



Faculté de médecine Vétérinaire

Service de Biostatistique, Economie et Sélection animales

Prédiction de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande du Piétrain stress négatif par l'ultrasonographie en temps réel.



Prediction of carcass composition and meat quality in stress negative Pietrain pig using real-time ultrasound.

YOUSSAO A. K. Issaka

*Thèse présentée en vue de l'obtention du grade
de Docteur en sciences vétérinaires*

Année académique 2002-2003

DÉDICACES

A mon épouse, Adiza,

A mon fils, Ibraïma,

A mes parents.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, qu'il me soit permis de remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à sa réalisation.

Je voudrais tout d'abord accorder une place toute particulière au Professeur Pascal LEROY, promoteur de ce travail. Initiateur et responsable du Projet de coopération entre le Collège Polytechnique Universitaire de l'Université d'Abomey-Calavi et la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège, il m'a donné l'opportunité de faire un Diplôme d'Etudes Spécialisées (DES) à l'Institut Vétérinaire tropical qu'il venait fraîchement de créer. Dans le cadre de ce DES, il a bien voulu diriger mes travaux de fin d'études. A l'issue de cette formation, il m'a spontanément accepté dans son service en vue de réaliser le présent travail. Lors de la réalisation de ces différents travaux, il m'a initié à l'approche scientifique critique des travaux de recherche et m'a fait bénéficier de son expérience et de sa rigueur au travail. Il a toujours efficacement répondu à mes attentes malgré son emploi du temps chargé. Son énergie et sa disponibilité ont favorisé la concrétisation rapide des expérimentations et la publication des résultats qui en découlent. Il m'a soutenu et encouragé dans des moments difficiles. J'ai été très touché par sa simplicité et ses qualités humaines. Qu'il trouve ici le témoignage de ma plus vive reconnaissance et gratitude. Qu'il sache qu'à tout jamais, je lui en suis profondément reconnaissant.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance au Professeur Antoine CLINQUART, qui a bien voulu m'accueillir dans son service pour la réalisation des différents travaux relatifs à la qualité de la viande du Piétrain. Membre du comité de thèse, son enseignement, ses conseils enrichissants ont été déterminant dans la qualité de ce document.

J'assure le Professeur Michel GEORGES de ma profonde et sincère reconnaissance pour avoir accepté d'identifier les différents génotypes de sensibilité à l'halothane dans son

laboratoire. Membre du comité de thèse, son enseignement, ses conseils enrichissants ont été déterminant dans la qualité de ce document.

J'adresse mes sincères remerciements aux Docteurs Charles MICHAUX et Jean-Luc HORNICK qui m'ont régulièrement suivi et soutenu tout au long de la réalisation de ce travail. Je remercie également le Professeur Johann DETILLEUX et le Dr Frédéric FARNIR pour les discussions enrichissantes et leur disponibilité durant la réalisation de ce travail. Je témoigne aussi ma profonde gratitude au Professeur Hamidou BOLY pour ses conseils précieux.

Qu'il me soit permis d'exprimer toute ma reconnaissance à Vincent VERLEYEN, Marcel BUSTIN et au Dr Jean-Marie BEDUIN, BOLY Hamidou et Emile LEROY pour leur contribution à la réalisation de ce travail. Mes remerciements vont également à Erica DAVIS et Stéphane BERGMANS pour leur appui à la qualité de mon expression anglaise lors de la rédaction des articles.

Je témoigne ma profonde gratitude à Guy DEGAND, Bernadette LEROY et Jacqueline THIMISTER pour leur soutien dans la maîtrise des différentes techniques de l'analyse de la qualité de la viande au laboratoire de Technologie des denrées alimentaires du Professeur Antoine CLINQUART. Sincères remerciements.

Je voudrais particulièrement remercier tous les lecteurs anonymes qui ont contribué à l'amélioration de la qualité des articles publiés dans les différentes revues scientifiques.

Mes vifs remerciements s'adressent aux membres du jury pour avoir consacré leur temps et leur compétence dans la lecture critique de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à Bernadette MARCQ, Nadine BRUNETTA, Marie-Eve LECHANTEUR, Eric PALLA, François SMITZ, Charles FRANCOIS, Fabienne MARCQ, Carine NEZER, Dimitri PIROTIN, CHARLIER Carolle et Luc GROBET pour leur disponibilité. Je ne saurais jamais terminer sans adresser mes remerciements à toutes les équipes de la génétique moléculaire. Pour les utilisateurs des plaques de gels d'électrophorèse, je garderai longtemps un meilleur souvenir de notre collaboration.

Enfin, je remercie tous mes collègues : EL FADILI Moussa, N'DJIKAM Ibrahim, BANGA M'BOKO Henri, GBANGBOCHE Armand Bienvenu, DOVONOU Nicaise, N'DRI Aya Lydie, FRANDRE Thierry et MOGEZA Chanono pour leur franche collaboration.

Ce travail a été rendu possible grâce à la coopération entre le Collège Polytechnique Universitaire (CPU) de l'Université d'Abomey-Calavi et la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège. Cette coopération a été rendue possible grâce à l'appui financier du Commissariat Général aux Relations Internationales (CGRI) de la Communauté Wallonie-Bruxelles. Je présente mes remerciements au CGRI et au Professeur Pascal LEROY pour avoir financé mon séjour en Belgique. Je présente également mes remerciements au Professeur LOSSON qui a été responsable de la seconde phase de ce projet de coopération et pour tout ce qu'il fait pour moi et pour le CPU. Je ne saurais terminer cette vague de remerciement sans témoigner ma profonde gratitude au Dr Anne VERMEYLEN de l'APEFE. Elle a été à l'origine de cette coopération interuniversitaire et c'est par son intermédiaire que j'ai retrouvé le chemin du troisième cycle. Elle a tout donné à mon établissement d'origine, le CPU et, je garderai longtemps un meilleur souvenir de notre collaboration et de son séjour au Bénin. Je remercie aussi les enseignants et le Directeur du CPU pour leur franche collaboration.

Enfin, je ne peux terminer sans remercier les familles YOUSSAO et BACHABI pour leur soutien moral, leur patience et leur sacrifice.

AVANT-PROPOS

Le présent travail est constitué de quatre parties :

1. Une **introduction générale** qui décrit l'origine, la composition de la carcasse, la qualité de la viande et l'importance du Piétrain stress-négatif. Les justifications et les objectifs du présent travail sont ensuite définis.
2. Une **revue bibliographique** qui fait la synthèse sur l'évaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc.
3. Les études qui sont à la base du présent travail sont présentées sous forme d'**articles originaux** déjà publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture. Ils sont présentés en langue anglaise ou en français, c'est-à-dire sous leur forme intégrale et originale.
4. La **discussion générale** expose et discute les résultats obtenus et rend compte des apports du travail. Les **conclusions générales** sont ainsi tirées et les **perspectives** sont envisagées.

Table des matières

DÉDICACES	1
REMERCIEMENTS	2
AVANT-PROPOS.....	5
Table des matières	6
1. INTRODUCTION.....	10
1.1. Composition de la carcasse, qualité de la viande et exploitation du Piétrain stress négatif	10
1.1.1. Historique	10
1.1.1.1. La structure génétique du Piétrain	11
1.1.1.2. La reconstruction du génome Piétrain et origine du Piétrain stress négatif.....	12
1.1.1.3. Influence du gène IGF2 sur la conformation du Piétrain.....	13
1.1.2. Classement commercial du Piétrain stress négatif	14
1.1.3. Qualité de la viande	14
1.1.3.1. Qualité nutritionnelle de la viande.....	14
1.1.3.2. Caractéristiques technologiques de la viande.....	15
1.1.3.3. Caractéristiques organoleptiques de la viande.....	17
1.1.4. Exploitation des gènes majeurs chez le porc en Belgique	18
1.2. Justification et objets de l'étude	18
Bibliographie.....	21
2. Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc	37
2.1. Introduction	37
2.2. Historique.....	39
2.3. Principe de formation des images en temps réel	41

2.4. Collecte et analyse des images	42
2.5. Relations entre les mesures de référence réalisées sur la carcasse et les mesures réalisées par ultrasonographie	43
2.5.1. Calibration et validation des modèles de prédiction.....	43
2.5.2. Prédiction de la composition de la carcasse	45
2.5.3. Prédiction de la qualité de la viande	47
2.5.4. Répétabilité des mesures par ultrasons	49
2.6. Amélioration des performances zootechniques.....	50
2.7. Conclusion.....	52
2.9. Bibliographie	53
3. Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pietrain pig using the real-time ultrasound.....	73
3.1. Introduction	73
3.2. Material and methods.....	73
3.2.1. Data	73
3.2.2. Statistical analysis.....	75
3.3. Results and discussion	76
3.4. Conclusion.....	79
3.5. Acknowledgements.....	79
3.6. References	79
4. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain	88
4.1. Introduction	88
4.2. Material and methods.....	89
4.2.1. Data	89
4.2.2. Statistical analysis.....	91
4.3. Results.....	92
4.4. Discussion	93

4.6. Acknowledgements.....	98
4.7. References	98
5. A comparison of the Fat Lean Meter, the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Piétrain carcasses.....	114
5.1. Introduction	114
5.2. Material and methods.....	115
5.2.1. Data.....	115
5.2.2. Statistical analysis.....	116
5.3. Results and discussion	118
5.4. Conclusion.....	121
5.5. Acknowledgements.....	121
5.6. References	122
6. Evaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain.....	134
6.1. Introduction	134
6.2. Matériel et méthodes.....	135
6.3. Résultats.....	137
6.3.3. Relation entre les caractéristiques de la carcasse	138
6.4. Discussion	138
6.5. Conclusion.....	141
6.6. Remerciements	141
6.7. Bibliographie	142
7. Discussion générale	151
7.1. Facteurs de variation du pourcentage de viande maigre du Piétrain.....	151
7.2. Prédiction de la teneur en viande maigre.....	153
7.2.1. Relation entre les mesures ultrasonographiques et la teneur en viande maigre.....	153
7.2.2. Modèles de prédiction de la teneur en viande maigre.....	155

7.2.3. Effet de la machine sur l'estimation de la teneur en viande maigre.....	156
7.2.4. Interaction entre machine et génotype au locus Hal.....	157
7.2.5. Interaction entre machine et le sexe.....	157
7.3. Prédiction de la teneur en gras intramusculaire.....	158
8. Conclusion et suggestions.....	162
9. Références générales	164

1. INTRODUCTION

1.1. Composition de la carcasse, qualité de la viande et exploitation du Piétrain stress négatif

1.1.1. Historique

La commune de Piétrain, située à quelques kilomètres de Jodoigne dans la province du Brabant a donné son nom à une des races de porcs, qui y a pris naissance après la première guerre mondiale, vers l'année 1920. De 1920 à 1950, cette race porcine n'a guère pris d'extension, parce que les exigences du consommateur étaient moins nettes et moins élevées, la qualité ne se payait pas et la valeur économique n'était pas tellement prise en considération. Vers les années 50, une grande crise sur le marché de porcine a eu comme conséquence une différence plus prononcée des prix suivant la qualité et une plus forte demande du porc maigre. Ce n'est qu'à partir de ce moment que le porc de Piétrain a commencé par attirer l'attention des différents partenaires de la filière porcine.

Le porc Piétrain est principalement caractérisé par un pelage blanc portant des taches noires, plus ou moins nombreuses, réparties sur tout le corps, une viande pauvre en graisse, une carcasse dont le rendement à l'abattage est le plus élevé de toutes les races connues (83%), un éclatement musculaire au niveau des épaules, un dos développé (carré 27%) et des jambons exceptionnels (27%) (Camerlynck et Brankaer., 1958 ; Camerlynck, 1960). A côté de ces points forts, il est aussi caractérisé par la fixation du gène de sensibilité au stress débouchant sur le Syndrome du stress (PSS : Porcine Stress Syndrome), l'hyperthermie maligne (MHS : Malignant Hyperthermia Syndrome) et une viande dite PSE (Pale, soft and exsudative) (Topel *et al.*, 1968 ; Sybesma *et al.*, 1969 ; Eikelenboom *et al.* 1974; Eikelenboom *et al.* 1978). Ces syndromes, ainsi que l'hypertrophie musculaire, sont en partie liés au locus Hal de sensibilité à l'halothane, portant les allèles N (normal) et n (sensible) (Ollivier *et al.*, 1975). L'anomalie responsable de la sensibilité à l'halothane a été localisée au niveau d'un canal à ion Ca^{2+} , appelé récepteur à la ryanodine. L'analyse de la séquence du cDNA de ce récepteur chez les porcs Piétrain sensibles et Large Withe résistants a montré que la mutation de l'allèle N en n consiste en la substitution d'une Cytidine (C) par une Thymidine (T) en position 1843 (Fuji *et al.*, 1991). A la suite de cette

découverte, l'utilisation d'un test moléculaire a permis de distinguer avec précision les individus de génotype Nn (CT) et NN (CC), "non sensibles" à l'halothane, de ceux sensibles, de génotype nn (TT) et d'estimer ainsi le rôle exact joué par les allèles C et T sur les performances des animaux (Fuji *et al.*, 1991).

Le Piétrain Stress négatif (résistant à l'halothane) a été développé à la station expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège par l'introgession de l'allèle C du Large White dans le génome Piétrain (Hanset *et al.*, 1995a, b et c ; Leroy *et al.*, 1999 ; Leroy et Verleyen, 1999 ; Leroy et Verleyen, 2000). La création de ce nouveau type biologique a été obtenue en plusieurs étapes (Tableau 1).

1.1.1.1. La structure génétique du Piétrain

De 1983 à 1989, la structure génétique du Piétrain a été étudiée par Hanset *et al.* (1989) et Hanset *et al.* (1995a). Le croisement entre Piétrain (TT) et Large White (CC) donne en F2 des génotypes de sensibilité à l'halothane CT, CC et TT. Les caractéristiques de la composition de la carcasse des porcs de la F2 sont données par génotype et par sexe au tableau II. L'effet du locus Hal est significatif pour tous les caractères envisagés bien que sa contribution à la variation diffère fortement d'un caractère à l'autre. En passant du génotype CC au TT, on observe une réduction de la longueur de la carcasse, de l'épaisseur du lard dorsal, du pourcentage de morceaux gras, ainsi qu'une augmentation du rendement à l'abattage, de la proportion de morceaux maigres, des notes de conformation et des indices de compacité. Les mêmes tendances ont été observées par Leach *et al.* (1996), Larzul *et al.* (1997) et Aubry *et al.* (2000). Le phénotype des porcs CT n'est identique à aucun des phénotypes homozygotes et occupe une position intermédiaire, en général plus proche des porcs CC que des TT. L'allèle T est associé à une meilleure carcasse et une meilleure conformation, tandis que l'allèle C confère la résistance au stress et une meilleure qualité de la viande. Les trois génotypes de la F2 ont été comparés entre eux et avec les races Large White et Piétrain par Hanset *et al.* (1995a) dans les figures 1 à 4 : pour le gain quotidien moyen (Figure 1), la longueur de la carcasse (Figure 2), le pourcentage de morceaux maigres (Figure 3) et la mesure du pH1 du carré (Figure 4). Il ressort de cette comparaison que l'homozygote TT diffère du Piétrain classique par la composition de la carcasse et la qualité de la viande. Cette observation suggère l'existence d'*autres gènes*

dont les effets sont aussi importants que celui du locus Hal et ont fait l'objet d'études ultérieures (Nezer *et al.*, 1999).

1.1.1.2. La reconstruction du génome Piétrain et origine du Piétrain stress négatif

Le génome du Piétrain a été reconstitué de 1989 à 1995, au départ des F1 nés du croisement Piétrain X Large White, tout en conservant l'allèle C de résistance au stress (Hanset *et al.*, 1995b). Des backcross (BC) successifs ont été réalisés avec le Piétrain classique en vue de récupérer la totalité des "autres gènes" présents. A chaque génération, les femelles hétérozygotes CT ont été croisées avec des verrats Piétrain. Le niveau de reconstitution du génome Piétrain passant successivement par les stades 3/4 (BC1), 7/8 (BC2), 15/16 (BC3) et 31/32 (BC4). Les caractéristiques de la carcasse par numéro de backcross, génotype et sexe sont données au tableau III. De cette étude, il apparaît que le numéro de BC est sans influence sur le gain journalier, en revanche, il a un effet très significatif sur tous les critères en relation avec la composition de la carcasse et la conformation à l'exception de l'épaisseur du lard dorsal de la 1^{ère} vertèbre lombaire et du rendement à l'abattage. Une variation très significative ($p < 0,001$) s'observe entre les génotypes du locus Hal, les génotypes TT étant plus lourds que les génotypes CT et CC, et les CT possédant un rendement de carcasse supérieur à celui des génotypes CC (Hanset *et al.*, 1995c).

Quel que soit le génotype au locus Hal, la progression des BC se traduit par des carcasses progressivement plus courtes, plus charnues, moins grasses et plus compactes. Ceci résulte de la récupération progressive de ces *autres gènes* Piétrain dont il a été question plus haut, les génotypes au locus Hal étant constants. Par les BC successifs, on puise ces gènes, présents chez le Piétrain, qui sont responsables de la différence entre les Piétrains purs et les F2 de génotype TT (Hanset *et al.*, 1995b). L'évolution de la longueur de la carcasse, du pourcentage de morceaux maigres et du classement commercial de BC1 à BC4 est illustrée dans les figures 5, 6 et 7. A partir de BC4, le génome Piétrain a été pratiquement reconstitué et ce porc a reçu le nom de Piétrain stress négatif. Il a été reconnu officiellement par la Fédération Nationale des Eleveurs de Piétrain en Belgique le 19 septembre 1994. A l'heure actuelle, le stade BC8 est atteint. Depuis 1999, des croisements entre Piétrain stress négatif hétérozygotes CT issus de BC7 ont donné trois génotypes : le

Piétrain homozygote stress négatif (CC), le Piétrain hétérozygote stress négatif (CT) et le Piétrain homozygote stress positif (TT) (Leroy *et al.*, 1999). Les études de Hanset *et al.* (1995c) sur les BC1, BC2, BC3 et BC4 et celles de Leroy *et al.* (1999), Leroy et Verleyen (1999) et Leroy *et al.* (2001) de BC4 à BC7 ont montré qu'en passant du génotype CC au génotype TT, une réduction de l'épaisseur du lard dorsal et une augmentation de l'épaisseur et de la surface musculaire ont été observées. Les porcs de génotype CT présentent des moyennes intermédiaires à celles des CC et des TT. Le pourcentage de morceaux maigres augmente avec la progression des backcross, les homozygotes (TT) étant plus maigres que les CC ou CT (Hanset *et al.*, 1995a). Le pourcentage de viande maigre estimé chez le Piétrain stress négatif (CT) est en moyenne de 58,93 % (Leroy et Verleyen, 2000), cette valeur est proche de celles observées chez le Piétrain classique belge (59,48 %) et le classique français (58,98 %).

1.1.1.3. Influence du gène IGF2 sur la conformation du Piétrain

L'influence du gène IGF2 sur le rendement en viande du Piétrain a été observée par Nezer *et al.* (1999). Selon ces auteurs, le gène majeur IGF2 du Piétrain explique 25% de la différence entre Piétrain et Large White pour les principales caractéristiques de conformation (plus de musculature et moins de gras). Ce gène est soumis à l'empreinte parentale ; en effet, il ne s'exprime que lorsqu'il est hérité du père. L'allèle favorisant l'hypertrophie musculaire étant présent à très haute fréquence au sein de la race Piétrain, l'utilisation d'un verrat Piétrain pur en croisement industriel est donc plus favorable que celle d'un verrat croisé Piétrain. A l'heure actuelle, on peut dire que la probabilité qu'un verrat Piétrain pur soit porteur de 2 copies favorables du gène est très élevée, alors que pour un verrat issu d'un croisement entre Piétrain pur et une autre race, le risque de rencontrer une copie non favorable est loin d'être négligeable. Le test génétique permettant de déterminer le génotype au niveau de ce locus n'étant pas encore disponible, il est donc de loin préférable d'utiliser un verrat Piétrain pur pour que l'ensemble de la descendance hérite de l'allèle exprimé du gène. En ce qui concerne la différence entre les races Piétrain et Large White, Hanset *et al.* (1995a) ont montré que pour le pH mesuré une heure après l'abattage au niveau du carré, le locus Hal explique pratiquement toute la différence entre les deux races. Pour le pourcentage de viande dans la carcasse, le locus Hal et le locus IGF2 expliquent chacun environ 25 % de cette différence et donc environ 50 % au total.

Les 50% restant sont dus à l'action d'autres gènes encore non identifiés. La découverte de l'effet positif du gène IGF2 sur l'hypertrophie musculaire permet également de rejeter l'équation HM (hyperthermie maligne) = HM (hypertrophie musculaire). Lorsque le test génétique sera disponible, les éleveurs pourront obtenir un produit de bonne conformation en sélectionnant contre le locus Hal et pour le locus IGF2.

1.1.2. Classement commercial du Piétrain stress négatif

Le classement commercial se base sur la valeur de la qualité de la carcasse ; un système de lettre était utilisé en Belgique (E=160 points ; A1=100 ; B1=70 ; A1+=100 ; A1-=90 etc.). La valeur moyenne observée chez les Piétrain stress négatif était de 101 points (A1) ; celle des Piétrain classiques était de 124 points (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1998). Chez les Piétrain au stade 31/32 de Piétrain, 93,75 % des carcasses des truies TT et 58,54 % des carcasses des truies CT sont classés de AA à EE (Hanset *et al.*, 1995c). Quant aux castrats, cette proportion est de 65,15 et 7,69 %, respectivement pour les TT et les CT. Chez le Piétrain pur, 88,19 % des truies et 44,96 % des castrats sont classés de AA à EE (Hanset *et al.*, 1995c).

Actuellement, le système de classification fait de plus en plus appel à l'échelle européenne et se base sur la teneur en viande maigre obtenue par le Capteur Gras / maigre - Sydel (CGM), le PG-200 (*Grirada Choirometer*), le FOM (*Fat-O-Meater*) ou le HGP (*Hennessy Grading Probe*), suivant la grille SEUROP (Tableau IV). A la station expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège, 85 % des descendants des verrats Piétrain stress négatifs (CT) provenant des backcross 5, 6 et 7 sont classés en S et E, correspondant respectivement à une proportion de viande de plus de 58,5 % (Leroy et Verleyen, 1999).

1.1.3. Qualité de la viande

1.1.3.1. Qualité nutritionnelle de la viande

Parmi les paramètres de qualité nutritionnelle de la viande, les plus importants sont : la teneur en gras intramusculaire, la teneur en protéine et la teneur en eau. Le gène responsable de la teneur en gras intramusculaire est différent de celui du lard dorsal (Janss

et al., 1997) ; par conséquent, on pourrait augmenter la teneur en gras intramusculaire et donc améliorer le goût sans augmenter le dépôt de graisse dorsale. Le génotype au locus Hal influence significativement la teneur en gras intramusculaire ; les CC sont plus gras que les TT et les CT ont présenté une teneur intermédiaire (Tableau V). Le taux de protéine et la teneur en eau sont donnés aux tableaux V et VI ; ils ne sont apparemment pas influencés par le génotype au locus Hal (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1998).

1.1.3.2. Caractéristiques technologiques de la viande

Les caractéristiques technologiques caractérisent l'aptitude de la viande à la conservation et à la transformation (Monin, 1991). Cette aptitude dépend du pH et du pouvoir de rétention en eau.

