-143.
- Miller, R.K. 2002. Factors affecting the quality of raw meat. In *Meat processing : Improving quality*. Cambridge, England : Woodhead Publishing Limited, p. 27-63.
- National Pork Producers Council. 1999. Pork Quality Standards : marbling standard. Des Moines, Iowa : NPPC.
- Newcom, D.W., Baas, T.J., et J.F. Lampe. 2002. Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound. *J. Anim. Sci.*, 80 : 3046-3052.

- Newcom, D. W., Schwab, C. et T. Baas. 2004. Ultrasonic evaluation of intramuscular fat content. Pre-Proceedings 2004 : Conference and Lauren Christian Swine Genetics Symposium. National Swine Improvement Federation, December 9-10, Ames, Iowa, 14 p.
- Ragland, K.D., Christian, L.L. et T.J. Baas. 1997. Efficacy of using real-time ultrasound to predict intramuscular fat in the longissimus muscle of live swine. ISU Swine Research Report, ASL-R1526.
- Sellier, P. 1998. Genetics of Meat and Carcass Traits. *The Genetics of the Pig*. New York : CAB International, p. 463-510.
- Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., da Costa, N. et K.C. Chang. 2004. Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*, 67 : 651-667.

Figure 1

Répartition des porcs commerciaux par classe de teneur en gras intramusculaire évalué par analyse chimique

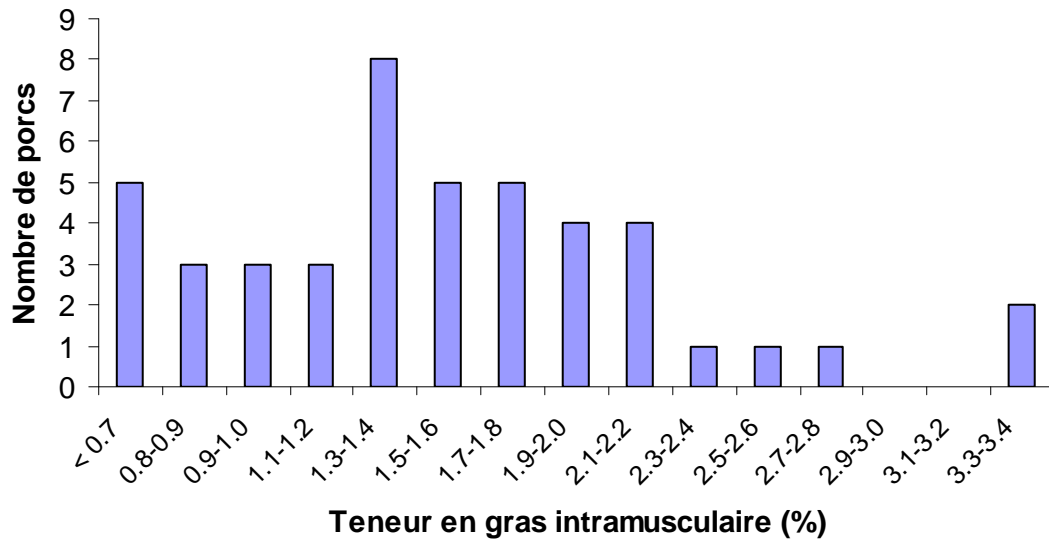


Figure 2

Répartition des porcs de Deschambault par classe de teneur en gras intramusculaire évalué par analyse chimique

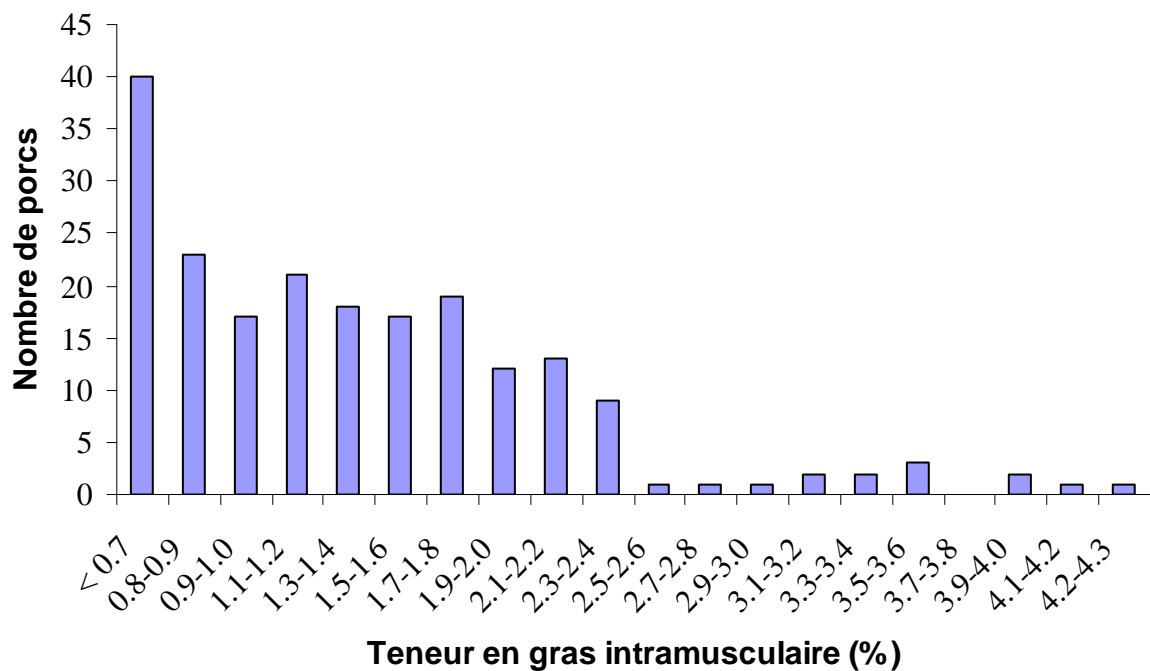


Figure 3

Relation entre le contenu en GIM évalué par l'ultrasonographie et la teneur en GIM obtenue par l'analyse chimique pour la variable t1t3 de la banque de données des porcs commerciaux

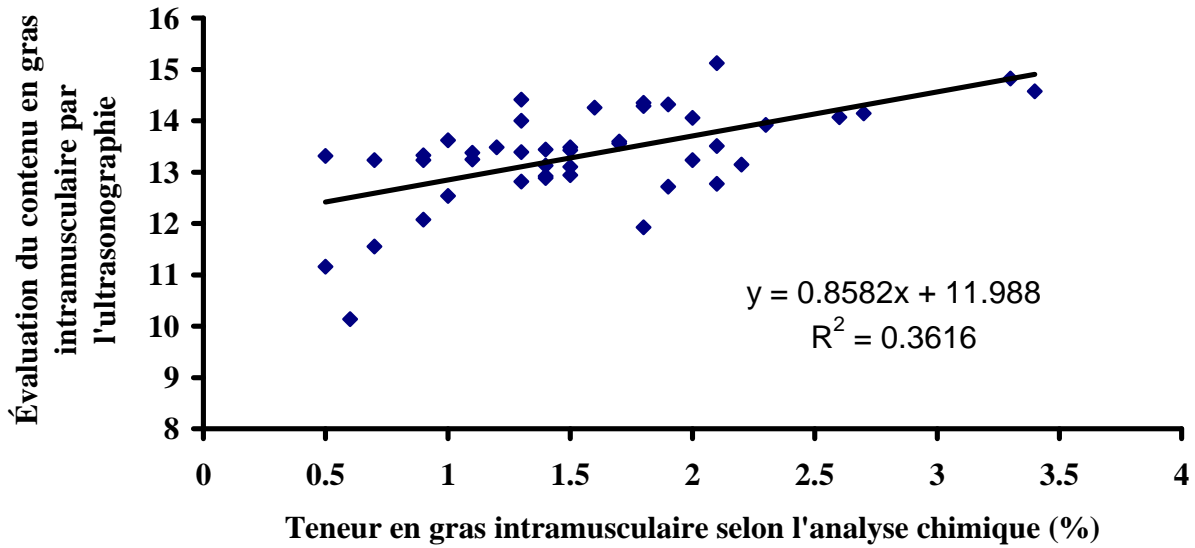


Figure 4

Relation entre le contenu en GIM évalué par l'ultrasonographie et la teneur en GIM obtenue par l'analyse chimique pour la variable t3l2 de la banque de données des porcs commerciaux