Effet du pH intramusculaire

Le pH *post mortem* diminue plus rapidement chez le Piétrain classique que chez le Piétrain stress négatif au stade 63/64 piétrain (Tableau VI). Leroy et Verleyen (1999) ont observé par ailleurs que, une heure après l'abattage, le pH du carré est en moyenne de 6,28 puis, chute à 5,72 à 24 heures chez le Piétrain stress négatif de BC5 à BC7. Ce pH proche de 5,8 à 24 heures après l'abattage répond aux attentes du secteur de transformation et de la distribution de la viande porcine. De même, une réflectance (FOP, fibre optic probe) située entre 25 et 50 μ (Hanset *et al.*, 1995c), correspond à une viande qui satisfait aux normes de qualité, n'étant ni PSE (pâle, molle, humide, FOP > 50 μ), ni DFD (foncée, ferme, sèche, FOP < 25 μ). Le pH et la valeur du FOP évoluent en sens inverse et sont influencés par les génotypes de la sensibilité à l'halothane (CC, CT et TT).

Capacité de rétention en eau

La capacité de rétention en eau est estimée par le pourcentage de jus perdu par écoulement (*drip loss*) et le pourcentage de perte de jus à la cuisson (*cooking loss*) ; le pourcentage de jus expressible n'a pas été pris en compte. Selon le tableau V, la perte de jus à l'écoulement a été en moyenne de 4,28, 4,53 et 5,19 %, respectivement chez les homozygotes CC, hétérozygotes CT et les homozygotes TT obtenus chez le Piétrain du stade BC5 à BC8. Quant à la perte de jus à la cuisson, elle a été de 28,0 ; 27,6 et 29,4 %, respectivement chez les homozygotes CC, hétérozygotes CT et les homozygotes TT obtenus de BC6 à BC8.

Dans une étude réalisée par le Ministère belge des classes moyennes et de l'agriculture (1998), la perte de jus observée à la cuisson a été moins importante chez le Piétrain stress négatif au stade BC4 (32,5 %) par rapport à celle du Piétrain classique (35,9 %), cette différence n'étant cependant pas significative (Tableau VI). Le génotype de sensibilité à l'halothane n'a pas eu d'effet sur la jutosité. Toutefois, une tendance selon laquelle le Piétrain stress négatif a un meilleur pouvoir de rétention de l'eau par rapport au Piétrain classique ne peut être exclue (Tableau IV).

Potentiel glycolytique

Le potentiel glycolytique (PG) se réfère à la quantité de composés glucidiques susceptibles de se transformer en acide lactique lors de la glycogénolyse *post mortem* du muscle, cette quantité étant exprimée en μmol d'équivalent acide lactique par g de tissu musculaire frais (Monin et Sellier, 1985) :

$$\text{PG} = 2 ([\text{glycogène}] + [\text{glucose}] + [\text{glucose-6-phosphate}]) + [\text{acide lactique}].$$

Chez le Piétrain, les comparaisons entre sujets sensibles et non sensibles à l'halothane montraient l'absence d'effet du phénotype de sensibilité à l'halothane sur le PG, quel que soit le muscle considéré (Larzul *et al.*, 1998). Suite au développement des méthodes de typage moléculaire pour le gène de sensibilité à l'halothane, des comparaisons ont été réalisées plus récemment entre les trois génotypes (CC, CT, TT) et ont confirmé qu'il n'y a pas d'effet notable de l'allèle T sur le PG du muscle *Longissimus dorsi* (Larzul *et al.*, 1997). Le PG est influencé par le gène RN (Larzul *et al.*, 1998).

Si l'allèle T n'a pas d'effet sur le PG, par contre les variations du PG au moment de l'abattage sont susceptibles d'influencer les effets du gène HAL sur les caractères de qualité de la viande. A titre d'illustration, Larzul *et al.* (1998) ont montré qu'une diminution très importante du PG (obtenue expérimentalement par une injection d'adrénaline quelques heures avant l'abattage) entraîne l'apparition d'une viande à pH ultime très élevé, de type DFD (dark, firm, dry), aussi bien chez des porcs Piétrain sensibles à l'halothane que chez des porcs Large White. Bien que l'allèle T n'ait pas d'influence sur le PG, les concentrations en lactate et en glycogène sont significativement influencées par le génotype de sensibilité à l'halothane (Larzul *et al.*, 1998). Selon ces auteurs, les

concentrations en lactate sont de 67, 76 et 94 μmol , respectivement chez les CC, CT et TT. Quant à la concentration en glycogène, elle est de 36, 27,8 et 18,1 μmol , respectivement pour les CC, CT et TT.

1.1.3.3. Caractéristiques organoleptiques de la viande

Les caractéristiques organoleptiques de la viande sont celles perçues par le consommateur : il s'agit de la tendreté, la couleur, la jutosité et la flaveur.

La tendreté mesure la facilité avec laquelle une viande se laisse couper et s'évalue sur la base de la force maximale de cisaillement. Le génotype de sensibilité à l'halothane influence significativement ($p < 0,05$) la force de cisaillement de la viande du Piétrain (Larzul *et al.*, 1997). Le Piétrain stress négatif au stade BC5 est plus tendre que le Piétrain stress positif (Tableau VI). La force de cisaillement a été de 34,7, 39,5 et 43,7 N, respectivement chez les homozygotes CC, Hétérozygotes CT et les homozygotes TT obtenu du BC5 au BC8 (Tableau V).

La couleur est définie par la teinte (rouge, jaune ..), la luminosité (claire ou foncée) et la saturation (vive ou terne) suivant les normes du Comité International d'Eclairage (CIE $L^*a^*b^*$). Chez le Piétrain, la luminosité L^* et la teinte jaune b^* sont influencées par le génotype de sensibilité à l'halothane ($p < 0,01$) avec des valeurs plus importantes chez les TT (De Smet *et al.*, 1996 ; Larzul *et al.*, 1997). La même tendance a été observée chez les Piétrain stress négatifs au stade BC5 à BC8 par comparaison avec le Piétrain stress positif (Tableau V). Aucune différence significative n'a été observée pour la teinte rouge a^* (De Smet *et al.*, 1996 ; Larzul *et al.* 1997 ; Youssao (données personnelles non publiées)).

La jutosité de la viande cuite dépend à la fois de sa teneur en eau et de l'effet stimulant de la graisse sur la salivation. La jutosité peut donc être indirectement estimée en évaluant la teneur en graisse de la viande et sa capacité de rétention en eau. Sachant que le pourcentage de gras intramusculaire est influencé par le génotype au locus Hal (De Smet *et al.*, 1992 ; Larzul *et al.*, 1997), et du fait qu'aucun effet significatif n'est observé sur la perte de jus par écoulement et à la cuisson, il est possible de déduire que la viande du Piétrain stress négatif est plus juteuse que celle du Piétrain stress positif.

1.1.4. Exploitation des gènes majeurs chez le porc en Belgique

Le développement du Piétrain CT puis du Piétrain CC par l'Université de Liège, Detry SA, le Centre Interprofessionnel pour l'Amélioration et la Promotion animale (CIAP) et les éleveurs de Piétrain (ARPP) a débouché sur son utilisation sur des truies du circuit commercial. Des résultats exceptionnels ont été obtenus, notamment des pourcentages de viande estimés de l'ordre de 59 % ce qui n'est que 0,5% en dessous de ceux qui sont observés en race pure (Piétrain TT) (Leroy *et al.*, 1999). Le pourcentage des produits terminaux en classes S et E est de 85% (Figure 8), indiquant bien que l'élimination de l'allèle défavorable au locus Hal n'affecte pas le rendement de la carcasse.

Les résultats de la recherche et des expériences antérieures ont permis de mieux valoriser les gènes majeurs en Belgique. Les cahiers des charges des filières porcs «fermier» et certaines chartes de qualité recommandent l'utilisation des porcs stress négatifs. Il en est de même pour certaines chartes de qualité où les élevages impliqués sont invités à utiliser des verrats stress négatifs (Leroy *et al.*, 1999 ; Leroy et Verleyen, 1999). Le Piétrain stress négatif répond à la demande des consommateurs et des industriels par la qualité de sa viande et l'absence d'utilisation de tranquillisant lors du transport. Ainsi, il peut être transporté d'un continent à l'autre, sous tous les climats et dans tous les types d'élevage. Les verrats Piétrain CT et CC présentent un réel intérêt et sont également testés en régions chaudes notamment au Vietnam et bientôt en Chine et en Afrique de l'Ouest (Burkina Faso).

L'ensemble des découvertes récentes a conduit l'Université de Liège et la Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux à suggérer de dynamiser le secteur de l'élevage de Piétrain en Wallonie. Ainsi, le porc Piétrain stress négatif, produit de préférence sur paille, sans farines animales et sans antibiotiques, portera dorénavant le nom de «**porc fleuri**» ; il est déjà commercialisé dans quatre supermarchés de la région liégeoise sous le label «**Vert Bocage**» (Leroy *et al.*, 1999 ; Leroy *et al.*, 2001).

1.2. Justification et objets de l'étude

La composition de la carcasse et de la qualité de la viande du Piétrain stress négatif a été décrite dans le chapitre précédant. Le Piétrain stress négatif, notamment l'hétérozygote CT,

est un nouveau type biologique qui doit tout son intérêt au fait qu'il exploite l'effet favorable d'un exemplaire de l'allèle T sur la conformation et la composition de la carcasse et l'effet bénéfique d'un exemplaire de l'allèle C sur la résistance au stress et la qualité de la viande (acidité, couleur, consistance, tendreté et saveur). Avec la progression des back-cross, quel que soit le génotype de résistance à l'halothane, la composition de la carcasse du Piétrain stress négatif (CC et CT) est presque identique à celle du Piétrain classique avec pour avantage, une amélioration de la qualité de la carcasse. Le développement du Piétrain CT puis du Piétrain CC a donc permis de mieux valoriser le Piétrain stress négatif.

Pour améliorer davantage la qualité de la carcasse du Piétrain stress négatif par la sélection des animaux destinés à l'élevage en fonction des caractéristiques de la carcasse et de la qualité de la viande, sans les abattre et sans attendre les résultats de la descendance, la prédiction de la composition corporelle *in vivo* en utilisant l'ultrasonographie en temps réel est l'une des meilleures possibilités. Le scanner Pie Medical 200 SLC (*Pie Medical equipment BV, Maastricht, The Netherlands*) a été choisi pour la réalisation de cette étude.

Après une synthèse bibliographique sur l'évaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par l'ultrasonographie chez le porc, plusieurs objectifs ont été poursuivis au cours de la présente étude :

1. Localiser le meilleur site de sondage dans l'estimation de la teneur en viande maigre. Deux sites de mesures les plus reconnus dans la littérature comme étant les plus précises ont été comparés. Une fois le meilleur site identifié, il pourra être utilisé dans des études relatives à l'estimation de la teneur en viande maigre.
2. Développer des modèles de prédiction de la teneur en viande maigre du Piétrain et du Piétrain stress négatif à partir des mesures d'ultrasons et du pourcentage de viande maigre de la carcasse, obtenu à l'abattoir, en tenant compte des différentes sources de variation.
3. Comparer les modèles de prédiction développés ci-dessus à ceux du Capteur Gras-Maigre (CGM) et de l'appareil à ultrasons Piglog 105 (SFK) dans l'estimation de la teneur en viande maigre. Dans cette étude, l'effet de l'appareil se confond à celui du modèle de prédiction utilisé.

4. Prédire le pourcentage de gras intramusculaire par l'ultrasonographie en temps réel à partir du pourcentage de pixels blancs dans l'image échographique du *longissimus thoracis* et le pourcentage d'extrait étheré correspondant au même muscle.

Bibliographie

AUBRY A., LIGONESCHE B., GUEBLEZ R., GAUBRE D. Comparaison des porcs charcutiers NN et Nn pour les performances de croissance, carcasse et qualité de viande, et l'aptitude à produire du jambon cuit. *32^{ème} Journées de la Recherche Porcine*, 2000, 361-367.

CAMERLYNCK R. Les qualités d'engraissement et d'abattage des porcs Piétrain. In : La race porcine belge Piétrain. Colloque sur la race porcine belge Piétrain, Bruxelles, 21 au 22 mars 1960, page 39-57.

CAMERLYNCK R, BRANKAER R. Le porc Piétrain. *Revue de l'Agriculture*, 11^{ème} année, N°3 et 4, 1958.

DE SMET S. M., PAUWELS H., DE BIE S., DEMEYER D. I., CALLEWIER J., EECKHOUT W. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian harvest pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 1854-1863.

DE SMET S., PAUWELS H., EECKHOUT W., DEMEYER D. I., VERVAEKE I., DE BIE S., VAN DE VOORDE G., CASTEELS M. 1992. Relationships between halothane sensitivity, carcass quality and meat quality in Belgian slaughter Pigs. In : *Pork quality, genetic and metabolic Factors*, Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen M., and Ellis, S., CAB International, Wallingford, 259-270.

EIKELENBOOM G., MINKEMA D. Prediction of pale, soft, exsudative muscle with a non lethal test for the halothane induced porcine malignant hyperthermia syndrome. *Tijdschr. Diergeneesk.*, 1974, **99**, 421-426.

EIKELENBOOM G., MINKEMA D., VAN ELDIK P., SYBESMA W. Production characteristics of Dutch Landrace and Dutch Yorkshire pigs as related to their susceptibility for the halothane-induced malignant hyperthermia syndrome. *Livestock Prod. Sci.*, 1978, **5**, 277-284.

FUJI J., OTSU K., ZORZATO F., DE LEON S., KHANNA V.K., WEILER J. E., O'BRIEN P.J., MAC LENNAN D.H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with Malignant Hyperthermia . *Science*, 1991, **253**, 448-451.

HANSET R., SCALAIS S., GROBET L. Du Piétrain classique au Piétrain résistant à l'halothane ou Piétrain Réhal. *Ann. Méd. Vét.*, 1995a, **139**, 23-35.

HANSET R., DASNOIS C., SCALAIS S., MICHAUX C., GROBET L. Génotype au locus de sensibilité à l'Halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain X Large White . *Genet. Sel. Evol.*, 1995b, **27**, 63-76.

HANSET R., DASNOIS C., SCALAIS S., MICHAUX C., GROBET L. Effet de l'introgression dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane. *Genet. Sel. Evol.*, 1995c, **27**, 77-88.

HANSET R., DASNOIS C., MICHAUX C., LEROY P. Looking for individual genes of muscular hypertrophy in the pig : preliminary analysis of a F2 of the Pietrain X Large White cross. *Eur. Assoc. Anim. Prod.*, Dublin, 1989.

JANSS L.L.G., VAN ARENDONK J.A.M., BRASCAMP E.W. Bayesian Statistical Analyses for presence of single genes affecting meat quality traits in a crossed pig population. *Genetics*, **145**, 395-408.

LARZUL C., LE ROY P., GUÉBLEZ R., TALMANT A., GOGUÉ J., SELLIER P., MONIN G. Effect of halothane genotype (NN, Nn, nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaughtered at 95 kg or 125 kg live weight. *J. Anim. Breed. Genet.*, 1997, **114**, 309-320.

LARZUL C., LE ROY P., SELLIER P., JACQUET B., GOGUE J., TALMANT A., VERNIN P., MONIN G. Variabilité génétique du potentiel glycolytique du muscle chez le porc. *Prod. Anim.*, 1998, **11**, 183-197.

LEACH L. M., ELLIS M., SUTTON D. S., MCKEITH F. K., WILSON E. R. The growth performance, carcass characteristics, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 934-943.

LEROY P. L., VERLEYEN V. The new stress negative Piétrain line developed at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Liège. AIVETs meeting, Brugge, 1999, Belgium, pp. 27-31.

LEROY P. L., VERLEYEN V., DETRY J-P. Le porc Piétrain résistant au stress (ReHal) dans la filière porcine. Quatrième Carrefour des Productions Animales. Les démarches de qualité en production de viandes. 1999b, Gembloux, 27 – 01 - 1999, 39-40.

LEROY P.L., VERLEYEN V. Performances of the Piétrain ReHal, the new stress negative Piétrain line. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, *Zürich 22-26 August 1999*, 2000, 161-164

LEROY P. L., BEDUIN J-M., VERLEYEN V., LEBAILLY P., BERTI F. Les attentes des consommateurs, des nouveaux critères de sélection porcine. Carrefour des productions animales, Gembloux, 24-01-2001, 74-83.

MINISTERE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE, DG6. Piétrain Réhal. Juillet 1998, Bruxelles, 32p.

MONIN G., SELIER P. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate *post mortem* period : the case of the Hampshire breed. *Meat Sci.*, 1985, **13**, 49-63.

MONIN G. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.*, 1991, 4, 151–160.

NEZER C., MOREAU L., BROUWERS B., COPPIETERS W., DETILLEUX J., HANSET R., KARIM L., KVASZ A., LEROY P., GEORGES M. An imprinted QTL with

major effect on muscle mass and fat deposition maps to the IGF2 locus in pigs. *Nature genetic*, 1999, **21**, february, 155-156.

OLLIVIER L., SELIER P., MONIN G. Déterminisme génétique du syndrome d'hyperthermie maligne chez le porc Piétrain. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 1975, 7, 159-166.

SYBESMA M., EIKELEEMBOOM G. Malignant Hyperthermia Syndrome in pigs. *Neth. J. Vet. Sci.*, 1969, **2**, 155-160.

TOPEL D.G., BICKNELL E.J., PRESTON K.S., CHRITIAN L.L., MATSUSHIMA C.Y. Porcine stress syndrome. *Med. Vet. Pract.*, 1968, **49**, 40.

YOUSSAO, A. K. I., VERLEYEN, V., LEROY, P L. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain. *Anim. Sci.* 2002a, 75, 25-32.

YOUSSAO A. K. I., VERLEYEN, V., LEROY, P L. A comparison of the Fat Lean Meter (CGM) and the ultrasonic device Pie Medical 200 and Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Pietrain and negative-stress Pietrain carcasses". *Livestock Prod. Sci.* 2002b (In press).

Tableau I : Chronologie de la création du Piétrain stress négatif

Objectif	Période	Type de croisement	Résultat du croisement	Test génomique	Génotype au locus Hal			Source bibliographique
					CC	CT	TT	
Structure génétique du Piétrain	1983 à 1989	LW X PIE	F1	Test	-	+	-	Hanset <i>et al.</i> , 1989 ;
		F1 X F1	F2	Halothane	+*	+*	+	Hanset <i>et al.</i> 1995b ; Hanset <i>et al.</i> , 1995a
Reconstitution du génome Piétrain avec maintien de l'hétérozygotie au locus Hal	1989 à 1995	F1 X PIE	BC1	Test	-	+	+	
		BC1 X PIE	BC2	Halothane et	-	+	+	Hanset <i>et al.</i> 1995c ; Hanset <i>et al.</i> , 1995a
		BC2 X PIE	BC3	Test de la	-	+	+	
		BC3 X PIE	BC4	Ryanodine	-	+	+	
Reconstitution du génome Piétrain (suite)	1995 à 1999	BC4 X PIE	BC5	Test de la	-	+	+	Leroy et Verleyen, 1999 ; Leroy <i>et al.</i> ,
		BC5 X PIE	BC6	Ryanodine	-	+	+	1999 ; Leroy et Verleyen, 2000 ; Youssao <i>et al.</i> , 2002a ; 2002b
		BC6 X PIE	BC7		-	+	+	
Création du Piétrain stress négatif homozygote et poursuite de la reconstitution du génome Piétrain	1999 à 2002	BC7 X BC7	BC7	Test de la	+	+	+	Leroy <i>et al.</i> , 1999 ; Leroy et Verleyen,
		BC7 X PIE	BC8	Ryanodine	-	+	+	2000 ; Youssao <i>et al.</i> , 2002a ; Youssao <i>et al.</i> , 2002b

+ : Génotype observé ; - : Absence du génotype ; * : L'épreuve du gaz anesthésique halothane ne faisait pas la différence entre les génotype CC et CT ; LW : Large White ; PIE : Piétrain

Tableau II : Moyenne moindres carrés et erreur standard des caractéristiques de la composition de la carcasse des porcs issus de la F2 du croisement Large White – Piétrain en fonction du génotype de sensibilité à l'halothane.

Caractéristiques de la carcasse	Génotype de sensibilité à l'halothane					
	Homozygote CC		Hétérozygote CT		Homozygote TT	
	Moyenne	ES	Moyenne	ES	Moyenne	ES
Gain moyen quotidien (kg/j)	0,706	0,005	0,731	0,004	0,718	0,005
Longueur (cm)	80,93	0,12	80,48	0,09	79,03	0,13
Épaisseur du lard au cou (cm)	3,75	0,03	3,73	0,02	3,59	0,03
Épaisseur du lard (1ère vertèbre lombaire) (cm)	2,59	0,03	2,59	0,02	2,51	0,03
Épaisseur du lard dorsal à la croupe (cm)	1,7	0,02	1,66	0,02	1,42	0,03
Épaisseur moyenne du lard dorsal (cm)	2,68	0,02	2,66	0,02	2,51	0,02
Rendement à l'abattage (%)	80,15	0,10	80,12	0,07	81,03	0,1
Carré (%)	24,08	0,07	24,38	0,05	25,05	0,08
Jambon (%)	22,78	0,06	23,12	0,05	23,72	0,06
Épaule (%)	16,31	0,04	16,45	0,03	16,77	0,04
Morceau maigre (%)	30,04	0,13	29,27	0,1	27,85	0,13
Bardière (%)	4,47	0,12	5,05	0,09	6,4	0,13
Paroi ventrale (%)	4,84	0,1	5,47	0,08	6,71	0,11
Morceaux gras (%)	1,025	0,002	1,029	0,002	1,059	0,002
Conformation au sevrage (0 à 10)	0,623	0,002	0,635	0,001	0,669	0,002

Source : Hanset *et al.* 1995a

Tableau III : Moyenne moindres carrés et erreur standard des caractéristiques de la composition de la carcasse de porcs en fonction du backcross et du génotype de sensibilité à l'halothane (Hanset *et al.*, 1995b).