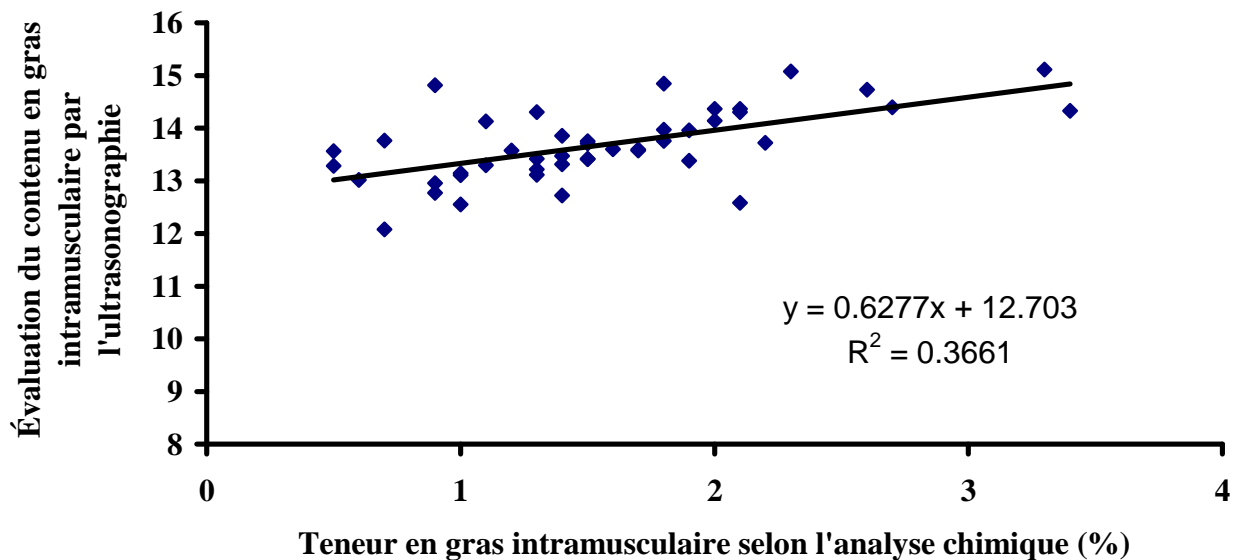


Tableau 2. Sites de mesures sur la longe et variables utilisées pour l'estimation de la teneur en GIM.

| Légende variables | | | |
|--------------------------|--|--|--|
| L2 | Image longitudinale à 2,5 cm de la ligne médiane | | |
| L5 | Image longitudinale à 5 cm de la ligne médiane | | |
| L7 | Image longitudinale à 7 cm de la ligne médiane | | |
| Lmoy | Moyenne des 3 images longitudinales | | |
| T1 | Image transversale située au niveau de la dernière côte | | |
| T2 | Image transversale située au niveau de l'avant-dernière côte | | |
| T3 | Image transversale située au niveau de la deuxième avant-dernière côte | | |
| Tmoy | Moyenne des 3 images transversales | | |

Tableau 3. Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'analyse chimique du gras intramusculaire (GIMC) et corrélations correspondantes pour l'estimation du GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC, en considérant les mêmes variables et le même algorithme de traitements d'images; données des porcs commerciaux.

| Algorithme* | Variabes | Corrélation (GIMU vs GIM) | Corrélation (GIMU vs NPPC) | P (NPPC) | N (NPPC) | P (GIMC) | N (GIMC) |
|-------------|----------|---------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | t3l2 | 0.60503 | 0.30675 | 0.0404 | 45 | <.0001 | 45 |
| 2 | t3l2 | 0.58855 | 0.33142 | 0.0262 | 45 | <.0001 | 45 |
| 3 | t3l2 | 0.5603 | 0.30683 | 0.0404 | 45 | <.0001 | 45 |
| 4 | t3l2 | 0.54018 | | N.S. | | 0.0001 | 45 |
| 5 | t3l2 | 0.51007 | 0.33984 | 0.0224 | 45 | 0.0003 | 45 |
| 7 | t3l2 | 0.50626 | 0.30243 | 0.0435 | 45 | 0.0004 | 45 |
| 6 | t3l2 | 0.50157 | 0.37079 | 0.0122 | 45 | 0.0004 | 45 |
| 1 | T3 | 0.59658 | 0.34751 | 0.0193 | 45 | <.0001 | 45 |
| 2 | T3 | 0.58473 | 0.37431 | 0.0113 | 45 | <.0001 | 45 |
| 3 | T3 | 0.57282 | 0.36386 | 0.014 | 45 | <.0001 | 45 |
| 4 | T3 | 0.54949 | 0.33591 | 0.0241 | 45 | <.0001 | 45 |
| 7 | T3 | 0.54178 | 0.35286 | 0.0174 | 45 | 0.0001 | 45 |
| 8 | T3 | 0.53873 | 0.35348 | 0.0172 | 45 | 0.0001 | 45 |
| 9 | T3 | 0.53586 | 0.3499 | 0.0185 | 45 | 0.0001 | 45 |
| 10 | T3 | 0.52237 | 0.33956 | 0.0225 | 45 | 0.0002 | 45 |
| 6 | T3 | 0.51093 | 0.40243 | 0.0061 | 45 | 0.0003 | 45 |
| 5 | T3 | 0.5089 | 0.37169 | 0.0119 | 45 | 0.0004 | 45 |
| 11 | T3 | 0.50703 | | N.S. | | 0.0004 | 45 |
| 6 | t2l3 | 0.50544 | | N.S. | | 0.0004 | 45 |
| 5 | t2l3 | 0.50303 | | N.S. | | 0.0004 | 45 |
| 1 | t1l3 | 0.60132 | 0.4276 | 0.0038 | 44 | <.0001 | 44 |
| 2 | t1l3 | 0.60096 | 0.45502 | 0.0019 | 44 | <.0001 | 44 |
| 3 | t1l3 | 0.59619 | 0.34111 | 0.0235 | 44 | <.0001 | 44 |
| 8 | t1l3 | 0.55913 | 0.41297 | 0.0053 | 44 | <.0001 | 44 |
| 4 | t1l3 | 0.5563 | 0.4031 | 0.0067 | 44 | <.0001 | 44 |
| 7 | t1l3 | 0.55541 | 0.41888 | 0.0047 | 44 | <.0001 | 44 |
| 11 | t1l3 | 0.54742 | 0.35442 | 0.0183 | 44 | 0.0001 | 44 |
| 12 | t1l3 | 0.54401 | 0.39926 | 0.0073 | 44 | 0.0001 | 44 |
| 6 | t1l3 | 0.53693 | 0.39324 | 0.0083 | 44 | 0.0002 | 44 |
| 13 | t1l3 | 0.52972 | 0.43463 | 0.0032 | 44 | 0.0002 | 44 |
| 5 | t1l3 | 0.52477 | 0.39682 | 0.0077 | 44 | 0.0003 | 44 |
| 14 | t1l3 | 0.51524 | 0.3468 | 0.0211 | 44 | 0.0003 | 44 |
| 16 | t1l3 | 0.50223 | 0.35672 | 0.0175 | 44 | 0.0005 | 44 |
| 15 | t1l3 | 0.50191 | 0.36443 | 0.015 | 44 | 0.0005 | 44 |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

N.B. Toujours le même opérateur effectuant des mesures sur des porcs rasés.

Tableau 3 (suite).