Caractéristiques de la carcasse	Backcross 1		Backcross 2		Backcross 3		Sexe	
	CT	TT	CT	TT	CT	TT	Castrat	Femelle
Gain moyen quotidien (kg/j)	0,66±0,015	0,65±0,015	0,65±0,01	0,64±0,01	0,68±0,016	0,66±0,015	0,68±0,006	0,63±0,006
Longueur (cm)	80,6±0,2	79,0±0,2	79,9±0,1	77,8±0,1	79,1±0,2	75±0,2	78,5±0,1	79,5±0,1
Épaisseur du lard au cou (cm)	3,1±0,1	2,9±0,1	2,9±0,0	2,8±0,0	2,7±0,1	2,7±0,1	3,1±0,0	2,7±0,0
Épaisseur du lard (1ère vertèbre lombaire) (cm)	2,5±0,5	2,4±0,1	2,45±0,0	2,4±0,0	2,4±0,1	2,3±0,1	2,6±0,0	2,23±0,0
Épaisseur du lard dorsal à la croupe (cm)	1,8±0,1	1,7±0,1	1,8±0,0	1,6±0,0	1,5±0,1	1,3±0,1	1,8±0,0	1,4±0,0
Épaisseur moyenne du lard dorsal (cm)	2,5±0,0	2,4±0,0	2,4±0,0	2,7±0,0	2,2±0,0	2,1±0,0	2,5±0,0	2,1±0,0
Rendement à l'abattage (%)	80,7±0,2	81,3±0,2	80,7±0,1	81,2±0,1	80,6±0,2	81,2±0,12	81,1±0,1	80,9±0,1
Carré (%)	25,1±0,2	25,8±0,2	25,6±0,1	26,4±0,1	26,0±0,2	26,8±0,1	25,2±0,1	26,7±0,1
Jambon (%)	24,1±0,1	24,8±0,1	24,4±0,1	25,2±0,1	24,8±0,1	25,6±0,1	24,4±0,0	25,220,1
Épaupe (%)	16,5±0,01	16,7±0,1	16,4±0,1	16,7±0,1	16,6±0,1	16,9±0,1	16,6±0,0	16,7±0,0
Morceau maigre (%)	65,6±0,2	67,4±0,2	66,4±0,2	68,3±0,2	67,4±0,2	69,2±0,2	66,1±0,1	68,6±0,1
Bardière (%)	6,4±0,1	5,9±0,1	6,2±0,1	5,7±0,1	5,7±0,1	5,2±0,1	3,5±0,0	5,2±0,0
Paroi ventrale (%)	15,8±0,1	15,3±0,1	15,3±0,1	14,7±0,1	15,1±0,1	14,4±0,1	15,5±0,0	14,7±0,0
Morceaux gras (%)	27,7±0,3	26,1±0,3	26,9±0,2	25,2±0,2	25,8±0,2	24,4±0,3	27,4±0,1	24,7±0,1
Conformation au sevrage (0 à 10)	6,6±0,1	7,4±0,1	7,0±0,1	7,5±0,1	7,6±0,1	7,6±0,1	7,2±0,1	7,3±0,1
Conformation finale (0 à 10)	6,5±0,1	7,3±0,1	7,0±0,1	7,9±0,1	7,7±0,1	8,3±0,1	7,4±0,0	7,5±0,0
Indice de compacité 1	1,06±0,0	1,08±0,04	1,06±0,02	1,1±0,02	1,07±0,04	1,01±0,04	1,09±0,01	1,07±0,01
Indice de compacité 2	0,67±0,04	0,71±0,04	0,68±0,02	0,73±0,02	0,70±0,03	0,74±0,03	0,69±0,01	0,71±0,01

CC : Homozygote stress négatif ; CT : Hétérozygote stress négatif ; TT : Homozygote stress positif

Tableau IV : Classification européenne des carcasses selon la teneur estimée en viande maigre

Conformation		Etat d'engraissement	
Proportion de viande	Classe	Classe	Chiffre
Plus de 60 %	S	Très faible	1 – 6
55 à 59 %	E	Faible	6 – 9
50 à 55 %	U	Moyen	9 – 12
45 à 49 %	R	Fort	> 12
40 à 44 %	O	Très fort	
Moins de 40 %	P	-	

Source : Arrêté royal du 29 avril 1999 relatif au classement des carcasses de porcs et Arrêté ministériel du 3 mai 1999 relatif au classement des carcasses de porcs.

Tableau V : Caractéristiques de la qualité de la viande du Piétrain au stade BC5 à BC8

(données personnelles non publiées) (N = 80)

	Génotype CC		Génotype CT		Génotype TT		
	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	
pH							
45 mm	5,49	0,23	5,81	0,12	5,9	0,16	
J1	5,41	0,04	5,43	0,02	5,46	0,03	
Couleur							
L* J1 (%)	51,74	0,74	51,86	0,46	52,79	0,71	
a* J1	7,65	0,51	7,89	0,32	8,59	0,49	
b* J1	15,47	0,39	15,93	0,24	16,69	0,36	
Perte de jus par écoulement (%)	4,28	0,54	4,53	0,29	5,19	0,45	
Perte de jus à la cuisson (%)	28,98	0,7	27,63	0,37	29,38	0,58	
Force maximale de cisaillement (N)	34,69a	2,37	39,49ab	1,27	43,66b	1,97	
Gras intramusculaire (%)	1,53a	0,12	1,23b	0,08	1,07b	0,12	
Humidité (%)	74,05	0,22	73,34	0,14	73,9	0,21	

Les moyennes suivies de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%

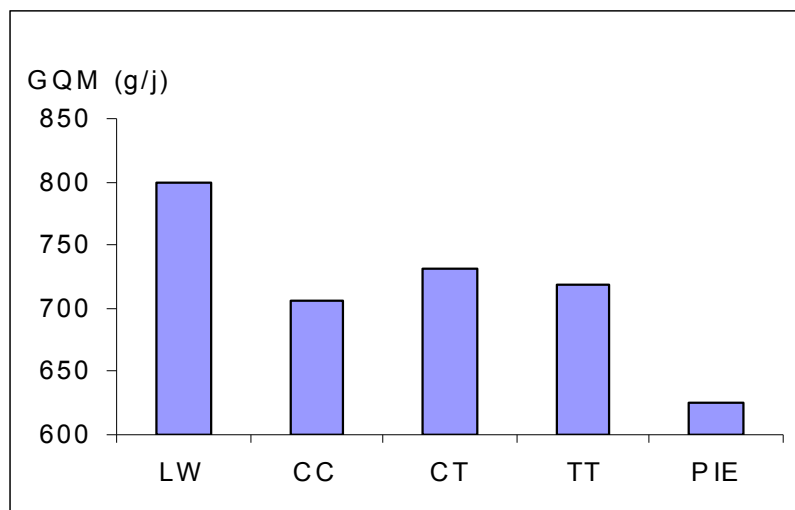
E.S. : *Erreur standard*

Tableau VI : Qualité de la viande du Piétrain classique et du Piétrain stress négatif au stade 63/64 Piétrain

Paramètres		Piétrain classique		Piétrain stress négatif	
		Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
pH	Carré 45 mn	5,63	0,3	6,11	0,27
	Jambon 45 mn	5,97	0,43	6,33	0,24
	Carré 24 heure	5,43	0,07	5,48	0,07
Perte d'eau cuisson (%)		35,9	2,2	32,5	4,04
Jutosité (%)		30,0	1,1	29,5	1,6
Tendreté (N)		68,0	11,1	60,6	20,6
Protéines (%)		23,1	0,6	23,2	0,7
Matière grasse (%)		1,5	0,5	1,7	0,5
Degré d'oxygénation		17	4,44	14,3	1,58
R630 – R580 (%)					
Couleur	L (%)	49,5	3,11	48,1	1,41
	a	10,2	0,77	10,7	1,17
	b	10,7	0,56	10,2	0,44
Collagène (%)		0,5	0,03	0,4	0,05

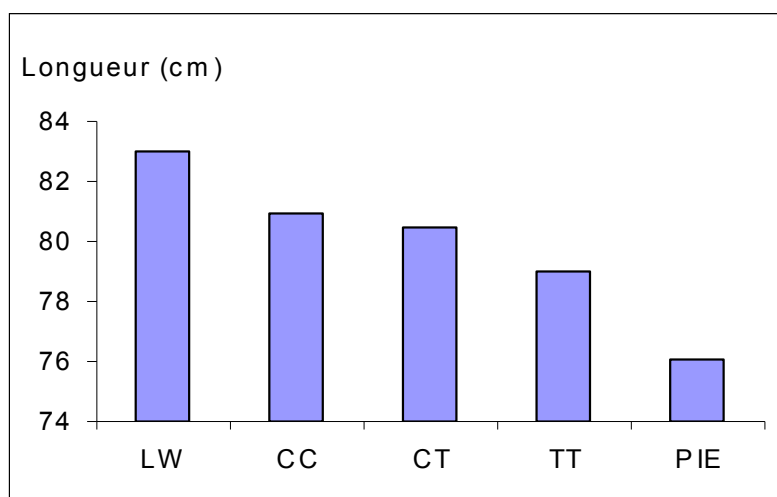
Source : Ministère des classes moyennes et de l'agriculture. Administration recherche et développement – DG 6. Service de développement production animale. Piétrain Réhal. Juillet 1998, Bruxelles 31p.

Figure 1 : Gain moyen quotidien des trois génotypes de la F2 et des races Large White (LW) et Piétrain (PIE).



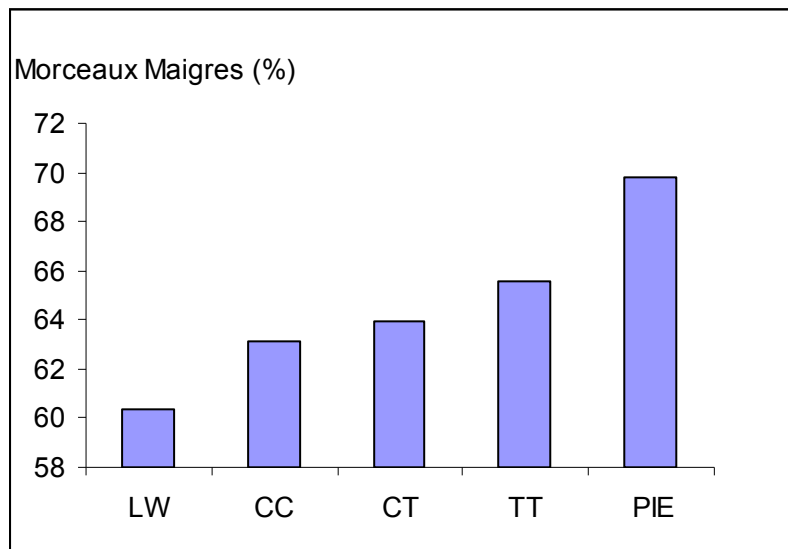
Source : Hanset *et al.*, 1995a

Figure 2 : Longueur de la carcasse des trois génotypes de la F2 et des races Large White (LW) et Piétrain (PIE).



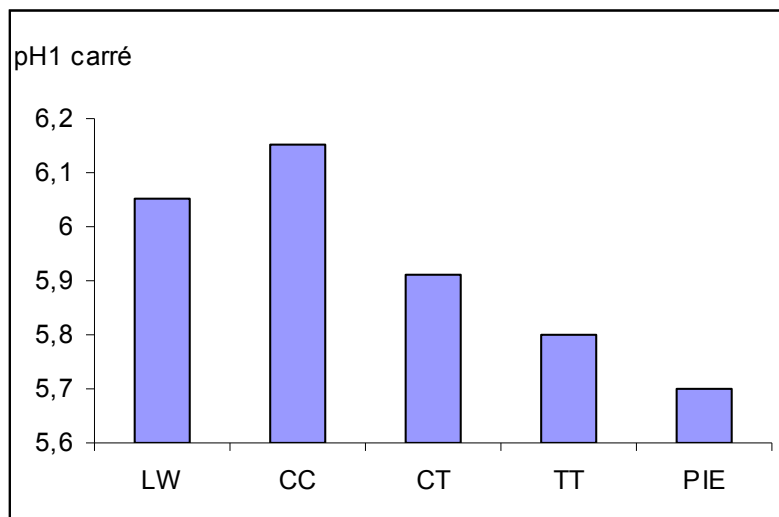
Source : Hanset *et al.*, 1995a

Figure 3 : Pourcentage de morceaux maigres des trois génotypes de la F2 et des races Large White (LW) et Piétrain (PIE).



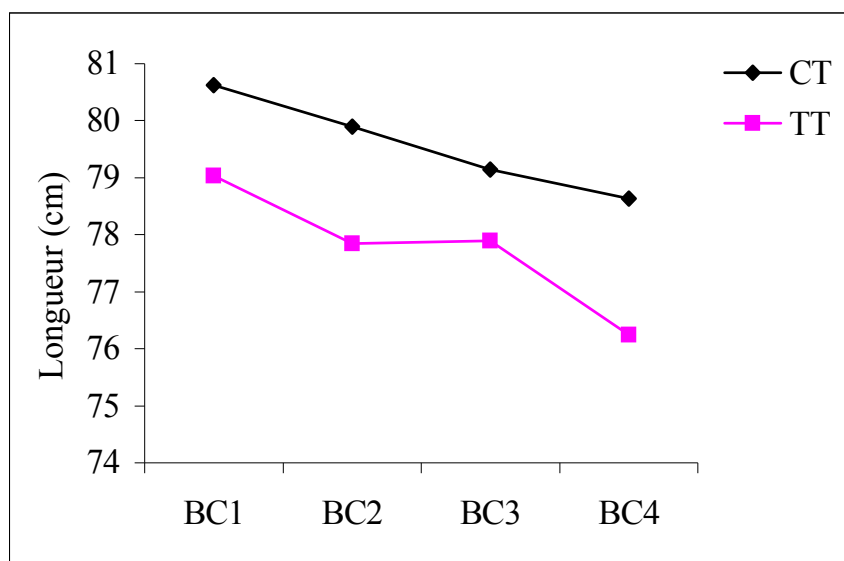
Source : Hanset *et al.*, 1995a

Figure 4 : Mesure du pH du carré (*Longissimus dorsi*) des trois génotypes de la F2 et des races Large White (LW) et Piétrain (PIE).



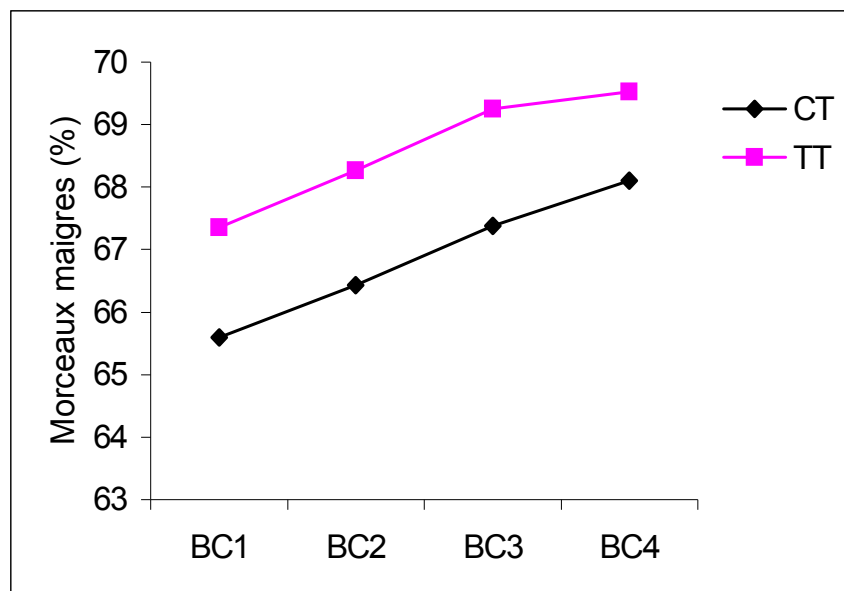
Source : Hanset *et al.*, 1995a

Figure 5 : Longueur de la carcasse en fonction du génotype et du backcross



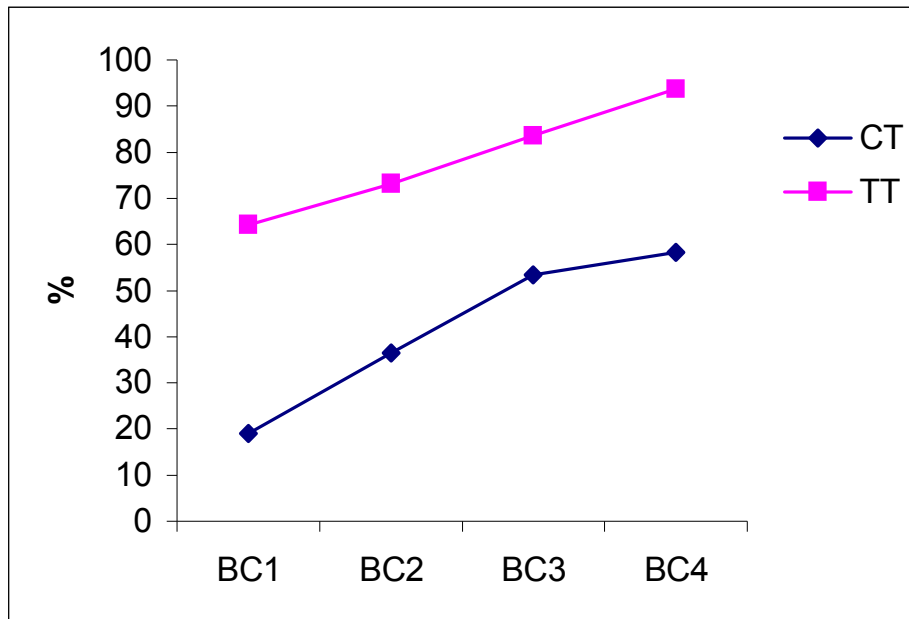
D'après Hanset *et al.* (1995a ; 1995b et 1995c).

Figure 6 : Pourcentage de morceaux maigres en fonction du génotype et du backcross



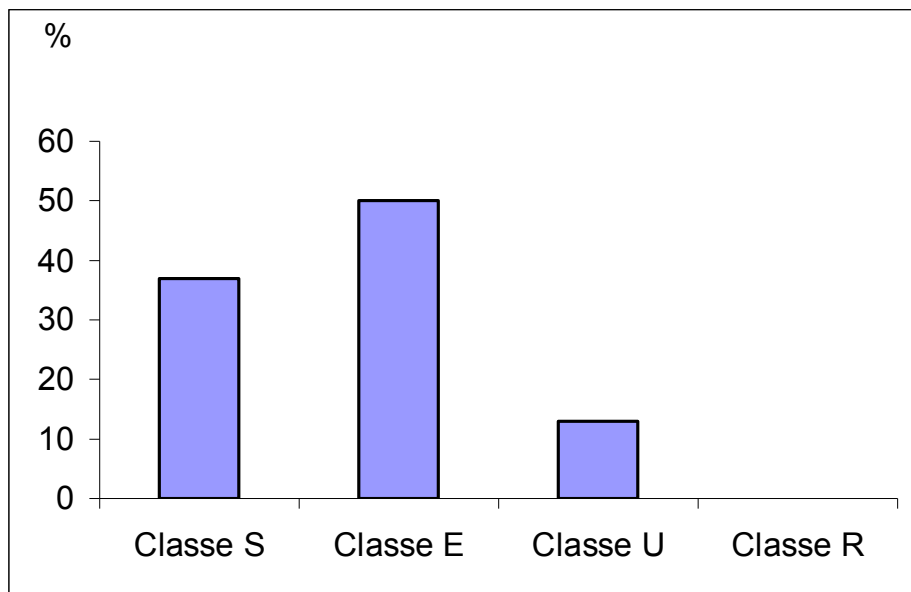
D'après Hanset *et al.* (1995a ; 1995b et 1995c).

Figure 7: Pourcentage de truies classées en AA ou plus en fonction du génotype et du backcross



D'après Hanset *et al.* (1995a ; 1995b et 1995c).

Figure 8. Utilisation du Piétrain stress négatif sur des truies commerciales. Pourcentage des produits terminaux en classes S, E, U et R (Leroy et Verleyen, 1999 ; Leroy *et al.*, 1999).



Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc

YOUSSAO A. K. I., VERLEYEN V. , LEROY P. L.

Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Biostatistique et sélection animale,
20 Boulevard de Colonster, B43, 4000 Liège, Belgique.

Publié aux Annales de médecine vétérinaire, 2002, 146, 19-29

Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc

Résumé

Plusieurs techniques sont utilisées dans la prédiction *in vivo* de la composition de carcasse des porcs. Parmi ces techniques, l'ultrasonographie est aujourd'hui la plus utilisée. Cet article passe en revue les différents domaines d'application de l'ultrasonographie en production animale. La précision et la répétabilité des mesures à ultrason et les différents facteurs de variation qui les influencent sont abordés. Plusieurs systèmes d'analyse d'images déjà développés ou en phase de test et visant à améliorer davantage la prédiction de la qualité de la viande sur les animaux *in vivo* sont présentés.

Evaluation of carcass composition and meat quality by ultrasonography in pig

SUMMARY

Several technologies are used for the prediction of pork carcass composition *in vivo*. Among these technologies, the ultrasound is the most currently used today. This paper describes the various fields of ultrasound technology application in animal production. The accuracy and the repeatability of ultrasound measurements and their various factors of variation are approached. Several packages for prediction of intramuscular fat percentage from ultrasound image are presented.

2. Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc

2.1. Introduction

Les techniques d'estimation de la composition de la carcasse des animaux de boucherie sont basées sur la mesure des caractéristiques de la carcasse *post mortem* ou sur la mesure *in vivo* des performances d'engraissement de l'animal, celles-ci étant fortement corrélées avec la composition corporelle. Les différentes méthodes d'évaluation de la carcasse à l'abattage ont été décrites par Hedrick (1983). Bien que l'abattage et la découpe permettent d'évaluer objectivement la composition de la carcasse, ils présentent des inconvénients notamment de ne pas permettre des mesures répétées sur le même animal, d'être coûteux et d'exiger parfois beaucoup de temps. Différents appareillages sont aussi utilisés pour évaluer et classer des carcasses dans les abattoirs. Ils permettent des mesures rapides, précises, répétées et peu coûteuses. Parmi ces appareillages, les plus utilisées dans l'Union Européenne sont : le «Capteur Gras/Maigre-Sydel» (CGM), le «*Grirada Choirometer PG200*», le «*Fat-O-Meater*» (FOM) et le «*Hennessy Grading Probe*» (HGP). Ces appareils utilisent des capteurs qui mesurent la réflectance des tissus (muscle, graisse, etc.) au cours de leur trajet au travers de la carcasse. Ils permettent de mesurer l'épaisseur du muscle et du gras en un endroit précis de la carcasse (Daumas et Dhorne, 1997). Les valeurs des différentes mesures réalisées sur la carcasse sont converties en pourcentage de viande maigre (Hulsegge et Merkus, 1997 ; Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). Cette conversion nécessite une calibration de l'appareil et une validation de celle-ci à partir d'un échantillon de carcasses autre que celui qui a servi à calibrer l'appareil. La valeur commerciale de la carcasse des porcs est basée sur la teneur en viande maigre (TVM) dans les pays de l'Union Européenne. Le classement des carcasses de porcs selon la TVM est obligatoire dans les abattoirs européens selon le règlement de la Commission (CEE) 2137/94 du 20 décembre 1994, ce qui explique le développement de ce type de technique. En Belgique, ce règlement s'applique dans tous les abattoirs qui abattent en moyenne annuelle plus de 200 porcs par semaine, à l'exclusion des porcs qui ont été utilisés pour la reproduction (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). En dehors des appareils visant à estimer le pourcentage de viande maigre cités ci-dessus, d'autres, notamment le PIC 2000 et le VSC 2000 sont utilisés dans

l'évaluation des carcasses de porcs suivant la conformation (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). Pour ces appareils, les informations sur la conformation des carcasses sont obtenues à partir d'analyses d'images obtenues par caméra et traitées par un logiciel sur base de la calibration de l'appareil et de la validation de celle-ci. Les techniques d'évaluation *post mortem* de la carcasse citées ci-dessus ne sont, par définition, pas applicables *in vivo* pour la sélection des animaux d'élevage. Dans ce cas, les évaluations doivent se faire sur base des mesures prises directement sur l'animal ou sur des individus apparentés. Les techniques expérimentales couramment utilisées pour l'évaluation *in vivo* de la composition corporelle sont basées sur l'absorption des rayons X, l'analyse chimique d'une biopsie musculaire, la résonance magnétique nucléaire, l'ultrasonographie, etc.

Le balayage aux rayons X à faible énergie permet d'estimer la quantité de graisse corporelle avec des précisions (R^2) supérieures à 0,93 et des déviations standards résiduelles (RSD) de 2,15% ; cette méthode est efficace pour déterminer la composition des porcs de 10 à 60 kg (Mitchell et Conway, 1993). Ces résultats ont été confirmés par Svendsen et collaborateurs (1993) et Pomar et Rivers (1996). Cependant, le balayage aux rayons X reste onéreux et peut difficilement être utilisé en production.

Le prélèvement d'une biopsie musculaire nécessite une anesthésie locale et une incision de 1 cm en travers de la peau et des tissus sous-jacents. L'échantillon de tissu musculaire prélevé est parfois peu homogène et souvent insuffisamment représentatif pour permettre la détermination du pourcentage de gras intramusculaire par une analyse chimique (Villé *et al.*, 1992). Cette technique est invasive et présente un inconvénient majeur caractérisé par son incapacité à prédire la TVM de la carcasse.

La résonance magnétique nucléaire donne des résultats précis, nécessite toutefois des équipements lourds, coûteux et souvent incompatibles avec la taille de l'animal (Pomar et Rivers, 1996).

L'ultrasonographie est aujourd'hui la plus utilisée et la plus aisée pour évaluer la composition de la carcasse du porc *in vivo* (Gresham, 1995). En effet, elle est relativement précise et répétable. Ainsi, l'étude comparative menée par Villé et collaborateurs (1997) sur

la mesure du gras intramusculaire du muscle *longissimus dorsi* dans trois lignées de porcs belges a révélé l'absence de différence significative entre les méthodes par biopsie, ultrasonographie et résonance magnétique nucléaire. D'autre part, elle est peu coûteuse, d'utilisation facile, sans risque pour l'animal et pour l'opérateur, et permet de déterminer la composition de la carcasse avant l'abattage (Gresham, 2000). Au Danemark, certains appareils à ultrasons ont été autorisés dans la prédiction de la composition corporelle du porc sur base des caractéristiques de la carcasse (Busk et Olesen, 1996).

Dans cette synthèse, nous nous intéresserons à l'utilisation de l'ultrasonographie dans l'évaluation de la composition corporelle du porc *in vivo*. Certaines applications utilisées chez les bovins mais potentiellement adaptables aux porcs seront également décrites.

2.2. Historique

L'échographie se base sur une différence d'impédance acoustique entre les différents tissus que rencontre une onde sonore produite par une sonde de 1 à 5 Mhz. Cette sonde permet à la fois l'émission des ondes pendant un temps court (une microseconde) et la réception des échos pendant un temps plus long (environ une milliseconde) via des cristaux de quartz transformant un signal électrique en signal acoustique. L'ultrasonographie est utilisée en production animale depuis les années 50. Wild (1950) l'a employée pour déterminer la densité des tissus conjonctifs sans détruire les différents tissus adjacents. Plus tard, Wild et Neal (1951) ont montré que l'interface entre le muscle et le tissu adipeux peut être observée sur l'animal vivant. Des recherches ont été ensuite réalisées pour mesurer l'épaisseur du gras et la profondeur des muscles des bovins (Stouffer *et al.*, 1961; Hedrick *et al.*, 1963), des moutons (Meyer *et al.*, 1966) et des porcs (Isler et Swiger, 1968). En général, les sites utilisés pour la mesure de l'épaisseur du gras et de la profondeur du muscle étaient localisés le long des vertèbres thoraciques et lombaires. L'épaisseur du gras et la profondeur du muscle mesurées *in vivo* sur l'animal étaient similaires à celles qui étaient observées sur la carcasse pour les mêmes localisations.

Le développement ultérieur de l'ultrasonographie s'explique par l'évolution des technologies. Au départ, des appareils dits en mode A étaient utilisés. Ce mode d'affichage se compose de pics verticaux le long d'un axe horizontal. La hauteur du pic correspond à

l'amplitude de l'écho. L'amplitude et la distance de renvoi des échos forment une image ultrasonique à une dimension (Rantanen et Ewing, 1981). En 1969, les appareils à ultrasons disposant d'un affichage en mode B font leur apparition avec le scanogramme (Stouffer, 1991). L'image apparaît alors en deux dimensions. Avec ces appareils, la sonde est déplacée à la surface du corps et chaque image correspond à une coupe anatomique. La position de chaque point sur l'écran est déterminée par le temps mis par l'écho pour retourner à la sonde. L'intensité des points est proportionnelle à l'amplitude de retour de l'écho (Houghton et Turlington, 1992). L'évolution la plus marquante de la technique résulte du développement d'appareils de mesure en temps réel vers les années 1980 (Stouffer, 1991). Les images obtenues à partir de ces appareils s'affichent en mode B. Aujourd'hui, l'ultrasonographie en mode A et en mode B est largement utilisée en zootechnie aux Etats-Unis, en Europe, en Asie (Japon) et en Australie. Les appareils en mode A sont peu coûteux, peu encombrants, permettent des mesures plus rapides et expriment directement l'épaisseur du lard dorsal. Ceux en mode B sont plus coûteux et permettent en revanche de visualiser les deux couches de lard et de s'assurer ainsi qu'elles sont bien prises en compte dans la mesure. Les figures 1a et 1b présentent des images en mode B obtenues à partir d'un appareil à ultrasons en temps-réel. En 1995, la firme SFK (SFK Technology A/S, Herlev, Danemark) a mis au point un nouvel appareil à ultrasons pour la classification des carcasses de porcs. Cet appareil appelé «*Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading*» (Autofom) est différent des appareils à ultrasons en temps réel. Il est muni d'un boîtier équipé de 16 sondes (transducteurs) disposées à des intervalles réguliers de 25 mm. Le déplacement horizontal des carcasses sur ces sondes disposées transversalement par rapport à l'axe du déplacement permet à ce système de présenter des images en trois dimensions contrairement aux modes A et B (Brondum *et al.*, 1998). Ce système a été autorisé pour la classification des carcasses de porcs au Danemark en 1996 (Busk et Olesen, 1996). La figure 2a présente l'image en trois dimensions de la carcasse et la figure 2b correspond à la photographie de la carcasse représentée à la figure 2a. L'image en trois dimensions fournie par l'appareil montre de gauche à droite les structures du jambon, de la longe, des épaules, et de bas en haut le lard dorsal (y compris la peau) et les muscles jusqu'à une profondeur d'environ 10 cm (Brondum *et al.*, 1998).

2.3. Principe de formation des images en temps réel

Les appareils à ultrasons en temps réel se caractérisent par l'enregistrement sans interruption des mouvements des structures anatomiques sur un écran de visualisation. Si la sonde est placée à la surface du dos, l'onde sonore est projetée et se propage dans la peau. Elle dissipe une partie de son énergie dans ce milieu par absorption, puis rencontre l'interface entre la peau et la couche externe du lard. Une partie est alors réfléchiée et constitue le premier écho. Le reste de l'onde sonore est transmis dans la couche externe du lard dorsal, puis une partie est absorbée tandis que l'autre rencontre l'interface des couches externe et interne du lard qui émet un nouvel écho et ainsi de suite. Le même principe s'applique ainsi aux ondes qui traversent la couche interne du gras, l'interface couche interne du gras et muscle *longissimus dorsi*, le muscle *longissimus dorsi*, etc. La réflexion de l'énergie sonore dépendra des vitesses de propagation des ondes sonores et des différences de densité entre deux milieux. La réflexion est importante lors d'un transit entre le tissu musculaire et l'os (vertèbres) et elle est quasi totale lors de passage entre l'air et un tissu mou. Ceci explique pourquoi il faut éviter la présence d'air entre la sonde et la peau et appliquer un gel à cette fin. Les tissus mous tels que le tissu musculaire et le tissu adipeux constituent des zones échogènes qui apparaissent selon leur densité en gris plus ou moins foncé. Les os et les cartilages se comportent vis-à-vis des ultrasons comme des barrières réfléchissant quasiment toute l'énergie sonore. Ces structures solides hyperéchogènes donnent des points d'intensité sur l'écran. Les échos rendent également compte de la discontinuité des tissus traversés. Les différents échos sonores reviennent vers la sonde dans l'ordre de leur émission et cela quelle que soit la distance à parcourir. Ces échos sont amplifiés et donnent ensuite une image qui s'affiche sur l'écran. Pour que les échos soient captés par la sonde, il faut que l'angle entre l'onde sonore incidente et l'interface soit proche de 90°. Ainsi, plus le faisceau incident est perpendiculaire à l'interface, plus nombreux sont les échos et meilleure est la qualité de l'image. Les équipements à ultrasons en mode B sont capables de détecter les petites particules de graisse intramusculaire ou le persillé des muscles. Toutefois, il est difficile de faire la différence entre l'échogénicité des particules de graisse intramusculaire et des structures telles que les veines et les artères présentes dans ces muscles (Miller, 1996). Le traitement de l'image obtenue permet de mesurer la surface ou l'épaisseur du muscle *longissimus*

dorsi, l'épaisseur du gras ou du lard dorsal, voire du gras intramusculaire (McLaren *et al.*, 1991 ; Houghton et Turlington, 1992 ; Gresham, 2000).

2.4. Collecte et analyse des images

Les mesures sont prises de la première vertèbre thoracique à la dernière vertèbre lombaire, perpendiculairement à l'axe de la colonne vertébrale à une distance de 0 à 13 cm de celle-ci (Fortin *et al.*, 1980 ; Sather *et al.*, 1986). L'image longitudinale est prise parallèlement à l'axe de la colonne vertébrale (figure 3a), pour les mesures des épaisseurs du lard dorsal et du muscle *longissimus dorsi*, et l'image transversale est prise perpendiculairement à l'axe de la colonne vertébrale (figure 3b) pour la mesure de la surface du muscle *longissimus dorsi*. Les mesures transversales nécessitent un adaptateur en latex (*stand-off*) utilisé pour que la sonde épouse la courbure dorsale de l'animal. Le site choisi doit être localisé et défini facilement afin de minimiser les variations liées à l'endroit de mesure. Une fois localisé, ce site est nettoyé et aspergé d'huile végétale ou de gel (Aquasonic 100TM, Pie Medical equipment BV, Maastricht, Pays-Bas) afin d'obtenir un bon contact entre le *stand-off* et la peau. L'huile minérale est déconseillée parce qu'elle est nuisible à la transmission des ondes par la sonde et les fils conducteurs reliant la sonde à l'échographe (Gresham, 2000). La température de l'huile végétale peut influencer la qualité de l'image. Une température d'huile légèrement supérieure à la température corporelle facilite la propagation des ondes dans les différents tissus de l'animal. De meilleurs résultats ont été obtenus lorsque la température de l'huile est de 44°C (Gresham, 2000). La température ambiante peut également influencer la qualité de l'image. En hiver, surtout chez les bovins, il est plus difficile d'obtenir une image de qualité qu'en été en raison de l'abondance des poils. La quantité d'huile utilisée dépend de l'animal et de la préférence de l'opérateur. Les animaux doivent être maintenus calmes et immobiles durant la prise des images. Pour une bonne interprétation, les images doivent répondre à des critères clairement définis : couches du lard dorsal clairement visibles, épaisseur et surface du muscle *longissimus dorsi* bien délimités (figures 1 et 4). Enfin, l'orientation des faisceaux d'ultrasons est très importante pour la précision des mesures. La sonde doit être maintenue perpendiculairement à la peau. L'épaisseur du muscle est maximale au centre et diminue lorsqu'on oriente la sonde vers les vertèbres ou vers le côté externe.

2.5. Relations entre les mesures de référence réalisées sur la carcasse et les mesures réalisées par ultrasonographie

2.5.1. Calibration et validation des modèles de prédiction

La calibration consiste à calculer par régression les équations de prédiction d'une variable (TVM, pourcentage de gras intramusculaire, etc.) à partir des mesures d'un appareil en des sites anatomiques précis. Cette équation de régression est ensuite validée sur un échantillon autre que celui qui a servi à calibrer l'appareil. Chaque équation de régression est appelée modèle de prédiction. Les mesures de l'appareil en des sites anatomiques précis se font à partir des logiciels développés par des firmes. Il peut donc exister plusieurs modèles développés à partir d'un même logiciel et plusieurs logiciels pour le même appareil (Brethour *et al.*, 1994 ; Gresham, 1996 ; Amin *et al.*, 1997 ; Herring *et al.*, 1998 ; Hassen *et al.*, 2001). Les modèles d'estimation de la TVM des carcasses de porcs doivent se faire à partir d'un échantillon représentatif de la production porcine nationale ou régionale, composée d'au moins 50 carcasses pour une méthode d'évaluation rapide faisant appel à une double régression soit sur 120 carcasses en utilisant une technique de régression standard (Règlement N°2967/85 de la Commission Européenne, Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). Aux États-Unis, un échantillon de 500 bovins a été utilisé pour développer des modèles de prédiction du pourcentage de gras intramusculaire à partir des données d'ultrasons et 71 bovins ont été utilisés pour la validation de ces modèles (Hassen *et al.*, 2001). Plusieurs paramètres statistiques sont utilisés dans l'appréciation de la qualité de la calibration et de la validation des modèles de prédiction.

Le coefficient de corrélation (R) mesure le degré de liaison entre la variable dépendante et la variable indépendante. Houghton et Turlington (1992) décrivent trois facteurs qui limitent l'utilisation du coefficient de corrélation pour estimer la précision des mesures d'ultrasons :

1. La variation de la population influence le coefficient de corrélation (si la variation de la caractéristique mesurée est très importante au sein d'une population, le coefficient de corrélation est très élevé ; par contre, une population peu variable entraîne une faible corrélation) ;

2. Le coefficient de corrélation ne reflète pas des biais entre deux mesures (les mesures peuvent surestimer ou sous-estimer les caractéristiques de la carcasse) ;
3. Les coefficients de corrélation ne sont pas faciles à comprendre par les producteurs ou les utilisateurs.

La qualité de la précision d'une équation de régression dépend de la valeur du coefficient de détermination (R^2). Plus le R^2 tend vers 1, plus la qualité de la prédiction est bonne. D'autres valeurs statistiques sont aussi utilisées pour estimer la précision :

1. L'écart quadratique moyen des erreurs (*RMSE*) décrit par Herring et collaborateurs (1994) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (U - C)^2}{n}}$$

Où n est le nombre d'observations, U est la valeur de la mesure à l'ultrason, C est la valeur de la mesure de la carcasse. Le *RMSE* est la valeur statistique qui donne le mieux le degré de précision (*accuracy*). Selon les réglementations européennes, l'autorisation des modèles de prédiction de la TVM est subordonnée à la condition que le *RMSE* soit inférieur à 2,5 (Règlement N°2967/85 de la Commission Européenne). Un bon modèle aura un *RMSE* de 2,0, alors qu'un modèle peu précis sera plus proche de 2,5 ;

2. Le biais est la moyenne de l'erreur pour chaque modèle et donne des indications sur la direction et l'importance des erreurs :

$$Biais = \frac{\sum (U - C)}{n}$$

Le biais indique si le modèle surestime ou sous-estime la prédiction. Il indique également la moyenne de l'erreur systématique présente pour chaque modèle ;

3. L'erreur standard de prédiction (*SEP*) est utilisée dans la validation du modèle (Herring *et al.*, 1998 ; Hassen *et al.*, 2001) suivant la formule :

$$SEP = \sqrt{\frac{\sum (U - C - Biais)^2}{n - 1}}$$

Cette valeur statistique est également utilisée pour évaluer l'opérateur et le technicien dans l'interprétation des images échographiques. *SEP* est similaire à *RMSE*, mais, *SEP* corrige le biais de chaque technicien.

Les performances d'un opérateur de Pie-Medical certifié pour la mesure du gras dorsal sont inférieures ou égales à 2,46 mm pour le *SEP* et -2,26 mm pour le biais ; pour la surface du muscle *longissimus dorsi*, ces mesures sont de 7,44 cm² et -1,57 cm², respectivement pour le *SEP* et le biais (Gresham, 2001).

2.5.2. Prédiction de la composition de la carcasse

Les coefficients de corrélation entre les mesures corporelles obtenues par des appareils à ultrasons et les mesures correspondantes mesurées directement sur la carcasse (Tableau I) varient de 0,19 à 0,93 pour l'épaisseur du lard dorsal, de 0,29 à 0,55 pour l'épaisseur du muscle *longissimus dorsi* et de 0,27 à 0,93 pour la surface du muscle *longissimus dorsi*. Ces mesures sont utilisées pour prédire la TVM (Miller, 1996). Les résultats de la prédiction de la TVM sont donnés au tableau II. Le coefficient de détermination R^2 varie selon les auteurs de 0,06 à 0,58 lorsque la surface du muscle *longissimus dorsi* est utilisée seule dans l'équation de prédiction. La plus grande précision ($R^2 = 0,58$) atteinte par Gillis et collaborateurs (1972) pourrait être expliquée par la grande variation du poids vif observée dans l'expérience de cet auteur. Selon Smith et collaborateurs (1992) les faibles valeurs de R^2 pourraient être dues au fait que : le lard dorsal croît presque linéairement avec le poids vif alors que l'évolution de la surface musculaire atteint quasiment un plateau aux environs de 90 kg. Ainsi, lorsque la TVM est estimée à partir de la surface musculaire seule, elle peut présenter des valeurs similaires à 90 et à 120 kg poids vif. En utilisant l'épaisseur du lard dorsal, la précision augmente de 0,22 à 0,88 %. Le dépôt progressif du gras dorsal diminue en effet indirectement le pourcentage de viande maigre. La faible précision de la prédiction de la TVM sur base de la surface musculaire pourrait être due à la variance relative de la surface musculaire qui est égale à la moitié de celle du lard dorsal (Moeller et Christian, 1998). L'étendue de la précision de la TVM en utilisant le lard dorsal pourrait être expliquée par le nombre de sites utilisés pour la mesure de l'épaisseur du lard dorsal.

En utilisant un seul paramètre, la qualité de la prédiction de la TVM est généralement faible. Si plusieurs paramètres sont introduits dans le modèle de l'équation de prédiction, la valeur du R^2 augmente pour atteindre 0,59 à 0,78. Ces valeurs correspondent au niveau de précision approuvé par l'Union Européenne (0,64) pour la validation des équations de prédiction des TVM (Szabo *et al.*, 1999). La variabilité de la qualité de la précision est largement influencée par des facteurs présentés ci-dessous.

2.5.2.1. Effets du type d'appareil

Différents appareils sont utilisés pour prédire la composition de la carcasse de porcs. Ces appareils ont globalement une précision (R^2) pouvant atteindre 0,60 à 0,78 (Tableau II). Toutefois, des différences significatives ont été observées entre appareils (Busk, 1986 ; Sather *et al.*, 1991 ; Stouffer, 1991 ; Herring *et al.*, 1995 ; Hulsegge *et al.*, 1997). Le choix d'un appareil à ultrasons doit tenir compte de sa précision et de son coût. D'autres facteurs comme la répétabilité ou les applications potentielles peuvent également intervenir.

2.5.2.2. Effet de l'opérateur ou du technicien

Les variations de la corrélation entre les mesures sur la carcasse et celles qui ont été obtenues par ultrasons peuvent être dues à l'opérateur ou au technicien (McLaren *et al.*, 1991). Les différences de mesures entre les opérateurs pourraient être dues aux erreurs de localisation du site de mesures ou à l'interprétation des images. La formation et l'expérience de l'opérateur sont donc nécessaires pour améliorer la précision des mesures.

2.5.2.3. Effet du site de mesure

La corrélation entre les mesures par ultrasons et les mesures correspondantes réalisées sur la carcasse varie d'un site à l'autre. La dernière et la dixième vertèbre thoracique ont été reconnues pour leur plus grande précision. Selon certains auteurs, la dernière côte est le meilleur site de mesure dans la prédiction de la composition de la carcasse du porc (Diestre and Kempster, 1985 ; Busemann *et al.*, 1991 ; McLaren *et al.*, 1991 ; Smith *et al.*, 1992 ; Dourmad *et al.*, 2001). Pour d'autres, la 10^e côte présente la plus grande précision, comparativement aux autres sites (Lopes *et al.*, 1987 ; Forrest *et al.*, 1989 ; Gresham *et al.*,

1992 ; Moeller et Christian, 1998). Quel que soit le site de mesures, il doit être clairement défini et facilement localisable pour limiter les variations liées au site de mesure (Sather *et al.*, 1986). Pour rappel, le tableau I résume les corrélations entre les mesures de l'ultrasonographie et celles correspondantes à la carcasse au niveau de plusieurs sites.

2.5.2.4. Effet du poids de l'animal

La corrélation entre les mesures du lard dorsal de la carcasse et celles obtenues par l'ultrasonographie est très faible pour des poids à l'abattage inférieurs à 53 kg, et s'élève au fur et mesure que le poids vif augmente (McLaren *et al.*, 1989). La corrélation entre la surface du muscle *longissimus dorsi* de la carcasse et celle mesurée par l'appareil à ultrasons sur le porc *in vivo* est faible et augmente légèrement avec la croissance pondérale (McLaren *et al.*, 1989, Smith *et al.*, 1992).

2.5.2.5. Autres facteurs

Au niveau d'un même site, la précision entre les mesures d'ultrasons et celles réalisées sur les carcasses de 8 races porcines diffère d'une race à l'autre (Moeller et Christian, 1998). La précision peut être également influencée par le sexe et d'autres facteurs de variation liés à l'animal lui-même.

2.5.3. Prédiction de la qualité de la viande

La prédiction de la qualité de la viande peut être obtenue à partir des images échographiques. La teneur en gras intramusculaire se détermine à partir du pourcentage de pixels blancs de l'image échographique du muscle *longissimus dorsi* (figure 4). Cette technique a été plus utilisée chez le bovin que chez le porc. Il existe une faible corrélation ($r < 0,24$) entre le degré de persillé ou la teneur en grasse intramusculaire et le pourcentage de pixels blancs des images prises au même endroit (Sather *et al.*, 1996). Villé et collaborateurs (1997) ont prédit le pourcentage de gras intramusculaire à partir du pourcentage de pixels blancs des images échographiques avec des coefficients de détermination (R^2) variant de 0,312 à 0,435. Ces valeurs sont très faibles pour la validation de la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire par l'ultrasonographie en temps

réel. Plusieurs auteurs ont établi des équations de prédiction de la composition chimique (lipides, énergie, protéines, minéraux, matière sèche et eau) des animaux à partir du poids vif et de l'épaisseur du lard dorsal (Dourmad *et al.*, 2001). Des logiciels récents ont été développés aux Etats-Unis pour améliorer la prédiction *in vivo* du gras intramusculaire sur des animaux de production :

- le logiciel USOFT développé par Amin et collaborateurs (1997) à Iowa State University, Ames, USA ;
- le CPCE développé par Brethour et collaborateurs (1994) à Kansas State University, Oakley KS, USA ;
- la technique de Critical Vision, Inc., Atlanta, GA (CVIS) développée par Iowa State University (Herring *et al.*, 1998), Ames, USA ;
- la technique de Animal Ultrasound Services (AUS), Inc., Ithaca, NY, USA ;
- la technique de Classic Ultrasound Equipment, Tesquesta, Fl (PIE), USA, développée par Gresham (1996).

Des études comparatives ont été réalisées entre ces différents logiciels sur la base de la prédiction du gras intramusculaire. Quatre logiciels d'analyse d'images (AUS, CPEC, CVIS et PIE) ont été utilisés par Herring et collaborateurs (1998) pour prédire le gras intramusculaire des bovins. Ces images ont été obtenues à partir de Aloka 500 V, Aloka 210 et Pie Medical 200. Le nombre d'opérateurs était de 4 pour CPEC, 2 pour AUS et 1 pour CVIS et 1 pour PIE. Les résultats de cette étude (corrélations, *RMSE*, Biais et *SEP*) ont montré que le CPCE et le CVIS sont les plus précis, vient ensuite le AUS et enfin le PIE. La corrélation (R) entre le pourcentage de gras intramusculaire mesuré par l'ultrasonographie (PGIM) et le pourcentage de gras intramusculaire réel de la carcasse (PGIMC) chez les bovins est de 0,60 à partir des analyses de CVIS (Izquierdo *et al.*, 1996). Cette corrélation peut s'améliorer (R = 0,73) en utilisant le CPCE pour l'analyse des images (Brethour, 1994). Des résultats comparables (0,72 et 0,75) ont été observés par Herring et collaborateurs (1998). Récemment, la précision de la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire a été améliorée chez PIE grâce à la nouvelle technologie appelée QUIP (*Quality Ultrasound Index Program*) (Gresham, 1996).