| Algorithme* | Variables | Corrélation (GIMU vs GIM) | Corrélation (GIMU vs NPPC) | P (NPPC) | N (NPPC) | P (GIMC) | N (GIMC) |
|-------------|-----------|---------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 2 | Tmoy | 0.55976 | 0.32759 | 0.03 | 44 | <.0001 | 44 |
| 1 | Tmoy | 0.54626 | | N.S. | | 0.0001 | 44 |
| 6 | Tmoy | 0.54008 | | N.S. | | 0.0002 | 44 |
| 3 | Tmoy | 0.53996 | | N.S. | | 0.0002 | 44 |
| 5 | Tmoy | 0.53136 | | N.S. | | 0.0002 | 44 |
| 4 | Tmoy | 0.52097 | | N.S. | | 0.0003 | 44 |
| 15 | Tmoy | 0.51143 | | N.S. | | 0.0004 | 44 |
| 17 | Tmoy | 0.50073 | | N.S. | | 0.0005 | 44 |
| 8 | Tmoy | 0.50038 | | N.S. | | 0.0005 | 44 |
| 1 | t3l5 | 0.5384 | 0.32727 | 0.0301 | 44 | 0.0002 | 44 |
| 4 | t3l5 | 0.50905 | | N.S. | | 0.0004 | 44 |
| 2 | t3l5 | 0.50457 | 0.33003 | 0.0287 | 44 | 0.0005 | 44 |
| 1 | TLmoy | 0.59099 | | N.S. | | <.0001 | 41 |
| 3 | TLmoy | 0.58223 | | N.S. | | <.0001 | 41 |
| 2 | TLmoy | 0.57618 | | N.S. | | <.0001 | 41 |
| 6 | TLmoy | 0.5725 | | N.S. | | <.0001 | 41 |
| 7 | TLmoy | 0.5712 | | N.S. | | <.0001 | 41 |
| 4 | TLmoy | 0.57021 | | N.S. | | <.0001 | 41 |
| 8 | TLmoy | 0.56795 | | N.S. | | 0.0001 | 41 |
| 5 | TLmoy | 0.56571 | | N.S. | | 0.0001 | 41 |
| 12 | TLmoy | 0.55513 | | N.S. | | 0.0002 | 41 |
| 13 | TLmoy | 0.53496 | | N.S. | | 0.0003 | 41 |
| 15 | TLmoy | 0.53451 | | N.S. | | 0.0003 | 41 |
| 11 | TLmoy | 0.52436 | | N.S. | | 0.0004 | 41 |
| 10 | TLmoy | 0.52264 | | N.S. | | 0.0005 | 41 |
| 17 | TLmoy | 0.51675 | | N.S. | | 0.0005 | 41 |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

N.B. Toujours le même opérateur effectuant des mesures sur des porcs rasés.

Tableau 4. Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC suite à l'application de différents algorithmes de traitement d'images pour les données des porcs commerciaux.

| Opérateur | Poils | Algorithme* | Variable(s) | Corrélation (GIMU vs NPPC) | <i>P</i> | Nombre données |
|-----------|----------|-------------|-------------|----------------------------|----------|----------------|
| R | rase | 26 | L2 | 0.36949 | 0.0125 | 45 |
| R | rase | 27 | L2 | 0.36722 | 0.0131 | 45 |
| R | non rase | 3 | T1 | 0.35469 | 0.0182 | 44 |
| R | non rase | 6 | t1t7 | 0.39131 | 0.0086 | 44 |
| R | non rase | 5 | t1t7 | 0.38282 | 0.0103 | 44 |
| R | non rase | 17 | t1t7 | 0.37655 | 0.0118 | 44 |
| R | non rase | 15 | t1t7 | 0.36895 | 0.0137 | 44 |
| C | non rase | 2 | t1t2 | 0.42353 | 0.0047 | 43 |
| C | non rase | 13 | t1t2 | 0.40732 | 0.0067 | 43 |
| C | non rase | 4 | t1t2 | 0.37357 | 0.0136 | 43 |
| C | non rase | 12 | t1t2 | 0.36862 | 0.015 | 43 |
| R | rase | 2 | t1t3 | 0.45502 | 0.0019 | 44 |
| R | rase | 13 | t1t3 | 0.43463 | 0.0032 | 44 |
| R | rase | 3 | t1t3 | 0.42951 | 0.0036 | 44 |
| R | rase | 1 | t1t3 | 0.4276 | 0.0038 | 44 |
| R | rase | 7 | t1t3 | 0.41888 | 0.0047 | 44 |
| R | rase | 8 | t1t3 | 0.41297 | 0.0053 | 44 |
| R | rase | 17 | t1t3 | 0.40667 | 0.0062 | 44 |
| R | rase | 21 | t1t3 | 0.40534 | 0.0063 | 44 |
| R | rase | 9 | t1t3 | 0.40419 | 0.0065 | 44 |
| R | rase | 4 | t1t3 | 0.4031 | 0.0067 | 44 |
| R | rase | 12 | t1t3 | 0.39926 | 0.0073 | 44 |
| R | rase | 5 | t1t3 | 0.39682 | 0.0077 | 44 |
| R | rase | 6 | t1t3 | 0.39324 | 0.0083 | 44 |
| R | rase | 10 | t1t3 | 0.39056 | 0.0088 | 44 |
| R | rase | 29 | t1t3 | 0.38446 | 0.01 | 44 |
| R | rase | 28 | t1t3 | 0.38208 | 0.0105 | 44 |
| R | non rase | 1 | t1t3 | 0.37831 | 0.0113 | 44 |
| R | non rase | 4 | t1t3 | 0.37426 | 0.0123 | 44 |
| R | rase | 18 | t1t3 | 0.36996 | 0.0134 | 44 |
| R | non rase | 5 | t1t3 | 0.36896 | 0.0137 | 44 |
| R | non rase | 17 | t1t3 | 0.36856 | 0.0138 | 44 |
| R | rase | 15 | t1t3 | 0.36443 | 0.015 | 44 |
| R | non rase | 15 | t1t3 | 0.361 | 0.0161 | 44 |
| R | rase | 16 | t1t3 | 0.35672 | 0.0175 | 44 |
| R | rase | 11 | t1t3 | 0.35442 | 0.0183 | 44 |
| R | non rase | 2 | t1t3 | 0.35019 | 0.0198 | 44 |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

Tableau 4 (suite).

| Opérateur | Poils | Algorithme* | Variable(s) | Corrélation (GIMU vs NPPC) | <i>P</i> | Nombre données |
|------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|
| C | non rase | 2 | T2 | 0.41659 | 0.0055 | 43 |
| C | non rase | 1 | T2 | 0.40258 | 0.0074 | 43 |
| C | non rase | 3 | T2 | 0.3868 | 0.0104 | 43 |
| C | non rase | 4 | T2 | 0.37856 | 0.0123 | 43 |
| C | non rase | 2 | t217 | 0.37652 | 0.014 | 42 |
| C | non rase | 3 | t217 | 0.37009 | 0.0158 | 42 |
| C | non rase | 4 | t217 | 0.36335 | 0.018 | 42 |
| C | non rase | 1 | t217 | 0.36107 | 0.0188 | 42 |
| R | rase | 6 | T3 | 0.40243 | 0.0061 | 45 |
| R | rase | 17 | T3 | 0.3749 | 0.0112 | 45 |
| R | rase | 2 | T3 | 0.37431 | 0.0113 | 45 |
| R | rase | 5 | T3 | 0.37169 | 0.0119 | 45 |
| R | rase | 3 | T3 | 0.36386 | 0.014 | 45 |
| R | rase | 8 | T3 | 0.35348 | 0.0172 | 45 |
| R | rase | 7 | T3 | 0.35286 | 0.0174 | 45 |
| R | rase | 6 | t312 | 0.37079 | 0.0122 | 45 |
| R | rase | 30 | TLmoy | 0.35745 | 0.0218 | 41 |
| R | rase | 31 | TLmoy | 0.35722 | 0.0219 | 41 |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

Tableau 5. Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'analyse chimique du gras intramusculaire (GIMC) et corrélations correspondantes pour l'estimation du GIMU et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC, en considérant les mêmes variables et le même algorithme de traitement d'images; données de Deschambault.