Pour le même logiciel, plusieurs modèles différents peuvent être développés en vue d'améliorer la précision. Hassen et collaborateurs (2001) ont utilisé le logiciel USOFT pour

développer quatre méthodes de prédiction du gras intramusculaire. Le modèle I est basé sur une régression de PGIMC sur les paramètres de l'image. Le Modèle II est basé sur une simple régression après une transformation logarithmique de la valeur du PGIMC. Le Modèle III est basé sur la procédure de régression "ridge" et le Modèle IV sur la procédure des composantes principales. Les quatre procédures ont été utilisées pour développer séparément quatre modèles de prédiction à partir des images prises sur Aloka 500 V et Classic scanner 200. Le R^2 et la $RMSE$ des modèles I, II, III et IV de Aloka 500 V étaient respectivement de 0,72 et 0,84%, 0,72 et 0,85%, 0,69 et 0,91% et 0,71 et 0,86%. Les valeurs correspondantes de R^2 et de $RMSE$ pour Classic scanner 200 étaient de 0,69 et 0,87% ; 0,70 et 0,85% ; 0,64 et 0,94% et 0,65 et 0,91%. La comparaison de la précision de la prédiction du PGIM en utilisant Aloka 500 V et Classic scanner 200 n'a pas donné de différences significatives. La valeur du SEP est proche de 0,80% pour le gras intramusculaire grâce aux nouvelles technologies. Il est donc actuellement possible, même en dehors des conditions de test en laboratoire, de prédire le pourcentage de gras intramusculaire avec une assez bonne précision.

2.5.4. Répétabilité des mesures par ultrasons

La répétabilité est estimée par la corrélation entre les valeurs successives d'un même caractère sur le même animal. Elle est calculée comme suit :

$$t = \frac{Var(a)}{Var(a) + Var(e)}$$

Où t est la corrélation intra-classe, $Var(a)$ est la variance entre les animaux, $Var(e)$ est la variance erreur. La variance totale est la somme de la variance entre les animaux et la variance erreur.

La variance de la corrélation intraclasse est calculée suivant la formule de Falconer et Mackay (1996) :

$$Var(t) = \frac{2[1 + (n-1)t]^2(1-t)^2}{n(n-1)(N-1)}$$

Où $Var(t)$ est la variance de la corrélation intraclasse, t est la corrélation intraclasse, n = le nombre de répétitions et N le nombre d'animaux.

L'erreur standard de répétabilité (*ESR*) est utilisée pour mesurer l'aptitude de la technologie et / ou de l'opérateur dans la répétabilité des mesures. La performance d'un opérateur certifié de Pie-Medical dans la mesure de la répétabilité du gras dorsal est de 1,45 mm pour le *ESR* et pour la surface du muscle *longissimus dorsi*, elle est de 5,95 cm² (Gresham, 2001).

Tout comme la précision, la répétabilité est aussi influencée par le type d'appareil utilisé. Elle varie chez le porc de 0,61 à 0,88 pour l'appareil Renco LM et de 0,84 à 0,99 pour l'appareil Combison 310 (Busemann *et al.*, 1991). L'effet de l'appareil, de l'opérateur ou du technicien sur la répétabilité des mesures par ultrasons a été également observé chez les bovins, les moutons et les porcs (McLaren *et al.*, 1991). Les faibles valeurs de la répétabilité reflètent l'importance de l'effet opérateur. Elles indiquent également l'importance de l'interprétation des images dans la détermination de l'interaction entre l'opérateur et la machine utilisée. La précision de l'estimation augmente en fonction du nombre de mesures avec pour corollaire une diminution de l'erreur standard moyenne de la prédiction. L'erreur standard de la moyenne des mesures du pourcentage de gras intramusculaire est réduite de 50% lorsque le nombre d'images par animal passe de 1 à 4 (Hassen *et al.*, 1999). Toutefois, la répétabilité des mesures ne peut pas compenser les erreurs liées au technicien ou à l'opérateur.

2.6. Amélioration des performances zootechniques

L'ultrasonographie peut être appliquée dans les études visant à optimiser les techniques d'engraissement des animaux. Un modèle de prédiction de la durée de l'engraissement a été développé chez le porc (Courchaine *et al.*, 1996). De même, McLaren et collaborateurs (1989) ont prédit le poids à partir duquel les porcs pourront être abattus en fonction de la durée d'engraissement. Dans cette étude, 110 mâles castrés et femelles ont été scannés deux fois par mois de l'âge de 42 jours jusqu'à l'abattage. Le gain quotidien de tissu maigre a été calculé et des régressions multiples ont été utilisées pour évaluer le degré de prédiction du poids à partir des données recueillies par échographie. Il ressort de cette étude que ces données sont utiles pour la détermination précoce du poids d'abattage.

L'ultrasonographie est aussi utilisée dans la mesure de la qualité des produits. Au sein de l'Union Européenne, la valeur de la carcasse du porc est fonction de sa TVM. Cette teneur est estimée à partir d'une équation de régression incluant l'épaisseur du lard dorsal, l'épaisseur et la surface du muscle *longissimus dorsi* mesurés en des endroits précis. Plusieurs équations de régression ont été développées pour prédire la composition de la carcasse de porcs (Gresham *et al.*, 1992 ; Sather *et al.*, 1996). Les appareils à ultrasons en mode B présentent des images dont la texture est en relation étroite avec l'aspect marbré ou persillé des viandes (Park, 1994 ; Brethour, 1992 ; Brethour, 1994 ; Gresham, 2000). De telles mesures ont également été utilisées pour développer un modèle de prédiction du gras intramusculaire et de l'épaisseur du gras dorsal chez les bovins en engraissement (Brethour, 2000).

L'ultrasonographie est par ailleurs utilisée dans l'amélioration génétique des animaux de production. Lo et collaborateurs (1992) ont estimé l'héritabilité et les corrélations génétiques entre les mesures par ultrasons en temps réel de l'épaisseur du lard dorsal (UELD) et de la surface du muscle *longissimus dorsi* (USML) et les caractéristiques de la carcasse, notamment l'épaisseur du lard dorsal (CELD) et la surface du muscle *longissimus dorsi* (CSML) chez le Landrace et le Duroc. Il apparaît que les héritabilités estimées sont modérément élevées ou élevées pour UELD, USML, CELD, CSML et le gras intramusculaire. Les corrélations génétiques entre les mesures de UELD et CELD d'une part et entre USML et CSML d'autre part, indiquent que la sélection basée sur les données obtenues par ultrasons peuvent effectivement améliorer les caractéristiques de la carcasse. La corrélation génétique entre le gras intramusculaire et l'épaisseur du lard dorsal est très faible et montre que la sélection sur l'augmentation du gras intramusculaire peut être réalisée sans une augmentation du lard dorsal (Lo *et al.*, 1992 ; Gresham, 2000).

En Belgique, la Fédération belge des éleveurs de porcs utilise un appareil à ultrasons en mode A (Piglog 105) pour mesurer l'épaisseur du lard dorsal, l'épaisseur du muscle et la teneur en viande maigre dans la plupart des exploitations porcines de la Flandre et de la Wallonie dans le cadre du programme d'amélioration génétique des porcs (Fédération belge des éleveurs de porcs, 2000).

En France, les Chambres d'Agriculture de Bretagne ont utilisé des appareils à ultrasons en mode A pour étudier les performances de productivité numérique chez la truie à partir de l'épaisseur du lard dorsal (Landrain *et al.*, 1998). Les résultats de cette étude ont montré que l'épaisseur du lard dorsal des truies issues des meilleurs élevages est inférieure à celle des élevages aux performances moyennes : 20,8 contre 23,1 mm à l'entrée de la maternité et 17,5 contre 18,8 mm au sevrage. La consommation totale d'aliment pendant la lactation est cependant supérieure d'environ 30 kg dans les élevages plus performants. La prolificité diminue en moyenne de 0,5 porcelets, lorsque l'écart de l'épaisseur du lard dorsal passe de 4 à 5 mm au cours du cycle (Dourmad *et al.*, 2001). L'intervalle sevrage-saillie fécondante passe de 12,8 jours dans les élevages où l'épaisseur du lard au moment du sevrage est inférieure à 12mm à 7,5 jours dans les élevages où elle est supérieure à 14 mm, la prolificité passant de 11,7 à 12,2 et le nombre de portées par truie reformée de 4,3 à 6,9.

2.7. Conclusion

La technique par ultrasons est utilisée dans l'évaluation de la composition de la carcasse du porc depuis les années 50. Son développement a donné lieu à de nombreuses applications permettant l'optimisation des techniques d'engraissement des animaux, la prédiction de la teneur en viande maigre des carcasses, de la teneur en gras intramusculaire de la viande, l'amélioration génétique et l'amélioration des performances de la productivité numérique des truies. De manière générale, les mesures par ultrasons sont précises et répétables. Elles peuvent néanmoins être influencées par de nombreux facteurs : le type d'appareil, l'opérateur, le site de mesure, le nombre de mesures, etc. Il est dès lors, recommandé de réaliser les mesures avec le même appareil, au niveau du même site et par le même opérateur tout en répétant les mesures pour limiter les variations liées à l'environnement. De nombreux logiciels et modèles d'analyse d'images ont été développés ; d'autres sont à l'étude dans plusieurs laboratoires afin d'améliorer encore la prédiction *in vivo* de la qualité de la viande. L'utilisation de la technique par ultrasons en production porcine permet en outre, de sélectionner plus rapidement des animaux d'élevage en fonction des critères de qualité de la carcasse et de la viande sans qu'il soit nécessaire de les abattre ou d'attendre les résultats de mesures effectuées sur leur descendance.

2.8. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient J-L. Hornick, F. Farnir, C. Michaux, A. Clinquart et le Commissariat Général aux Relations Internationales de la Communauté Wallonie - Bruxelles pour leur contribution.

2.9. Bibliographie

AMIN V., WILSON D.E., ROUSSE G., USOFT H. An ultrasound image analysis software for beef quality research. Beef Research Report, A. S. Leaflet R1437, Iowa State Univ., Ames, 1997, 41-47.

BRETHOUR J.R. Estimating marbling score in live cattle from ultrasound images using pattern recognition and neural network procedures. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 1425-1432.

BRETHOUR J.R. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 1039-1044.

BRETHOUR J.R. Using serial ultrasound to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 2000, **78**, 2055-2061.

BRONDUM J., EGEBO M., AGERSKOW C., BUSK H. On-line pork carcass grading with the autofom ultrasound system. *J. Anim. Sci.*, 1998, **76**, 1859-1868.

BUSEMANN V.E., KRIETER J., ERNST E. Möglichkeiten der schlachtkörperbewertung am lebenden schwein mit hilfe von ultaschallmessungen. *Züchtungskunde*, 1991, **63**, 375-384.

BUSK H. Measure carcass quality on live pigs. *World Rev. Anim. Prod.*, 1986, **22**, 35-38.

BUSK H., OLESEN E. Determination of percent meat in pig carcass with the autofom equipment. In Proc.47th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod., August 25-29, Lillehammer, Norway. 1996, 268-276.

CISNEROS F., ELLIS M., MILLER K.D., NOVAKOFSKI J., WILSON E.R., MCKEITH F.K. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 2566-2576.

COURCHAINE J.K., AZAIN M. J., JONES R.D., GLAZE, T.M. Use of Real-Time ultrasound in the early finishing phase to predict carcass composition at slaughter. http://www.ads.uga.edu/amnrpt/1996/96_255.htm, consulté le 10/04/00.

DAUMAS G., DHORNE T. Teneur en viande maigre des carcasses de porc. Evaluation et estimation. In : Institut national de la recherche agronomique (France). Institut technique du porc, 29e journées de la recherche porcine en France. Institut technique du porc : Paris, 1997, 411-418.

DIESTRE A.S., KEMPSTER A.J. The estimation of pig carcass composition from different measurements with special reference to classification and grading. *Anim. Prod.* 1985, **41**, 383.

DOURMAD J.Y., ETIENNE M., NOBLET J. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *Prod. Anim.*, 2001, **14**, 41-50.

FALCONER D. S., MACKAY T. F. C. Introduction to quantitative genetic. 4th edition. Longman Group: Harlow, 1996, 464 p.

FEDERATION BELGE DES ELEVEURS DE PORC. Rapport annuel - Stations de contrôle. 2000, Scheldewindeke, 34p.

FORREST J.C., KUEI C.H., ORCUTT M.W., SCHINCKEL A.P., STOUFFER J.R., JUDGE M.D. A review of potential new methods of on-line pork carcass evaluation. *J. Anim. Sci.*, 1989, **67**, 2164-2170.

FORTIN A., SIM D.W., TALBOT S. Ultrasonic measurements of backfat thickness at different locations and position of the warm pork carcass and comparisons of ruler and ultrasonic procedures. *Can. J. Anim. Sci.*, 1980, **60**, 635-641.

GILLIS W.A., BOWMANN G.H., GREIGER H., RAHNEFELD G.W. A comparison of ultrasonic with the ruler probe for the prediction of carcass yield in swine. *Can. J. Anim. Sci.*, 1972, **52**, 637-644.

GRESHAM J. D. Introduction to characterization of live beef muscle tissue by use of the Pie 200 scanner quality indexing program : An automated system for estimating quality grade of beef animals. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment : Tequesta, 1996, 10 p.

GRESHAM J. D. Technique of predicting and evaluating carcass composition in food animals by use of real-time ultrasonography. University of Tennessee-Martin, Knoxville, 2001, 13 p.

GRESHAM J. D. Ultrasonography as an objective tool for evaluating live beef cattle : Using the Pie Scanner 200 Ultrasound Scanner. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment, Tequesta, 1995, 11 p.

GRESHAM J.D. Study guide. Real-time ultrasound training conference beef cattle applications. University of Tennessee-Martin, Knoxville, 2000, 24 p.

GRESHAM J.D., MCPEAKE, S.R., BERNARD, J.K., HENDERSON, H.H. Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 631-639.

HASSEN A., WILSON D.E; AMIN V.R., ROUSSE G.H. Repeatability of Ultrasound-Predicted Percentage of Intramuscular Fat in Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.* 1999, **77**, 1335-1340.

HASSEN A., WILSON D.E; AMIN V.R., ROUSSE G.H., HAYS C.L. Predicting percentage of intramuscular fat using two types of real-time ultrasound equipment. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79**, 11-18.

HEDRICK H. B. Method of estimating live animal and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 1983, **57**, 1316-1327.

HEDRICK H. B., MEYER W.E., ALEXANDER M.A., LASLEY J.F., COMFOR J.E., DYER A.J., NAUMANN H.D. Indice of meatiness in beef. *Bull. Agric. Exp. Stat.*, Univ. Missouri, 1963, 820-829.

HERRING W.O., BERTRAND J.K., BENYSHEK L.L. Importance of real-time ultrasound use for live animal evaluation. Annual Report, 1995. http://www.ads.uga.edu/amrpt/1995/95_102.htm, Consulté le 10/07/00

HERRING W.O., KRIESE L. A., BERTRAND J.K., CROUCH J. Comparison of four real-time ultrasound systems that predict intramuscular fat in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 1998, **76**, 364-370.

HERRING W.O., MILLER D.C., BERTRAND J K., BENYSHEK L. L. Evaluation of machine, technician, and interpreter effect on ultrasonic measures of back fat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 2216-2226.

HOUGHTON P.L., TURLINGTON L.M. Application of ultrasound for feeding and finishing animals : review. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 930-941.

HULSEGGE B. MERKUS G.S.M. A comparison of the optical probe HGP and ultrasonic devices Renco and Pie Medical for estimation of the lean meat proportion in pig carcasses. *Anim. Sci.*, 1997, **64**, 379-383.

HULSEGGE B., PATEMAN G., MERKUS G.S.M., WALSTRA P. Choice of probing site for classification of live pigs using ultrasonic measurements. *Anim. Sci.*, 1999, **68**, 641-645.

ISLER G.A., SWIGER L.A. Ultrasonic prediction of lean cut percent in swine. *J. Anim. Sci.*, 1968, **27**, 377-385.

IZQUIERDO, M. V., AMIN V., WILSON D.E., ROUSE G. H. Models to predict intramuscular fat percentage in live beef animals using real-time ultrasound and image parameters : Report on data from 1991-1994. Beef Research Report. Iowa State University, Ames, 1996, 3-6.

LANDRAIN B., CALVAR C., CORLOUER A., PABOEUF F., ROY H. Epaisseur de lard des truies chez les meilleurs éleveurs. Edition EDE de Bretagne - Chambres d'Agriculture de Bretagne, 1998, 62 p.

LO L.L., MCLAREN D.G., MCKEITH, F.K; FERNANDO R.L., NOVAKOFSKI J. Genetic analyse of growth, real-time ultrasound carcass, and pork quality traits in Duroc and Landrace Pigs : I. Breed effects. *J. Anim. Sci.* 1992, **70**, 2373-2386.

LOPES D.M., WILLIAMSON S.A., JACOBS J.A., THOMAS M.W. Estimation of fat depth and longissimus muscle area in swine by the use of real-time ultrasonography. *Proc. Western Sect., Am. Soc. Anim. Sci.*, 1987, **38**, 155-162.

MARINAT-BOTTE F., RENAUD G., MADEC F., COSTIOU P., TERQUI M. Echographie et reproduction chez la truie : Bases et applications pratiques. Institut national de la recherche agronomique : Paris, 1998, 103 p.

MCLAREN D.G., NOVAKOFSKI J., PARRETT D.F., LO L.L., SINGH S.D., NEUMAN K. R., MCKEITH F.K. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 1991, **69**, 54-66.

MCLAREN D.G., MCKEITH F.K., NOVAKOFSKI J. Predictions of carcass characteristics and market weight from serial real-time ultrasound measures of back fat and loin area in the growing pig. *J. Anim. Sci.*, 1989, **67**, 1657-1667.

MEYER W.E., MOODY W.G. HUNZIGER G.D., RINGKOB T.P., ALEXANDER M.A., HEDRICK B. Application of ultrasonic technics in live animal and carcass evaluation. *Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 1966, 905.

MILLER D.C. Accuracy and application of real-time ultrasound for evaluation of carcasses merit in live animals. In : Animal husbandry newsletter, Department of Animal Science, North Carolina State University. Mai 1996, 25-37.

MINISTERE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE. Arrêté ministériel relatif au classement des carcasses de porcs. Moniteur belge du 19 juin 1999, http://www.just.fgov.be/cgi/article_bod, consulté le 02/06/00.

MITCHELL A. D., CONWAY J.M. Body composition analysis of pigs by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *J. Anim. Sci.* 1993, **71**, 146.

MOELLER S.J. et CHRISTIAN L.L. Evaluation of the accuracy of real-time ultrasonic measurements of backfat and loin muscle area in swine using multiple statistical analysis procedures. *J. Anim. Sci.*, 1998, **76**, 2503-2514.

PARK B., WHITTAKER A.D., MILLER R.K., BRAY D.E. Measuring intramuscular fat in beef with ultrasonic frequency analysis. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 117-125.

POMAR C., RIVERS J. Evaluation *in vivo* de la composition corporelle des porcs à l'engrais. Agriculture et agro-alimentaire Canada. http://res.agr.ca/swinenet/porcexpert/pub/1996_genet_cpaq/index.html, Consulté le 19/04/99.

RANTANEN N.W., EWING R.L. Principles of ultrasound application in animals. *Vet. Radiol.*, 1981, **22**, 196-201.

SATHER A. P., BAILEY D.R.C., JONES S.D.M. Real-Time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 1996, **76**, 55-62.

SATHER A. P., NEWMAN J. A., JONES S. D. M., TONG A. K. W., ZAWADSKI S. M., COLPITTS G. The prediction of pork carcass composition using live animal echographic measurements from the Krautkramer USK7, Ithaca Scanoprobe 731C and Aloka SSD-210DXII Echo Camera. *Can. J. Anim. Sci.* 1991, 71 : 1001-1009.

SATHER A.P., TONG A. K.W., HARBISON D.S. A study of ultrasonic probing techniques for swine. I. The effect of operator, machine and site. *Can. J. Anim. Sci.*, 1986, **66**, 591-598.

SMITH B.S., JONES W.R., HOUG J.D., HUFFMAN D.L., MIKEL W.B., MULVANEY D. R. Prediction of Carcass Characteristics by Real-Time Ultrasound in Barrow and Gilts Slaughtered at Three Weights. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 2304-2308.

STOUFFER J. R. Using ultrasound to objectively evaluate composition and quality of livestock. In 21st Century concepts important to meat-animal evaluation, Cornell University : Ithaca, 1991, 49-54.

STOUFFER J.R., WALLENTINE M.V., WELLINGTON G.H., DIEKMANN A. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and ribeye area in cattle and hogs. *J. Anim. Sci.*, 1961, **20**, 759-767.

SVENDSEN O.L., HAARBO J., HASSAGER C., CHRISTIANSE C. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy absorptiometry *in vivo*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1993, **57**, 605-609.

SZABO CS., BABINSZKY L., VERSTEGEN M.W.A., VANGEN O., JANSMANN A.J. M., KANIS E. The application of digital imaging techniques in the *in vivo* estimation of the body composition of pigs : review. *Livest. Prod. Sci.*, 1999, **60**, 1-11.

TURLINGTON L.M. Live animal evaluation of swine and sheep using ultrasonics. (M.S. Thesis). Kansas State University : Manhattan, 1990, 211 p.

VILLE H., MAES G., GEERS R., GOEDSEELS V., PARDUYNS G., VAN BAELE J., JANSSENS S., DEKEMPENEER P. A technique for muscle biopsy sampling on pigs to assess intramuscular fat. *Meat Sci.*, 1992, **32**, 123-129.

VILLE H., ROMBOUTS G., VAN HECKE P., PERRMANS S., MAES G., SPINCEMAILLE G., GEERS R. An Evaluation of Ultrasound and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy to Measure *In Vivo* Intramuscular Fat Content of Longissimus Muscle of Pigs. *J. Anim. Sci.* 1997, 75, 2942-2949.

WILD J. J. The use of ultrasonic pulses for the measurement of biological tissue and the detection of tissue density changes. *Surgery*, 1950, 27, 183-189.

WILD J.J., NEAL D. Use of high frequency ultrasonic waves for detecting changes of textures in living tissue. *Lancet*, 1951, 260, 655-661.