| Algorithme* | Variable(s) | Corrélation (GIMU vs GIMC) | Corrélation (GIMU vs NPPC) | P (GIM) | P (NPPC) | Nombre données (GIMC) | Nombre données (NPPC) |
|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------|----------|-----------------------|-----------------------|
| 10 | Tmoy | 0.32541 | 0.30175 | 0.0004 | 0.001 | 116 | 116 |
| 9 | Tmoy | 0.32057 | 0.31289 | 0.0005 | 0.0006 | 116 | 116 |
| 18 | Tmoy | 0.31839 | 0.31576 | 0.0005 | 0.0006 | 116 | 116 |
| 15 | Tmoy | 0.31403 | 0.29868 | 0.0006 | 0.0011 | 116 | 116 |
| 6 | Tmoy | 0.31398 | 0.26473 | 0.0006 | 0.0041 | 116 | 116 |
| 5 | Tmoy | 0.31021 | 0.28058 | 0.0007 | 0.0023 | 116 | 116 |
| 16 | t317 | 0.35424 | | <.0001 | N.S. | 116 | |
| 11 | t317 | 0.35078 | | 0.0001 | N.S. | 116 | |
| 14 | t317 | 0.34372 | | 0.0002 | N.S. | 116 | |
| 19 | t317 | 0.33085 | | 0.0003 | N.S. | 116 | |
| 10 | t317 | 0.33071 | | 0.0003 | N.S. | 116 | |
| 9 | t317 | 0.32655 | | 0.0003 | N.S. | 116 | |
| 18 | t317 | 0.32546 | | 0.0004 | N.S. | 116 | |
| 20 | t317 | 0.31972 | | 0.0005 | N.S. | 116 | |
| 4 | t317 | 0.31606 | 0.20174 | 0.0005 | 0.0299 | 116 | 116 |
| 21 | t317 | 0.31166 | | 0.0007 | N.S. | 116 | |
| 15 | t317 | 0.31097 | | 0.0007 | N.S. | 116 | |
| 11 | t217 | 0.33082 | 0.19684 | 0.0002 | 0.0319 | 119 | 119 |
| 1 | t217 | 0.32839 | 0.29528 | 0.0003 | 0.0011 | 119 | 119 |
| 16 | t217 | 0.32275 | 0.18102 | 0.0003 | 0.0488 | 119 | 119 |
| 10 | t1t3 | 0.37935 | 0.23467 | <.0001 | 0.0112 | 116 | 116 |
| 15 | t1t3 | 0.3674 | 0.23622 | <.0001 | 0.0107 | 116 | 116 |
| 6 | t1t3 | 0.36241 | 0.22523 | <.0001 | 0.0151 | 116 | 116 |
| 18 | t1t3 | 0.36123 | 0.228 | <.0001 | 0.0138 | 116 | 116 |
| 9 | t1t3 | 0.35535 | 0.22879 | <.0001 | 0.0135 | 116 | 116 |
| 5 | t1t3 | 0.34348 | 0.22103 | 0.0002 | 0.0171 | 116 | 116 |
| 17 | t1t3 | 0.33806 | 0.18265 | 0.0002 | 0.0497 | 116 | 116 |
| 21 | t1t3 | 0.33607 | 0.19536 | 0.0002 | 0.0356 | 116 | 116 |
| 12 | t1t3 | 0.33361 | 0.22657 | 0.0003 | 0.0145 | 116 | 116 |
| 20 | t1t3 | 0.33201 | | 0.0003 | N.S. | 116 | |
| 8 | t1t3 | 0.32816 | 0.22705 | 0.0003 | 0.0142 | 116 | 116 |
| 7 | t1t3 | 0.32094 | 0.2232 | 0.0004 | 0.016 | 116 | 116 |
| 13 | t1t3 | 0.31725 | 0.19935 | 0.0005 | 0.0319 | 116 | 116 |
| 16 | t1t3 | 0.31498 | 0.20538 | 0.0006 | 0.027 | 116 | 116 |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

N.B. Toujours le même opérateur effectuant des mesures sur des porcs rasés

Tableau 5 (suite)