Tableau I: Corrélations entre les caractéristiques corporelles mesurées par ultrasonographie et celles correspondantes à la carcasse en fonction des sites de mesures chez le porc (revue de la littérature)

Sources	Appareils	Localisation	Coefficients de corrélation (R)
Lopes <i>et al.</i> , 1987	Technicare 210 DX	ELD de la 10ème côte	0,80 à 0,89
		ELD de la dernière côte	0,75 à 0,89
		SML de la dernière côte	0,27 à 0,70
Forrest <i>et al.</i> , 1989	Technicare 210 DX	ELD de la première côte	0,54
		ELD de la dernière côte	0,85
		ELD dernière vertèbre lombaire	0,85
		ELD de la 10ème côte	0,71
		SML	0,65 à 0,68
McLaren <i>et al.</i> , 1989	Technicare 210 DX	ELD de la 10ème côte	0,55
		ELD de la dernière côte	0,55
		SML de la dernière côte	0,61
Turlington, 1990	Technicare 210 DX	ELD de la première côte	0,74 à 0,90
		ELD de la dernière côte	0,83
		ELD dernière vertèbre lombaire	0,90
		ELD de la 10ème côte	0,88 à 0,93
		SML	0,91 à 0,93
McLaren <i>et al.</i> , 1991	Technicare 210 DX	ELD de la dernière côte	0,19 à 0,85
		SML de la dernière côte	0,35 à 0,73
Smith <i>et al.</i> , 1992	Aloka 210 DX	ELD de la 10ème côte	0,91
		ELD de la dernière côte	0,63
		SML	0,53
Gresham <i>et al.</i> , 1992	General Electric dataline	ELD de la première côte	0,32
		ELD de la dernière côte	0,88
		ELD dernière vertèbre lombaire	0,71
		PML de la dernière côte	0,29
		ELD de la 10ème côte	0,60 à 0,72
Cisneros <i>et al.</i> , 1996	Aloka 210 DX	PML de la 10ème côte	0,46 à 0,53
		ELD de la dernière côte	0,80 à 0,86
		PML de la dernière côte	0,35 à 0,55
		SML de la dernière côte	0,46
		ELD de la 10ème côte	0,69 à 0,82
Moeller et Christian., 1998	Aloka 500V	SML de la 10ème côte	0,57 à 0,68

ELD : épaisseur du lard dorsal

PML : profondeur du muscle *longissimus dorsi*

SML : surface du muscle *longissimus dorsi*

Tableau II : Coefficients de détermination (R^2) et déviation standard résiduelle (R.S.D.) des équations de prédiction du pourcentage de viande maigre chez le porc (revue de la littérature)

Sources	N	Poids vifs (kg)	Variables indépendantes	R^2	R.S.D.
Gillis <i>et al.</i> (1972)	59	90,8	ELD	0,46 - 0,48	-
	59	90,8	SML	0,58	-
Sather <i>et al.</i> (1987)	54	100	ELD	0,56 - 0,61	1,78 - 1,66
	55	110	ELD	0,62 - 0,65	1,73 - 1,66
Forrest <i>et al.</i> (1989)	208	80 - 149	ELD	0,38 - 0,59	-
	208	80 - 149	SML	0,12	-
	208	80 - 149	PV + ELD + SML	0,63	2,81
Sather <i>et al.</i> (1991)	226	85 - 114	ELD + PELD	0,41 - 0,53	1,97 - 1,75
	226	85 - 114	ELD + SML	0,59 - 0,64	1,64 - 1,52
Smith <i>et al.</i> (1992)	54	91 - 118	ELD	0,26 - 0,36	-
	54	91 - 118	SML	0,06	-
Sather <i>et al.</i> (1996)	389	90 - 100	S + PV + ELD	0,66	2,57
	389	90 - 100	S + PV + ELD+ SML	0,66	2,58
Cisneros <i>et al.</i> (1996)	80	108 - 148	ELD + SML	0,78	2,07
	80	108 - 148	ELD + PML	0,75	2,17

N : nombre d'animaux

ELD : épaisseur du lard dorsal

PML : profondeur du muscle *longissimus dorsi*

SML : surface du muscle *longissimus dorsi*

PV : poids vif

S : Sexe

Figure 1a : Image longitudinale de la région dorso-lombaire chez le porc Piétrain

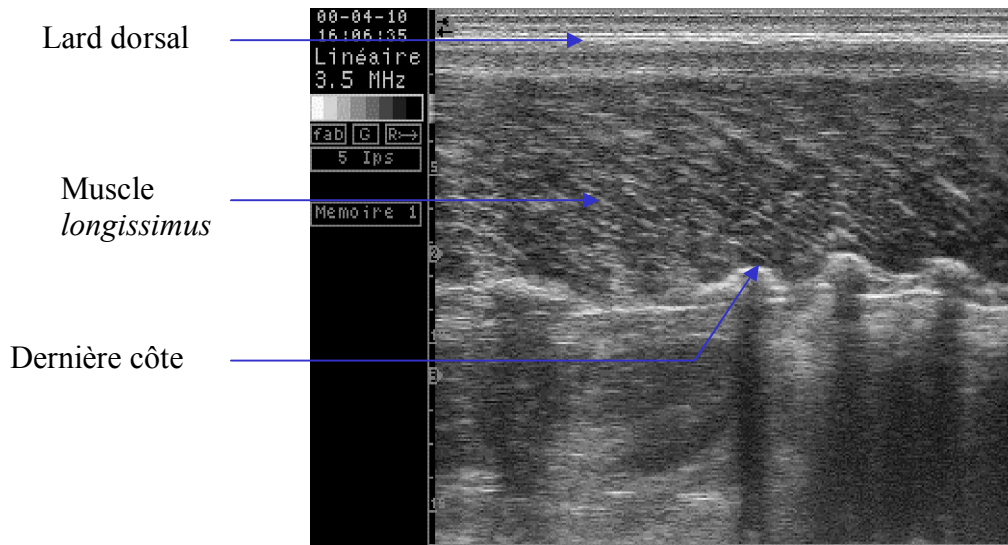


Figure 1b : Image transversale de la région dorso-lombaire chez le porc Piétrain

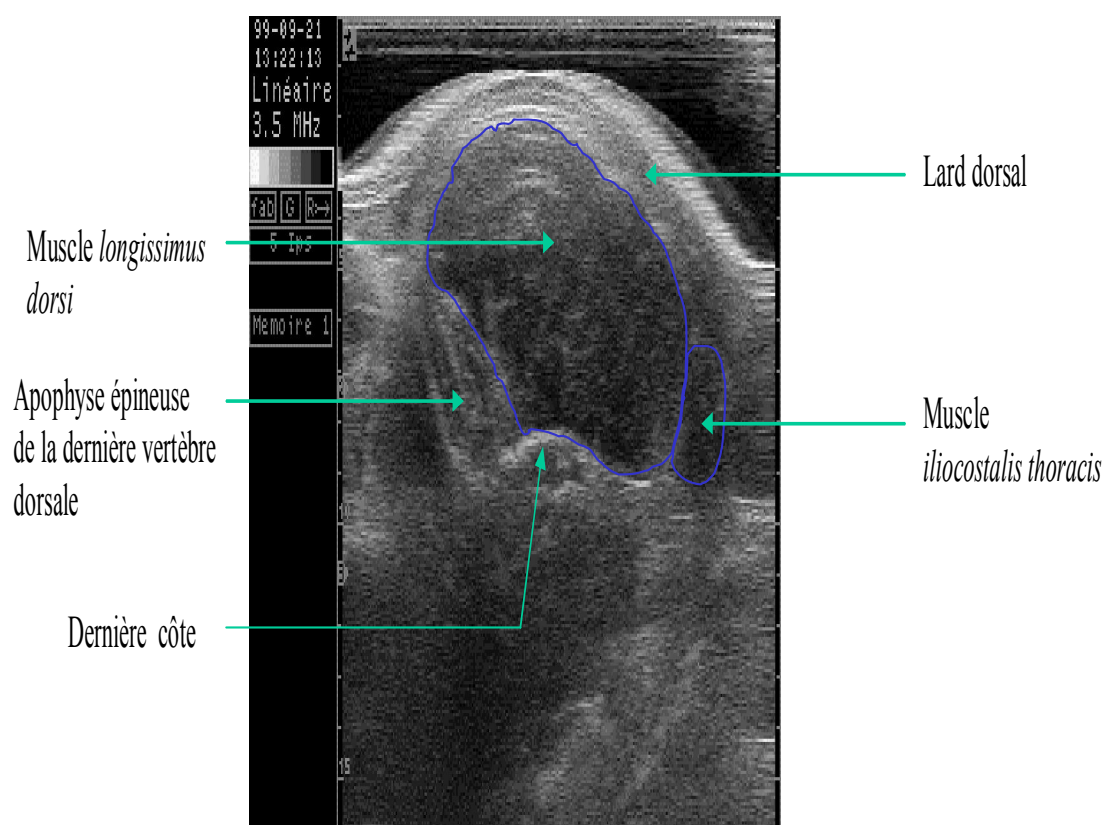


Figure 2a : Image d'une carcasse de porc obtenue à partir de l'Autofom (*Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading*) (Brondum *et al.*, 1998)

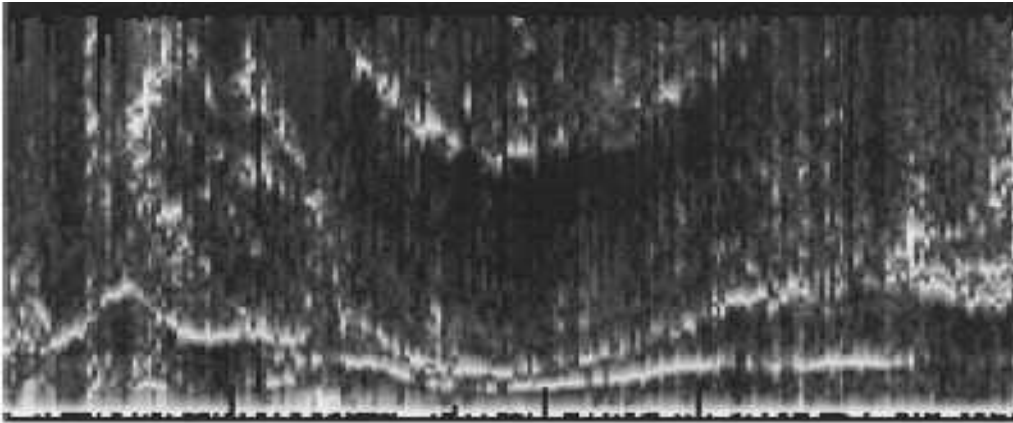


Figure 2b : Photographie de la carcasse représentée à la figure 2a (Brondum *et al.*, 1998)



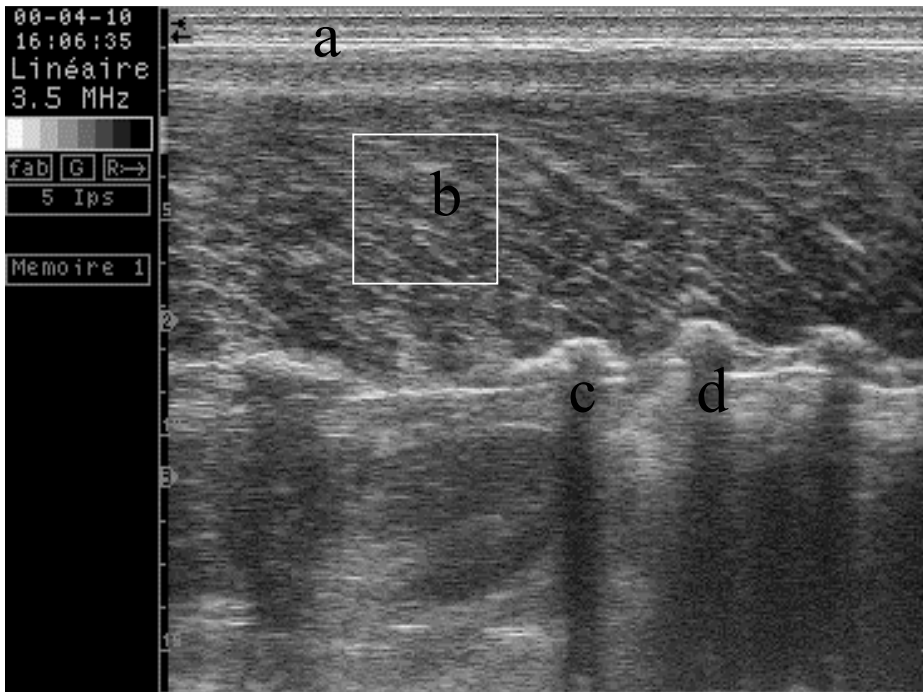
Figure 3a : Prise de l'image longitudinale du muscle *longissimus dorsi* au niveau de la dernière vertèbre thoracique d'un porc Piétrain



Figure 3b : Prise de l'image transversale du muscle *longissimus dorsi* au niveau de la dernière vertèbre thoracique d'un porc Piétrain



Figure 4 : Image longitudinale de la région dorso-lombaire permettant la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire chez le porc



a couche de graisse sous-cutanée

b : une portion de l'image qui est homogène et sans déficiences. Selon Amin et collaborateurs (1997), cette zone est appelée ROI (*region of interest box area*), et le pourcentage de pixels blancs contenu dans celle-ci peut être relié à la teneur en gras intramusculaire.

c et d : respectivement la dernière et avant-dernière vertèbres thoraciques.

Choix du site de sondage dans l'estimation de la teneur en viande maigre du porc Piétrain par l'ultrasonographie en temps réel

Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pietrain pig using the real-time ultrasound

Issaka YOUSAO, Vincent VERLEYEN, Charles MICHAUX and Pascal L. LEROY

University of Liege, Faculty of Veterinary Medicine, Biostatistic and animal selection, 20 Bd de Colonster, B 43, 4000 Liege, Belgium.

Publié dans la revue Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2002 (In press).

Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pietrain pig using the real-time ultrasound

Summary

Real-time ultrasound data of backfat thickness, *longissimus thoracis* muscle depth and *longissimus thoracis* muscle area were obtained from 210 Pietrain pigs (98 gilts and 112 barrows) using the Pie Medical Scanner 200 equipped with an animal science probe (ASP-18) and frequency of 3.5 MHz. They were fed *ad libitum* and slaughtered at an average age of 213 days for an average weight of 101 kg. The day before slaughter, four longitudinal and transverse images were taken on the level of the last rib and the tenth rib from each animal. The repeatability of ultrasound last rib backfat (ULRBF) measurements was similar to that of tenth rib backfat (UTRBF) ($t = 0.87$). Ultrasound last rib *longissimus thoracis* muscle depth (ULRMD) and area (ULRMA) measurements were more repeatable than those corresponding to the tenth rib. The best correlation between carcass lean percentage estimated by the Fat Lean Meter (CGM lean) and ultrasound carcass measurements was obtained with backfat thickness ($r = -0.51$). The correlation between CGM lean percentage and ULRMD and between CGM lean percentage and ULRMA were higher than those between CGM lean percentage and UTRMD and between CGM lean percentage and UTRMA respectively. When the CGM lean percentage was predicted from ultrasound backfat thickness, the accuracy of the regression equation was the same regardless of the probing site (last or tenth rib). On the other hand, when *longissimus thoracis* muscle measurements (depth and area) are included together with backfat thickness in prediction equations, the last rib was more accuracy. Therefore, the last rib site can serve as the probing site for CGM lean percentage prediction.

Keywords : Pietrain, ultrasound, *longissimus thoracis muscle*, backfat, carcass lean.

Choix du site de sondage dans l'estimation de la teneur en viande maigre du porc Piétrain par l'ultrasonographie en temps réel

Résumé

Des mesures ultrasonographiques de l'épaisseur du lard dorsal, de l'épaisseur et de la surface du muscle *longissimus thoracis* ont été réalisées sur 210 porcs de race Piétrain dont 98 femelles et 112 castrats avec le scanner Pie Medical 200 équipé d'une sonde ASP-18, de fréquence 3,5 Mhz. Les animaux ont été nourris *ad libitum* et abattus à un âge moyen de 213 jours pour un poids moyen de 101 kg. La veille de l'abattage, quatre images longitudinales et transversales ont été prises au niveau de la dernière et de la dixième vertèbres thoraciques de chaque porc. La répétabilité de la mesure de l'épaisseur du lard dorsal de la dernière côte (ULRBF) est similaire à celle de la dixième côte (UTRBF) ($t = 0,87$). Les mesures de l'épaisseur (ULRMD) et de la surface (ULRMA) du muscle *longissimus thoracis* de la dernière vertèbre thoracique ont été plus répétables que celles de l'épaisseur (UTRMD) et de la surface (UTRMA) de la dixième côte respectivement. La meilleure corrélation entre la teneur en viande maigre (TVM) de la carcasse estimée par le Capteur Gras – Maigre et les mesures à ultrasons de la carcasse a été obtenue avec l'épaisseur du lard dorsal ($r = -0,51$). La corrélation entre TVM et ULRMD et celle entre TVM et ULRMA ont été plus importantes que celles obtenues entre TVM et UTRMD et entre TVM et UTRMA respectivement. Lorsque la teneur en viande maigre est prédite à partir de l'épaisseur du lard dorsal, la précision de l'équation de régression est similaire quelque soit le site de mesure. Par contre, en ajoutant l'épaisseur ou la surface du muscle *longissimus thoracis* à l'épaisseur du lard dorsal dans l'équation de régression, la dernière vertèbre thoracique a présenté la meilleure précision. De tout ce qui précède, la dernière côte est le meilleur site de mesure pour la prédiction de la TVM.

Mots clés : Piétrain, ultrasons, muscle *longissimus thoracis*, lard dorsal, viande maigre.

Abbreviations

UBFT : Ultrasound back fat thickness

ULMD : Ultrasound longissimus thoracis muscle depth

ULMA : Ultrasound longissimus thoracis muscle area

ULRBF : Ultrasound last rib fat

ULRMD : Ultrasound last rib muscle depth

ULRMA : Ultrasound last rib muscle area

UTRBF : Ultrasound tenth rib fat

UTRMD : Ultrasound tenth rib muscle depth

UTRMA : Ultrasound tenth rib muscle area

S.D. : Standard deviation

CWT : Hot carcass weight

CGM lean or TVM : carcass lean content estimated by the Fat Lean Meter

3. Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pietrain pig using the real-time ultrasound

3.1. Introduction

The ultrasonic technique has been used since the late 1950s in the prediction of pork carcass composition (Szabo *et al.*, 1999). It is based on the measurements of backfat thickness, *longissimus thoracis* muscle depth and *longissimus thoracis* muscle area of the animal before slaughter. Real time ultrasound imaging in two-dimensions has been used more recently in the estimation of carcass composition and offers the possibility of predicting the lean meat content in live animal. The correlation between backfat thickness, *longissimus thoracis* muscle depth and *longissimus thoracis* muscle area measurements in the live animal and those obtained on the carcass show a great degree of variability (McLaren *et al.*, 1991; Houghton and Turlington, 1992; Szabo *et al.*, 1999). The effects of operators and machines in ultrasound measurements have been observed in cattle, as well as in sheep and pigs (McLaren *et al.*, 1991). For a single animal, there exists an important variability of measurements from one probe site to another (Fisher, 1997). In general, measurements on live pigs are taken anywhere from the first rib to the last lumbar vertebra on the midline, and as far as 13 cm off the midline (Sather *et al.*, 1986; Fisher, 1997). In several pork carcass lean estimation studies, the ultrasound measurements at the tenth or last rib are the most often used (McLaren *et al.*, 1991; Gresham *et al.*, 1994; Moeller *et al.*, 1998; Dourmad *et al.*, 2001).

The aim of this study was to find the optimal probing site between ultrasound measurements at the tenth and the last ribs for estimation of lean meat percentage in live Pietrain and stress- negative Pietrain.

3.2. Material and methods

3.2.1. Data

Data from 210 Pietrain pigs including 98 gilts and 112 barrows were recorded from 1998 to 1999 at the experimental station of the Faculty of Veterinary Medicine at the University

of Liege (Belgium). Among those Pietrain pigs, 40 were homozygous stress-negative (CC), 102 were heterozygous stress-negative (CT) and 68 were homozygous stress-positive. The genotype at the halothane locus was determined by the Ryanodine test according to Fujii *et al.* (1991) and Grobet *et al.* (1992). Piglets were weaned at 26 days, corresponding to the time of castration for males. Fattening began at an average age of 85 days. Pigs were grouped by 10 according to age, and fed *ad libitum*. The pigs were slaughtered at an average age of 213 days with an average weight of 101 kg. The day before slaughter, ultrasonic images were taken *in vivo* with a Pie Medical Scanner 200 (Pie Medical equipment BV, Maastricht, The Netherlands) equipped with an animal science probe (ASP-18) and a frequency of 3.5 MHz. Pigs were immobilised in a scanning corridor to standardise the image collection procedure. To obtain good acoustical contact and to avoid the presence of air bubbles between the probe and skin surface, the site was cleaned and vegetable oil was used. Each animal was scanned four times for each site. The longitudinal images were taken parallel and 6 cm from the dorsal midline at the tenth and the last ribs and the transverse images were taken perpendicular to the midline at the tenth and the last ribs using an ultrasound *standoff* guide conformed to the curvature of the pig's back, mounted on a linear probe. Ultrasound last rib backfat (ULRBF), ultrasound tenth rib backfat (UTRBF), ultrasound last rib *longissimus thoracis* muscle depth (ULRMD) and ultrasound tenth rib *longissimus thoracis* muscle depth (UTRMD) were measured from longitudinal images (figure 1). Ultrasound last rib *longissimus thoracis* muscle area (ULRMA) and ultrasound tenth rib *longissimus thoracis* muscle area (UTRMA) were measured from transverse images (figure 2). Backfat thickness and *longissimus thoracis* depth were measured from longitudinal image and *longissimus thoracis* area were measured from transversal image according to the recommendation of Gresham (1995). The features of acceptable images include the following qualities: clear visible back fat layers, *longissimus thoracis* muscle layer and ribs, with no sign of uneven coupling or poor transducer contact; *longissimus thoracis* muscle area taken from the cross-section clearly visible, well delimited with minimal artefacts. The selected images were transferred to a personal computer and recorded according to animal identification number. Measurements of ultrasound backfat thickness (UBFT), ultrasound *longissimus thoracis* muscle depth (ULMD) and ultrasound *longissimus thoracis* muscle area (ULMA) were made using image analysis software from Pie Medical: Open Data Transfer (ODT) and *Eview* (*Echo Image Viewer*), version 1 (Pie Medical equipment BV, Maastricht, the Netherlands).

Prior to being transported to the slaughterhouse, food was withheld from the animals for 24 hours. The carcass lean meat percentage (CGM lean) was estimated by a CGM (Capteur Gras-Maigre) equipped with an 8 mm diameter Sydel probe according to the recommendations of the *Ministère des classes moyennes et de l'agriculture* (1999):

$$Y = 59.902386 - 1.060750X_1 + 2.229324X_2$$

Where, Y = carcass lean meat percentage estimate;

X_1 = Backfat thickness (including the skin) expressed in millimetres measured at 6 cm lateral of the carcass midline the 3rd and 4th last ribs ;

X_2 = *longissimus thoracis* muscle depth expressed in millimetre, measured at the same time and the place as X_1

The measured values were converted into an estimate value of carcass lean content by the same apparatus.

3.2.2. Statistical analysis

The repeatability of backfat thickness, *longissimus thoracis* muscle depth and *longissimus thoracis* muscle area was calculated for each site. A mixed linear model including the fixed effects of halothane genotype, sex and the random effect of the animal was adjusted to the data.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + a_{ijk} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} : backfat thickness, *longissimus thoracis* muscle depth or *longissimus thoracis* muscle area of the pig k, halothane genotype i and sex j ;

μ = Overall means;

T_i = Fixed effect of halothane genotype i (homozygous stress-negative (CC), heterozygous stress-negative (CT) and homozygous stress-positive (TT));

S_j = Fixed effect of the sex j (gilt and barrow);

a_{ijk} = random effect of the animal within the halothane genotype and sex.

e_{ijk} = Residual errors.

The interaction between genotype and sex was not significant and was ignored in the final model. Variance components of backfat thickness, *longissimus thoracis* muscle depth and

longissimus thoracis muscle area were estimated separately by probing site. Estimation was made using the variance components estimation procedure by restricted maximum likelihood random models (REML) of SAS (1989).

Repeatability is defined as the correlation between repeated measures on the same animal. This value was calculated by site. In all cases, repeatability was calculated as an intraclass correlation (t) as follows:

$$t = \frac{Var(a)}{Var(a) + Var(e)}$$

Where, Var (a) = between-animal variance, Var(e) = residual variance.

The sampling variance for intraclass correlation was calculated according to Falconer (1989):

$$Var(t) = \frac{2[1 + (n-1)t]^2(1-t)^2}{n(n-1)(N-1)}$$

Where, Var (t) = variance of intraclass correlation, t = intraclass correlation, n = the number of repeated measurements, and N = number of animals.

The correlation between ultrasound measurements in the live animal and those of the carcass were obtained by PROC CORR of SAS (1989). Regression analysis were carried out using the General linear model procedure (PROC GLM) and the regression procedure (PROC REG) of SAS (1989).

3.3. Results and discussion

Means, standard deviations, minima and maxima of the traits are shown in table 1. The average live weight and carcass weight were 101 kg and 86 kg respectively, and the percentage of lean content was 65%. Ultrasound backfat thickness, *longissimus thoracis* depth and *longissimus thoracis* area measurements were 17.3 mm, 55.8 mm and 54.4 cm² respectively for the last rib, and 18.6 mm, 51.1 mm and 50.3 cm² respectively for the tenth rib. Halothane genotype and sex effects on ultrasound measurements was highly significant (p<0.001) according to analysis of variance results for each site.

Results of ultrasound measurement repeatability by probing site are given in table 2. The repeatability of ULRBF measurements was similar to that of UTRBF ($t = 0.87 \pm 0.017$). However, residual variance and between animal variance were higher in tenth rib than in last rib. ULRMD was more repeatable (0.89 ± 0.014) than UTRMD (0.85 ± 0.02). For the *longissimus thoracis* muscle area, the lowest repeatability (0.70) was obtained for UTRMA with a high standard error (0.037) whereas ULRMA was 0.74 ± 0.031 . Regardless of the probing site, ultrasound *longissimus thoracis* muscle area was less repeatable than backfat thickness and *longissimus thoracis* muscle depth. The errors of the measures are due to image artefacts. The restraining of the animal, plays a great role in the quality of the ultrasound images. The higher repeatability at ULRMD and ULRMA than UTRMD and UTRMA could be related to the ease of localisation of the last rib by palpation, and by the screen observation. Inversely, it was difficult to locate exactly the probing site at the tenth rib. This difficulty to locate the site was observed particularly for UTRMA. The repeatability of ULMA was generally low compared to those of UBFT and ULMD. This difference could be due to the measurement errors related to the precision with which the *longissimus thoracis* perimeter limits are delineated. In the Pietrain breed, repeatability from 0.61 to 0.77 and 0.91 to 0.98, respectively for UBFT and ULMA have been reported for several probing sites in Germany by Busmann *et al.* (1991) and they observed that the ultrasonic probing site on the last rib give the best accuracy in carcass lean prediction. During the comparison of three ultrasonic machines (Renco, Krautkrämer USM2 and Combison 310) for lean meat content prediction in live Pietrain and Large White, the repeatability ranging from 0.5 to 0.7 were observed by Krieter *et al.* (1990) for the UBFT and ULMD, and additionally, lowers values were determined for backfat measurements at the 3/4th lumbar vertebra than the last rib. Improvement of the accuracy of ultrasound measurements could be provided by taking the same measure several times on the same animal. According to Hassen *et al.* (1999), when the number of images per animal increase from one to two or from one to four, the repeatability improves and the standard errors of animal mean measures decreases by 29% and 50% respectively.

Results of correlation between ultrasound measurements and carcass lean percentage are given in table 3. CGM lean was positively correlated with ULMD and ULMA and negatively correlated with UBFT. The best correlation between CGM lean and ultrasound measurements was obtained with backfat thickness ($r = -0.51$, $p < 0.001$). The correlation

between CGM lean and ULRMD ($r = 0.5$, $p < 0.001$) was higher than that between carcass lean and UTRMD ($r = 0.42$, $p < 0.001$). The lowest correlation was obtained between CGM lean and UTRMA ($r = 0.31$, $p < 0.001$). The results of this study are similar to the findings of Smith *et al.* (1992) who reported a correlation of 0.25 ($p < 0.1$) between UTRMA and percentage of lean cut, whereas the correlation between ULRBF and percentage of lean cuts was - 0.51 ($p < 0.01$).

When the carcass lean content was predicted from UBFT, the accuracy of the regression equation was the same ($R^2 = 0.26$) regardless of the probing site (last or tenth rib). The accuracy of the carcass lean percentage predicted from real-time ultrasonic scans was more significantly improved by including *longissimus thoracis* muscle measurements (depth and area) together with backfat thickness in last rib ($R^2 = 0.54$; RSD = 2.27 ; C(p) = 1.55) than tenth rib ($R^2 = 0.51$; RSD = 2.71 ; C(p) = 3.2) in prediction equations.

From the results of this study, the last rib was the best site of ultrasound measurements. Moreover, this site could be used for ease of location by palpation contributing to higher repeatability of ultrasound measurements. Different devices based on different techniques (optical *versus* ultrasonic) could possibly cause differences in fat thickness measurements (Hulsegge *et al.*, 1997). For the optical probe, the 3/4th last rib was the most used to predict carcass lean (Daumas *et al.*, 1998; Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999; Hulssege *et al.*, 1999). With ultrasonic devices, according to the literature, there is no general agreement on the probing site to predict carcass lean. According to some authors, the last rib was the best site to predict carcass composition in live pig (Diestre and Kempster, 1985; Busmann *et al.*, 1991; McLaren *et al.*, 1991; Smith *et al.*, 1992; Dourmad *et al.*, 2001). In other studies, the tenth rib was the most accurate probing site to predict carcass composition (Forrest *et al.*, 1989; Gresham *et al.*, 1992; Moeller *et al.*, 1998). Associations between several probing sites could give better accuracy for the prediction of the carcass composition in live pig (Daumas *et al.*, 1998).

3.4. Conclusion

Several authors have previously used the tenth or the last rib site to predict carcass measurements with real-time ultrasound devices. In this study, the last rib was the best site for carcass lean percentage estimation in Piétrain using ultrasonic device Pie Medical scanner 200. The ultrasound technology could be a accurate tool for selection of breeding stock and as a best marketing tool to estimate carcass traits of market pigs when the choice of probing site is clearly defined.

3.5. Acknowledgements

The authors thank J-L. Hornick, E. Davis and CGRI (Commissariat Général aux Relations Internationales de la Communauté Wallonie Bruxelles) for their contribution.

3.6. References

Busmann V. E., Krieter J., Ernst E. (1991). Möglichkeiten der schlachtkörperbewertung am lebenden schwein mit hilfe von ultaschallmessungen. *Züchtungskunde*, **63** p. 375-384.

Daumas G., Causeur D., Dhorne T., Schollhammer E. (1998). Les méthodes de classement des carcasses de porc autorisées en France en 1997. *Journée Rech. Porcine en France*, 30 p. 1-6.

Diestre A. S., Kempster A. J. (1985). The estimation of pig carcass composition from different measurements with special reference to classification and grading. *Anim. Prod.*, **41** p. 383-389.

Dourmad J.Y., Etienne M., Noblet J. (2001). Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *INRA Prod. Anim.*, **14** p. 41-50.

Falconer D. S. (1989). Introduction to quantitative genetic (3rd Ed.). Longman Group, Hong Kong.

Fisher A. V. (1997). A review of the technique of estimating the composition of livestock using the velocity of ultrasound. *Comput. Electron. Agric.* 17, p. 217-231.

Forrest J.C., Kuei C.H., Orcutt M.W., Schinckel A.P., Stouffer J.R., Judge, M.D. (1989). A review of potential new methods of on-line pork carcass evaluation. *J. Anim. Sci.*, 67 p. 2164-2170.

Fujii J., Otsu K., Zorzato F., De Leon S., Khanna V.K., Weiler J. E., O'brien P.J., Mac Lennan D.H. (1991). Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with Malignant Hyperthermia . *Science* 253 p. 448-451.

Gresham J. D. (1995). Ultrasonography as an objective tool for evaluating live beef cattle : Using the Pie Scanner 200 Ultrasound Scanner. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment, Tequesta, 11 p.

Gresham J. D., McPeake S. R., Bernard J. K., Riemann M. J., Wyatt R. W., Henderson H. H. (1994). Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan. *J. Anim. Sci.*, 72 p. 1404-1412.

Grobet L., Hanset R., Dasnois C. (1992). Réponse au test à l'halothane et génotype au locus RYR1 du récepteur à la ryanodine chez des porcs croisés Piétrain. *Annal de Médecine Vétérinaire* 136 p. 249-257.

Hassen A., Wilson D. E., Amin V. R., Rousse G. H. (1999). Repeatability of Ultrasound-Predicted Percentage of Intramuscular Fat in Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.*, 77 p. 1335-1340.

Houghton P. L., Turlington L. M. (1992). Application of ultrasound for feeding and finishing animals : review. *J. Anim. Sci.*, 70 p.930-941.

Hulsegge B., Pateman G., Merkus G.S.M., Walstra P. (1999). Choice of probing site for classification of live pigs using ultrasonic measurements. *Anim. Sci.*, 68, p. 641-645.

Hulsegge B., Pateman G., Merkus G.S.M. (1997). A comparison of the optical probe HGP and ultrasonic devices Renco and Pie Medical for estimation of the lean meat proportion in pig carcasses. *Anim. Sci.*, **64** p. 379-383.

Krieter V. J., Holscher T., Hartjen P., Kalm E., Ernst E. (1990). Vergleich von ultraschallverfahren zur abschätzung der schlachtkörperzusammensetzung am schwein. *Züchtungskunde*, **62** p. 29-37.

McLaren D. G., Novakofski J., Parrett D. F., Lo L. L., Singh S. D., Neuman K. R., and McKeith F. K. (1991). A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *J. Anim Sci.*, **69** p. 54-66.

Ministère des classes moyennes et de l'agriculture (1999). Arrêté ministériel relatif au classement des carcasses de porcs. *Moniteur belge du 19 juin 1999*.

http://www.just.fgov.be/cgi/article_bod

Moeller S. J., Christian L. L., Goodwin R. N. (1998). Development of adjustment factors for backfat and loin muscle area from serial Real-Time ultrasonic measurements on purebred lines of swine. *J. Anim. Sci.*, **76** p. 2008-2016.

Sather A. P., Tong A. K. W., Harbison D. S. (1986). A study of ultrasonic probing techniques for swine. I. The effect of operator, machine and site. *Can. J. Anim. Sci.*, **66** p. 591-598.

SAS (1989). SAS/STAT. User's guide (version 6, 4th Ed.). SAS. Inst.Inc.,Cary, NC, USA.

Smith B. S., Jones W. R., Hough J. D., Huffman D. L., Mikel W. B., Mulvaney D. R. (1992). Prediction of carcass characteristics by Real-Time Ultrasound in barrow and gilts slaughtered at three Weights. *J. Anim. Sci.*, **70** p. 2304-2308.

Szabo C., Babinszky L., Verstegen M. W. A., Vangen O., Jansmann A. J. M., Kanis E. (1999). The application of digital imaging techniques in the in vivo estimation of the body composition of pigs : Review. *Livestock Prod. Sci.* **60** p. 1-11.

Table 1 : Means, standard deviations, minima and maxima of carcass traits

Tableau 1 : Moyenne, déviation standard, minimum et maximum des caractéristiques de la carcasse

Variables	Number	Means	S.D.	<i>Minima</i>	Maxima
Live weight (kg)	210	101	7.2	66	143
Age at slaughter (day)	210	212.7	14.7	187	261
Ultrasound last rib					
ULRBF (mm)	210	17.29	2.59	11.3	23.6
ULRMD (mm)	210	55.85	6.36	44.6	69.1
ULRMA (cm ²)	210	54.38	7.43	41	71
Ultrasound tenth rib					
UTRBF (mm)	192	18.57	4.5	10.2	27
UTRMD (mm)	192	53.1	6.97	42.1	72
UTRMA (cm ²)	192	50.34	6.55	34.9	62.6
<i>Hot carcass weight</i> (kg)	210	85.7	9.9	55	122
<i>CGM lean</i> (%)	210	64.9	3.9	52.8	72.9

ULRBF : Ultrasound last rib fat / Lard dorsal mesuré à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

ULRMD : Ultrasound last rib muscle depth / Epaisseur du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

ULRMA : Ultrasound last rib muscle area / Surface du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

UTRBF : Ultrasound tenth rib fat / Lard dorsal mesuré à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

UTRMD : Ultrasound tenth rib muscle depth / Epaisseur du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

UTRMA : Ultrasound tenth rib muscle area / Surface du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

S.D. : Standard deviation / Déviation standard

Table 2 : Components of variance and repeatability of ultrasound measurements

Tableau 2 : Composantes de la variance et répétabilité des mesures ultrasonographiques

Sources of variation	Number	Variance (a)*	Residual Variance	Total variance	Repeatability \pm Standard errors
ULRBF	210	13.05	1.93	16.98	0.87 \pm 0.017
ULRMD	210	28.31	3.6	31.91	0.89 \pm 0.014
ULRMA	210	25.83	9.28	35.11	0.74 \pm 0.031
UTRBF	192	13.45	1.98	15.43	0.87 \pm 0.017
UTRMD	192	22.93	3.94	26.87	0.85 \pm 0.02
UTRMA	192	24.64	9.75	34.67	0.70 \pm 0.037

* Between - animal variance / Variance entre animaux

ULRBF : Ultrasound last rib fat / Lard dorsal mesuré à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

ULRMD : Ultrasound last rib muscle depth / Epaisseur du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

ULRMA : Ultrasound last rib muscle area / Surface du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

UTRBF : Ultrasound tenth rib fat / Lard dorsal mesuré à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

UTRMD : Ultrasound tenth rib muscle depth / Epaisseur du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

UTRMA : Ultrasound tenth rib muscle area / Surface du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

Table 3: Correlation between carcass weight, carcass lean percentage and ultrasound measurements

Tableau 3 : Corrélation entre le poids de la carcasse, la teneur en viande maigre et les mesures ultrasonographiques

Variables	CWT	ULRBF	ULRMD	ULRMA	UTRBF	UTRMD	UTRMA
CGMlean	-0.185 *	-0.507 ***	0.496 ***	0.321 ***	-0.511 ***	0.423 ***	0.313 ***
CWT		0.461 ***	0.297 **	0.566 ***	0.421 ***	0.292 **	0.587 ***
ULRBF			0.01	0.269 **	0.817 ***	0.015	0.122
ULRMD				0.639 ***	0.110	0.778	0.562 ***
ULRMA					0.301 **	0.223 **	0.707 ***
UTRBF						0.023	0.252 **
UTRMD							0.640 ***

* Significant at $p < 0.05$ / Significatif à $p < 0,05$

** Significant at $p < 0.01$ / Significatif à $p < 0,01$

*** Significant at $p < 0.001$ / Significatif à $p < 0,001$

ULRBF : Ultrasound last rib fat / Lard dorsal mesuré à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

ULRMD : Ultrasound last rib muscle depth / Epaisseur du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

ULRMA : Ultrasound last rib muscle area / Surface du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dernière cote

UTRBF : Ultrasound tenth rib fat / Lard dorsal mesuré à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

UTRMD : Ultrasound tenth rib muscle depth / Epaisseur du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

UTRMA : Ultrasound tenth rib muscle area / Surface du muscle *longissimus thoracis* mesurée à l'ultrasonographie au niveau de la dixième cote

CWT : Hot carcass weight / Poids chaud de la carcasse

CGM lean : carcass lean percentage estimated by the Fat Lean Meter / pourcentage en viande maigre de la carcasse estimé par le Capteur Gras-Maigre (CGM).

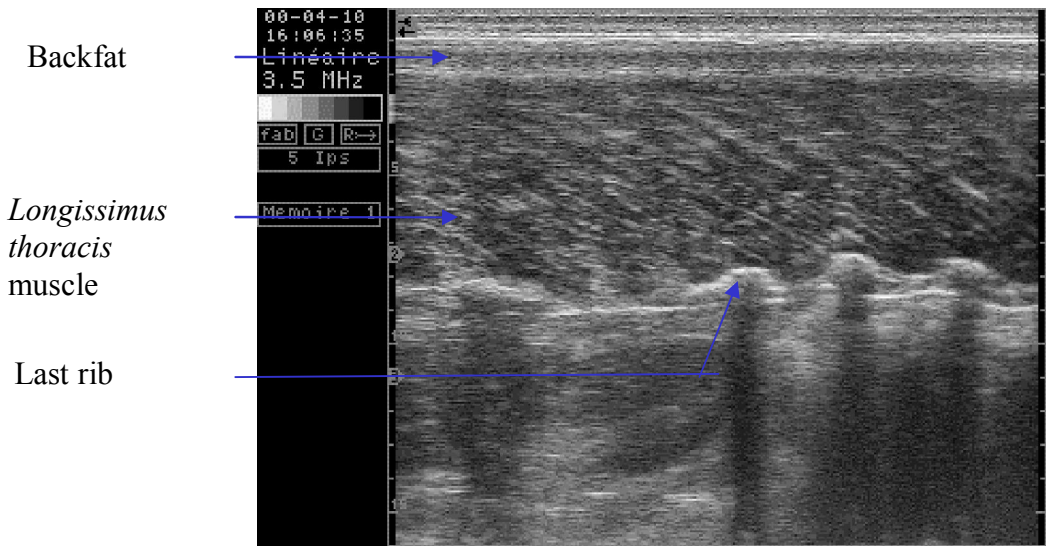
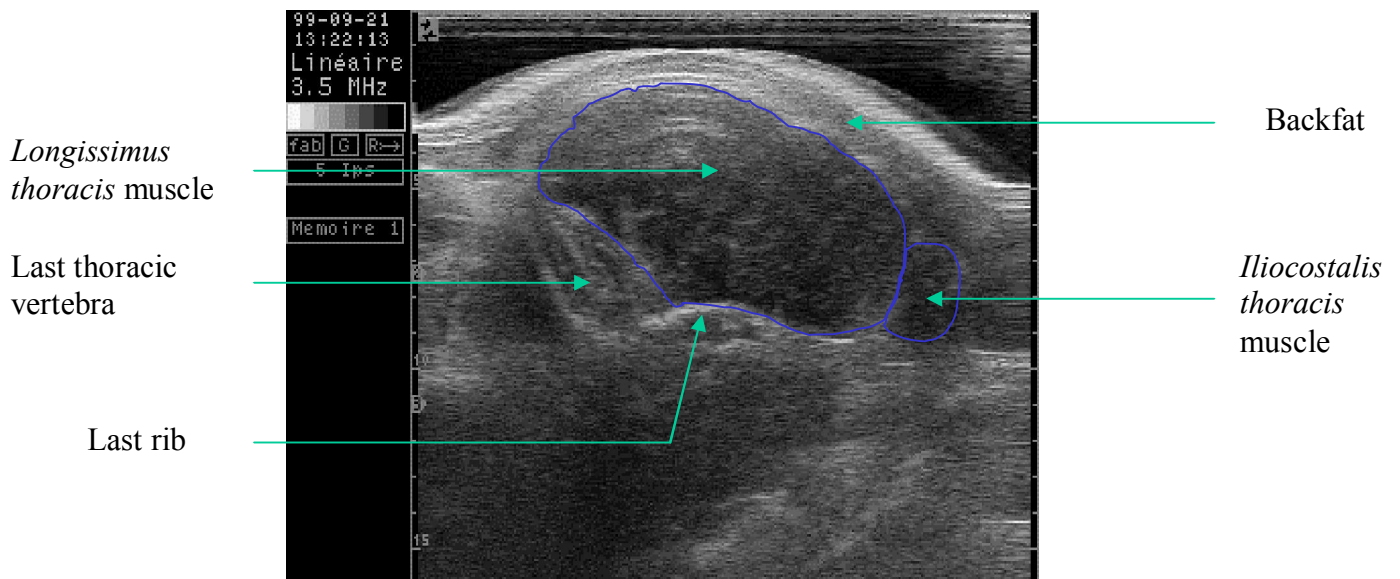


Figure 1 : Ultrasound longitudinal section image of Pietrain pig in dorso-lumbar region

Figure 1 : Image à ultrasons de la coupe longitudinale de la région dorso-lombaire chez le porc Piétrain



Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain

I. A. K. Youssao, V. Verleyen and P. L. Leroy

University of Liege, Faculty of Veterinary Medicine, Biostatistics and animal selection, 20 Bd de Colonster, B 43, 4000 Liege, Belgium.

Publié dans *Animal science*, 2002, 75, 25-32

Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain

Abstract

Real-time ultrasound data of backfat thickness, *longissimus* muscle depth and *longissimus* area were carried out on 335 pigs (164 gilts and 171 barrows) using the Pie Medical Scanner 200 equipped with an ASP-18 probe and 3.5 MHz to predict carcass lean content in Pietrain positive stress (TT) and negative stress Pietrain (CT or CC). They were given food *ad libitum* and slaughter at an average age of 213 days and an average weight of 101 kg. The day before slaughter, longitudinal and transverse images were taken at the last rib. After slaughtering, the lean meat content was estimated by a CGM (Capteur Gras-Maigre) equipped with an 8 mm diameter Sydel probe. The carcass lean content was higher in homozygote TT than homozygote CC and heterozygote CT individuals ($p < 0.05$). Gilts had more lean meat content than barrows ($p < 0.05$). The correlation between the lean meat percentage and ultrasound backfat thickness (UBFT) or ultrasound *longissimus* muscle depth (ULMD) respectively was moderate. The prediction of lean meat content using UBFT, ULMD and ULMA gave an R^2 which varied from 0.35 to 0.79. Real-time ultrasound is a tool that could potentially be used to predict the composition of pig carcasses before slaughter particularly if measurements can be taken with a higher degree of accuracy than at present.

Keyword : Pietrain, halothane, ultrasound, *longissimus*, backfat, lean content.

4. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain

4.1. Introduction

In European Union countries (EU), the market value of pig carcasses depends on the slaughter weight and lean meat content of the carcass. The lean meat percentage of pork carcasses is thus classified according to harmonized European Union standards (SEUROPE). Every country in the European Union has adapted its regulation to the EU reference method for grading pig carcasses. Classification of pork carcasses in the Netherlands is based on lean meat proportion, obtained with an optical probe (*Hennessy Grading Probe II : HGP*) and a visual assessment of conformation type (Hulsegge *et al.*, 1999). In Belgium, the federal regulation defines the classification of the carcasses according to carcass lean meat content estimated by the CGM (Capteur gras-maigre i.e. fat lean meter) or Giraldo Choirometer (PG200), (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). The carcass lean content is calculated from backfat thickness and longissimus muscle depth between the third and fourth last ribs, and these measurements are then converted into an estimate value of lean meat content by the respective equipment (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). The correlation between backfat thickness, longissimus muscle depth and longissimus muscle area measured on carcasses, and those corresponding to live animal measurements done by real-time ultrasound, are high with good repeatability (McLaren *et al.*, 1991 ; Fischer, 1997 et Szabo *et al.*, 1999). Ultrasonic techniques therefore offer the possibility of predicting carcass composition when animals are scanned *in vivo* (Diestre *et al.*, 1985 ; Busman *et al.*, 1991 ; Robinson *et al.*, 1992 ; Sather *et al.*, 1996 ; Szabo *et al.*, 1999 ; Hulsegge *et al.*, 1999).

The aim of this study was to evaluate the carcass lean meat content in Pietrain and halothane-resistant Pietrain, and to determine the relationship between ultrasound measurements *in vivo* and carcass measurements in order to predict carcass lean content.

4.2. Material and methods

4.2.1. Data

Negative stress Pietrain (halothane resistant) was created at the experimental station of the Veterinary Faculty of the University of Liege (Belgium) by introgression of the C allele of Large White stress resistance into the Pietrain genome (Hanset *et al.*, 1995a, 1995b et 1995c). The reconstitution of the Pietrain genome was carried out from 1989 to 1995, starting with an F1 Pietrain-Large White crossing, while preserving the C allele of stress resistance (Hanset *et al.*, 1995a ; Leroy et Verleyen, 1999a). Since 1999, the resulting crosses between heterozygotes halothane negative individuals (CT) gave three genotypes : homozygote negative stress Pietrain (CC), heterozygote negative stress Pietrain (CT) and the traditional positive stress Pietrain (TT) (Leroy et Verleyen., 1999a, 1999b et 1999c). The halothane sensitivity genotype was determined by the Ryanodine test according to Fujii *et al.* (1991) and Grobet *et al.* (1992). Backcrosses (BC) were carried out with traditional Pietrain in order to recover the totality of the "over genes" present. With each generation, the CT heterozygote females were crossed with Pietrain boars (TT). The reconstitution level of the Pietrain genome passed successively by stage 3/4 (BC1), 7/8 (BC2), 15/16 (BC3) and 31/32 (BC4). The Pietrain genome was progressively reconstituted and this form of Pietrain is currently named negative stress Pietrain (halothane resistant). Today, the stage 255/256 (BC7) Pietrain has been reached and the quasitotality of the animals is stress resistant (Leroy et Verleyen, 1999a, 1999b).