| Algorithme* | Variable(s) | Corrélation (GIMU vs GIMC) | Corrélation (GIMU vs NPPC) | <i>P</i> (GIM) | <i>P</i> (NPPC) | Nombre données (GIMC) | Nombre données (NPPC) |
|-------------|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| 5 | t117 | 0.36946 | | <.0001 | N.S. | 117 | |
| 6 | t117 | 0.3612 | | <.0001 | N.S. | 117 | |
| 1 | t117 | 0.345 | 0.21362 | 0.0001 | 0.0207 | 117 | 117 |
| 15 | t117 | 0.34452 | 0.18618 | 0.0001 | 0.0444 | 117 | 117 |
| 16 | t117 | 0.3427 | | 0.0002 | N.S. | 117 | |
| 11 | t117 | 0.32873 | | 0.0003 | N.S. | 117 | |
| 10 | t117 | 0.32731 | | 0.0003 | N.S. | 117 | |
| 20 | t117 | 0.3265 | | 0.0003 | N.S. | 117 | |
| 3 | t117 | 0.32616 | 0.18537 | 0.0003 | 0.0454 | 117 | 117 |
| 14 | t117 | 0.3256 | | 0.0003 | N.S. | 117 | |
| 22 | t117 | 0.32241 | | 0.0004 | N.S. | 117 | |
| 4 | t117 | 0.32096 | 0.20445 | 0.0004 | 0.027 | 117 | 117 |
| 17 | t117 | 0.31541 | | 0.0005 | N.S. | 117 | |
| 19 | t117 | 0.31332 | | 0.0006 | N.S. | 117 | |
| 6 | T1 | 0.32525 | 0.21021 | 0.0003 | 0.0218 | 119 | 119 |
| 5 | T1 | 0.32088 | 0.21668 | 0.0004 | 0.0179 | 119 | 119 |
| 15 | T1 | 0.3153 | 0.23448 | 0.0005 | 0.0103 | 119 | 119 |
| 16 | L7 | 0.31128 | | 0.0005 | N.S. | 120 | |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

N.B. Toujours le même opérateur effectuant des mesures sur des porcs rasés.

Tableau 6. Meilleures corrélations entre l'estimation du gras intramusculaire par les ultrasons (GIMU) et l'évaluation visuelle du persillage par la méthode du NPPC suite à l'application de différents algorithmes de traitement d'images pour les données de Deschambault.

| Algorithme* | Variable(s) | Correlation (GIMU vs NPPC) | P | Nombre données |
|-------------|-------------|----------------------------|--------|----------------|
| 1 | Tmoy | 0.36506 | <.0001 | 116 |
| 4 | Tmoy | 0.34944 | 0.0001 | 116 |
| 12 | Tmoy | 0.31996 | 0.0005 | 116 |
| 18 | Tmoy | 0.31576 | 0.0006 | 116 |
| 3 | Tmoy | 0.31305 | 0.0006 | 116 |
| 9 | Tmoy | 0.31289 | 0.0006 | 116 |
| 1 | t2t3 | 0.34003 | 0.0002 | 118 |
| 4 | t2t3 | 0.32571 | 0.0003 | 118 |
| 12 | T2 | 0.35105 | <.0001 | 121 |
| 18 | T2 | 0.34026 | 0.0001 | 121 |
| 23 | T2 | 0.3389 | 0.0001 | 121 |
| 7 | T2 | 0.33649 | 0.0002 | 121 |
| 4 | T2 | 0.33554 | 0.0002 | 121 |
| 1 | T2 | 0.33471 | 0.0002 | 121 |
| 9 | T2 | 0.33382 | 0.0002 | 121 |
| 25 | T2 | 0.32745 | 0.0002 | 121 |
| 14 | T2 | 0.32338 | 0.0003 | 121 |
| 26 | T2 | 0.32275 | 0.0003 | 121 |
| 24 | T2 | 0.31335 | 0.0005 | 121 |
| 1 | t1t2 | 0.35384 | <.0001 | 118 |
| 4 | t1t2 | 0.34921 | 0.0001 | 118 |
| 18 | t1t2 | 0.3384 | 0.0002 | 118 |
| 12 | t1t2 | 0.33803 | 0.0002 | 118 |
| 9 | t1t2 | 0.32866 | 0.0003 | 118 |
| 15 | t1t2 | 0.32274 | 0.0004 | 118 |
| 7 | t1t2 | 0.32081 | 0.0004 | 118 |
| 23 | t1t2 | 0.31628 | 0.0005 | 118 |
| 10 | t1t2 | 0.31582 | 0.0005 | 118 |

* les différents algorithmes de traitement d'images calculés sont identifiés par des nombres de 1 à 31.

N.B. Toujours le même opérateur effectuant des mesures sur des porcs rasés