Data from 335 pigs (164 gilts and 171 barrows) were recorded from 1998 to 2000 at the experimental station of the Faculty of Veterinary Medicine at the University of Liege (Belgium). These pigs were born from 56 sows and 28 boars and came from back-crosses 63/64 (BC5), 127/128 (BC6) and 255/256 (BC7), and BC7xBC7 crossing. Piglets were weaned at 26 days, corresponding to the time of castration for males. Finishing began at an average age of 85 days. Pigs were kept in grouped by 10 according to age, and give food *ad libitum*. The diet composition for starting and finishing is given in table 1. The pigs were slaughtered at an average age of 213 days at an average weight of 101 kg. The day before slaughter, backfat thickness (BFT), *longissimus* muscle depth (LMD) and *longissimus* muscle area (LMA) were measured on each animal using the Pie Medical

Scanner 200 (*Pie Medical equipment BV, Maastricht, The Netherlands*) equipped with an animal science probe (ASP-18) and with a frequency of 3.5 MHz. Ultrasound images for measurements were taken 6 cm from the dorsal mid line at the last ribs. This site was selected for its ease in localization by palpation in order to minimize variation in the scan site location. To obtain good acoustical contact, and to avoid the presence of air bubbles between the probe and skin surface, the site was cleaned and vegetable oil (soja) was used. Each animal was scanned for two types of images : (i) longitudinal images were taken parallel to the dorsal midline for ultrasound backfat thickness (UBFT) and ultrasound *longissimus* muscle depth (ULMD) measurements and (ii) transverse images were taken perpendicular to the mid line for measurements of *longissimus* muscle area (ULMA). First, 292 pigs were scanned four times (two longitudinal images and two transverse images) and 43 pigs were scanned two times (one longitudinal image and one transverse image). A cross-sectional image of ULMA was obtained using an ultrasound stand-off guide mounted on a linear probe, conforming to the curvature of the pig's back. Pigs were immobilized in a scanning corridor to standardize the image collection procedure. The features of acceptable images include the following qualities: clear visible back fat layers, *longissimus* muscle layer and ribs, with no sign of uneven coupling or poor transducer contact ; *longissimus* muscle area taken from the cross-section clearly visible, well delimited with minimal artefacts. The selected images were transferred to a personal computer and recorded according to animal identification number. Measurements of UBFT, ULMD and ULMA were made using image analysis software from Pie Medical : Open Data Transfer (ODT) and *Eview (Echo Image Viewer)*, version 1 (*Pie Medical equipment BV, Maastricht, the Netherlands*).

Prior to being transported to Detry S.A. Slaughterhouse, the animals were not given food for 24 hours. After slaughter, the lean meat content was estimated on the hot carcass by a CGM (Capteur Gras-Maigre) equipped with an 8 mm diameter Sydel probe with an infra-red photo-emitting diode and two photo-receivers. The carcasses were penetrated by the probe in the left side of the carcass : first between the second and third last ribs (measuring point of reference) and then, between the third and fourth last ribs (official measuring point), horizontally and perpendicularly at 6 cm from the plane of cutting (De Smet *et al.*, 1997 ; Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999). The lean meat content was calculated according to the *Ministère des classes moyennes et de l'agriculture (1999)* :

$$Y = 59.902386 - 1.060750X_1 + 2.229324X_2$$

Where, Y = carcass lean meat percentage estimate;

X_1 = Backfat thickness (including the skin) expressed in millimetres, measured at 6 cm lateral of the carcass mid line the third and fourth last ribs ;

X_2 = *longissimus* muscle depth expressed in millimetre, measured at the same time and the place as X_1

The measured values were converted into an estimate value of carcass lean content by the same means.

4.2.2. Statistical analysis

The following factors of variation were recorded : halothane genotype (homozygote negative stress (CC), heterozygote negative stress (CT) and homozygote positive stress (TT)) and sex (gilts and barrows). The fixed linear model was adjusted to the carcass lean content data.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + e_{ijk}$$

Y_{ijk} carcass lean meat content of the kth pigs, halothane genotype i, and sex j ;

μ = overall mean ;

T_i = fixed effect of halothane genotype i ;

S_j = fixed effect of sex j ;

e_{ijk} = residual errors.

The interaction between these different factors of variation was not significant and was ignored in the final model. The data were analysed according to General Linear Model procedure (GLM) of Statistical Analysis Systems Institute (SAS, 1989), then, the least squares means were estimated and compared by the Student test. The percentage of variation explained by the model and each of the non-genetic factors was calculated according to Searle (1971), by using the difference of the part of variation R^2 (reduction of the sum of the squares following the presence or the absence of the factor). The correlation between ultrasound measurements in the live animal and those of the carcass were obtained by PROC CORR of SAS (1989). Regression analyses were carried out using the PROC REG procedures of SAS (1989) and the stepwise model selection option. The choice of equations was made using the C(p) statistic as described by Mallows (1973) with

the equation giving C(p) value closest to the number of parameters in the model being reported.

4.3. Results

Means, standard deviations, minima and maxima of the main traits by halothane genotype are shown in table 2. The overall means of UBFT was 21.2, 20.9 and 19.3 mm respectively for homozygote negative stress (CC), heterozygote negative stress (CT) and homozygote positive stress (TT). The longissimus muscle depth was 52.3 mm for CC, 52.5 mm for CT and 53.7 mm for the TT genotype. The overall mean of longissimus muscle depth increase with the presence and the number of T alleles. Average carcass weight was 86,1 kg for CC, 85.8 kg for CT and 85.5 kg for TT. The carcass lean percentage (LEAN) was 64.1 for CC and CT and 66.6 for the TT genotype. Results of analysis of variance, least-squares means and standard errors for LEAN according to halothane genotype and sex are listed in table 3.

The halothane genotype effect on LEAN was highly significant ($p < 0.001$) and explained proportionately 9.14 % of the total variation (R^2). LEAN was higher in homozygote TT than homozygote CC and heterozygote CT ($p < 0.05$). The difference between CC and CT was not significant. LEAN increased with the number of T alleles.

Sex had a highly significant effect ($p < 0.001$) on LEAN and explained the larger part (16.93 %) of the total variation than halothane genotype. Gilts had leaner carcass than barrows ($p < 0.05$).

Simple linear correlations between ultrasound measurements, carcass weight, live weight and carcass lean percentages are given by halothane genotype in tables 4, 5 and 6. For homozygote negative stress, the LEAN was positively correlated with ULMD ($r = 0.36$) and ULMA ($r = 0.21$) although the latter was not significant. A negative correlation was observed between LEAN and UBFT ($r = - 0.69$). The correlation between LEAN and carcass weight (CWT) or live weight (LWT) was positive and close to zero. On the other hand, it was negative but not significantly so, for halothane negative (CT) pigs, and negative ($p < 0.01$) for halothane positive (TT) pigs. The correlation between LEAN and

UBFT was negative ($r = -0.48$) in CT and TT genotypes. Regardless of the halothane genotype, the CWT and LWT were highly correlated with ULMA. The correlation between LEAN and ULMA was weaker than those obtained between LEAN and UBFT or ULMD for each halothane genotype. Thus, UBFT and ULMD measurements would be preferable as predictors of carcass lean percentage.

Table 7 presents stepwise multiple regression equations used to predict carcass lean content from ultrasound live animal measurements for overall data and according to halothane genotype for each sex. UBFT and ULMD constituted the best variables to predict carcass lean for the majority of the equations. As shown in tables 4, 5 and 6, the correlations between LEAN and ULMA were weak ; when ULMA was added to each equation, the coefficient of determination did not vary, but the residual standard deviation and the C(p) were high. The R²-values of regression equations to predict LEAN varied from 0.35 to 0.79 according to the halothane genotype. Equations with the highest precision seemed to be those predicting carcass lean in homozygote negative stress (CC), where gilts were more closely predicted than barrows.

4.4. Discussion

4.4.1. Halothane genotype effect

Studies of negative stress Pietrain (CC and CT) pigs were initiated by Hanset *et al.* (1995a, 1995b et 1995c). They reported a halothane genotype effect ($p < 0.001$) on the proportion of lean cut in Pietrain X Large White F2. The percentage of lean cuts was 63.17, 63.95 and 65.54 respectively for halothane negative (CC), Halothane negative (CT) and halothane positive (TT) pigs. In the same way, the percentage of lean cuts for gilts was greater than that of barrows. In the course of reconstruction of the Pietrain genome by repeated back-crossing and while maintaining heterozygosity at the Hal locus in breeding females, they reported that the percentage of lean cuts of halothane carriers (CT) was significantly higher than in non-carriers ($p < 0.001$) from BC1 to BC4. Moreover, percentage of the lean cuts for gilts was greater than for barrows. The results of this study confirm those of Hanset *et al.* (1995a, 1995b and 1995c) and Leroy et Verleyen (1999a, 1999b, 1999c) and Leroy *et al.* (2001) and indicate the same variation ($p < 0.001$) between TT, CT and CC genotypes from

BC5 to BC7. The results from this study also agree with those of Larzul *et al.* (1997) who observed that the percentage of carcass lean increased from CC to CT and from CT to TT genotypes, although the former was not significant in our study. Their values for gilts were greater than their values for barrows. The higher carcass lean content values, resulting from the presence of the T allele, had been repeatedly found in TT and CT pigs (Wittmann *et al.*, 1993 ; O'Brien *et al.*, 1994). Both the Halothane positive and the Halothane carriers had more lean in their carcasses than the halothane negative, and this was best expressed when pigs were offered food *ad libitum* (Simpson et Webb, 1989). When given a restricted diet, the halothane negative pigs showed a superiority over the halothane positive pigs in the proportion of ham and high-priced cuts (total of the rib back, rump back and ham joints) which contradicted expectation (Simpson et Webb, 1989). Regarding SKG II parameters, halothane carrier pigs have been characterized as having a higher lean content as compared with halothane negative pigs ($p < 0.05$) with the lean content significantly different between all three genotype groups (De Smet *et al.*, 1992) in Belgian Landrace and Pietrain - Belgian Landrace crosses. Their results are in contrast with those of De Smet *et al.* (1996), who observed no difference between CC and CT for carcass lean content in the same breed. This may be explained by the fact that lean content was determined solely from fat thickness. For this trait, it appears that CT pigs are not very different from CC pigs (Pommier *et al.*, 1992 ; Rempel *et al.*, 1995). Thus, backfat thickness is usually not accurate enough to reveal the leaner carcasses of CT pigs when compared to CC pigs. In a study of halothane genotype effect on pork production, Sather *et al.* (1991b) observed no significant difference between carcass lean of heterozygous (CT) and homozygous pigs (CC). However, barrows had proportionately 1.2% less predicted lean yield than gilts ($p < 0.001$). According to Leach *et al.* (1996), yield of trimmed, boneless cuts (ham, loin, tenderloin, picnic shoulder and Boston butt) was higher for carriers; the increase was attributed to higher ham and shoulder yields. Sather *et al.* (1991b) showed a lower bone content in carrier carcasses. However, the difference between halothane genotypes in carcass composition depends on live weight. Sather *et al.* (1991a) showed that wholesale cut (ham, loin and shoulder) lean content of carrier (CT) and negative (CC) pigs was similar but lower than reactors (TT) at lighter weights (80 kg live weight), whereas at heavier weights (up to 130 kg live weight) the composition of carriers (CT) was similar to reactors (TT) and both genotypes had higher lean content than negative (CC) pigs. At lighter weights, the halothane gene locus appears to have a recessive genetic effect on

dissectible lean, since CT genotyped pigs were more similar to CC pigs than to TT pigs. At heavier weights, the halothane gene locus appears to behave as if it was dominant, since the TT and CT pigs were similar in lean content. According to Sather *et al.* (1991a), the transition between these two gene models occurs at carcass weights of over 85 kg. Thus, an apparent increase in the dominance of the halothane gene with increasing carcass weight could be explained by the genotype x weight interaction.

4.4.2. Correlation between live and carcass measurements

Results from this study show that lean percentage had a moderate correlation with UBFT, and ULMD. Regardless of the halothane genotype for stress, the correlation between carcass lean percentage and UBFT or ULMD were higher than those between carcass lean and ULMA. Thus, ULMA would not be the best parameter for carcass lean prediction compared with UBFT and the ULMD. These results are similar to the findings of Smith *et al.* (1992), who reported a correlation of 0.25 between ultrasound *longissimus* muscle area and percentage of lean cuts, whereas the correlation between ultrasound last rib backfat and percentage of lean cuts was - 0.51. Gresham *et al.* (1992) reported that the correlation between ultrasound last rib backfat and percentage of total cuts (trimmed ham, loin, shoulder and belly) was - 0.48 and the correlation between ultrasound last rib backfat and percentage of lean pork (trimmed ham, loin and shoulder) was - 0.38. In the same way, they obtained correlations between ultrasonic muscle depth and proportion of lean cuts of - 0.31 and between ultrasonic muscle depth and proportion of total cuts were 0.19. These correlations are lower than the values observed between lean percentage (LEAN) and UBFT and between carcass lean percentage and ultrasound *longissimus* muscle depth from the present study. The difference observed with the trial results of Gresham *et al.* (1992) could be dependent on ultrasound technology or on genetic and compositional variation for animals used in each trial. Carcass lean percentage was slightly correlated with *longissimus* muscle depth (0.41) and with *longissimus* muscle area (0.47) in the study of Cisneros *et al.* (1996). According to Courchaine *et al.* (1996), correlations between lean cuts and *longissimus* area were varied from - 0.28 to 0.15.

Gresham *et al.* (1992) reported significant correlation coefficient between live weight and *longissimus* muscle depth (0.41) and between hot carcass weight and *longissimus* muscle

depth (0.47) in commercial market swine typical of the U.S. population 10 years ago. In the same way, the correlation between carcass harvest weight and *longissimus* depth was 0.36 (Cisneros *et al.*, 1996). Those values are higher than those of this study. In contrast, according to Cisneros *et al.* (1996), the correlation between carcass weight and *longissimus* muscle area in the later study (0.43) was lower than we found.

4.4.3. Prediction of carcass lean percentage

In the present experiment, carcass lean content percentage was predicted from UBFT and ULMD (or LMA) with R²-values varying from 0.35 to 0.79 according to the halothane genotype and the sex considered. UBFT and ULMD constituted the best variables to predict carcass lean for the majority of the equations. Muscle depth is generally a part of the prediction equations and not loin muscle area in this trial because the correlation between carcass lean and ULMD was higher than that of carcass lean and ULMA. This difference could be due to the linear increase of LEAN with ULMD, whereas, ULMA increased linearly with live weight during growth to slaughter weight (cf. correlation between live weight and ULMA and correlation between LEAN and ULMD for each genotype in Tables 4, 5 and 6). In this study, a high accuracy (R²=0.79) was observed for gilts *versus* a low accuracy for barrows with the CC halothane genotype. This difference could be related to the number of observations by sex class in CC genotype. Gresham *et al.* 1992 reported stepwise multiple regression equations for predicting percentage of lean cuts and percentage of boneless lean cuts from ultrasonic measurements with coefficients of determination R² of 0.42 and 0.51 respectively and with residual standard errors of 3.06 and 1.51 respectively. Elsewhere, estimation of commercial lean yield from carcass fat thickness and muscle depth measurements made by the Hennessy Grading Probe (HGP) and Tokyo Keiki LS-1000 had R²-values (residual standard deviation) of 0.58 (1.72) and 0.65 (1.52) ; adding muscle area to LS-1000 measurements did not further improve R² values (Sather *et al.*, 1996). Alliston *et al.* (1982) evaluated two early designs of ultrasound scanning equipment and concluded that including *longissimus* muscle area measurements with live weight and P2 backfat thickness at the last rib did not improve the precision of estimating carcass lean content. On the other hand, the findings of Molenaar *et al.* (cited by Cisneros *et al.* (1996)) indicated that the accuracy of percentage of lean cuts predicted from real-time ultrasonic scans was significantly improved by including *longissimus*

muscle measurements (depth or area) together with backfat thickness in prediction equations. This was in agreement with the results of the present study. Gresham *et al.* (1994) suggested that a single longitudinal scan taken at the 10th rib was accurate for predicting carcass composition but did not include scans at other positions. Equations based on ultrasound scans explained more variation of the dependent variables than those based on direct carcass measurements taken at the last rib (Terry *et al.*, 1989 ; Cisneros *et al.*, 1996). There are few reports in the literature for regression equations predicting carcass composition separately for the different halothane genotypes. Cisneros *et al.* (1996) reported that halothane genotype biases were larger from carcass measures for models predicting percentage of carcass lean cuts and fat-free lean percentage than those predicting carcass lean cuts weight and fat-free lean weight. The equations overestimated the carcass value of negative pigs and underestimated the value of the carcass from carrier pigs. Generally, the R² for equations predicting carcass lean cut weight were much higher than those predicting carcass lean percentage, irrespective of the method and (or) the site of measurement. According to Leach *et al.* (1996), the weight of trimmed, boneless cuts, and fat-free lean increased linearly with slaughter weight; however, the change in percentage cut yields and fat-free lean contents with slaughter weight were generally negative. These results are confirmed in this study: the correlations between carcass lean and live weight or carcass weight is nearly zero for homozygote negative stress (CC) and negative in heterozygote negative stress (CT) and in homozygote positive stress (TT). Similar findings in other swine breeds have been reported by others (Gresham *et al.*, 1992 and 1994).

4.5. Conclusion

In this study, carcass lean content showed greater percentage values in homozygote TT than homozygote CC, with heterozygote CT intermediate. Moreover, the proportion in gilts was greater than in barrows. The correlation between carcass lean content and ultrasound measurements was moderate to high. Therefore, it's possible to predict carcass lean content in pigs *in vivo*. Better precision will require improved greater accuracy of measurements from image analysis software. Results of this study will allow the selection for carcass lean content of finishing or breeding negative stress Pietrain pigs. However, if carcass lean

content and intramuscular fat were selected together, the score of negative stress Pietrain meat would be improved.

4.6. Acknowledgements

The authors thank C. Michaux, J-L. Hornick, F. Farnir, J D tilleux, S. Berghmans, E. Davis and CGRI (Commissariat Général aux Relations Internationales de la Communauté Wallonie Bruxelles) for their contribution.

4.7. References

Alliston, J C., Kempster, A. J., Owen, M. G. 1982. An evaluation of three ultrasonic machines for predicting the body composition of live pigs of the same breed, sex, and live weight. *Animal Production* 35 : 165-169.

Busmann, V. E., Krieter, J., Ernst E. 1991. Möglichkeiten der schlachtkörperbewertung am lebenden schwein mit hilfe von ultraschallmessungen. *Züchtungskunde*, **63** : 375-384.

Cisneros, F., Ellis, M., Miller, K. D., Novakofski, J., Wilson, E. R., McKeith, F. K. 1996. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. *Journal of Animal Science* **74** : 2566-2576.

Courchaine, J. K., Azain, M. J., Jones, R. D., Glaze, T. M. 1996. Use of Real-Time ultrasound in the early finishing phase to predict carcass composition at harvest. http://www.ads.uga.edu/annrpt/1996/96_255.htm

De Smet, S. M., Casteel, M., Van de Voorde, G., Van Oeckel. 1997. Approval of two methods of grading for pig carcasses in Belgium. Proceedings of the 48th Annual meeting of the European Association for animal production (p.388), 25-28 August 1997, Vienna.

De Smet, S. M., Pauwels, H., De Bie, S., Demeyer, D. I., Callewier, J., Eeckhout, W. 1996. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian slauhgtter pigs. *Journal of Animal Science* **74** : 1854-1863.

De Smet, S., Pauwels, H., Eeckhout, W., Demeyer, D. I., Vervaeke, I., De Bie, S., Van De Voorde, G., Casteels, M. 1992. Relationships between halothane sensitivity, carcass quality and meat quality in Belgian slaughter Pigs. In : *Pork quality, genetic and metabolic Factors*, Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen M., and Ellis, S., CAB International, Wallingford, 259-270.

Diestre, A. S., Kempster, A. J. 1985. The estimation of pig carcass composition from different measurements with special reference to classification and grading. *Animal Production* **41** : 383.

Fisher, A. V. 1997. A review of the technique of estimating the composition of livestock using the velocity of ultrasound. *Computer and electronics in Agriculture* **17** : 217-231.

Fujii, J., Otsu, K., Zorzato, F., De Leon, S., Khanna, V.K., Weiler, J. E., O'brien, P.J., Mac Lennan, D.H. 1991. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with Malignant Hyperthermia . *Science* **253** : 448-451.

Gresham, J. D., McPeake, S. R., Bernard, J. K., Henderson, H. H. 1992. Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements. *Journal of Animal Science* **70** : 631-639.

Gresham, J. D., McPeake, S. R., Bernard, J. K., Riemann, M. J., Wyatt, R. W., Henderson, H. H. 1994. Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan. *Journal of Animal Science* **72** : 1404.

Grobet, L., Hanset, R., Dasnois, C. 1992. Réponse au test à l'halothane et génotype au locus RYR1 du récepteur à la ryanodine chez des porcs croisés Piétrain. *Annal de Médecine Vétérinaire* **136** : 249-257.

Hanset, R., Dasnois, C., Scalais, S., Michaux, C., Grobet, L. 1995. Génotype au locus de sensibilité à l'Halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain X Large White. *Genetic Selection Evolution* **27** : 63-76.

Hanset, R., Dasnois, C., Scalais, S., Michaux, C., Grobet, L. 1995. Effet de l'introgression dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane. *Genetic Selection Evolution* **27** : 77-88.

Hanset, R., Scalais, S., Grobet, L. 1995. Du Piétrain classique au Piétrain résistant à l'halothane ou Piétrain Réhal. *Annal de Médecine Vétérinaire* **139** : 23-35.

Hulsegge, B., Pateman, G., Merkus G.S.M., Walstra, P. 1999. Choice of probing site for classification of live pigs using ultrasonic measurements. *Animal science* **68** : 641-645.

Larzul, C., Le Roy, P., Guéblez, A., Talmant, A., Gogué, J., Sellier, P., Monin, G. 1997. Effet of halothane genotype (nn, Nn, NN) on growth, carcass and meat quality traits of pigs harvested at 95 kg or 125 kg live weight. *Journal of Animal Breeding and Genetic* **114** : 309-320.

Leach, L. M., Ellis, M., Sutton, D. S., McKeith, F. K., Wilson, E. R. 1996. The growth performance, carcass characteristic, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *Journal of Animal Science* **74** : 934-943.

Leroy, P. L. and Verleyen, V. 1999a. Le porc Piétrain résistant au stress (ReHal) dans la filière porcine. In : Quatrième Carrefour des Productions Animales . Les démarches de qualité en production de viandes. Gembloux, 27 - 01. 39-40.

Leroy, P. L. and Verleyen, V. 1999b. The new stress negative Piétrain line developed at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Liège. AIVETs meeting, Brugge, Belgium, pp. 27-31.

Leroy, P. L., Beduin, J-M., Verleyen, V., Lebailly, P., Berti, F., 2001 : Les attentes des consommateurs, des nouveaux critères de sélection porcine. Carrefour des productions animales, Gembloux, 24-01-2001, 74-83.

Leroy, P.L. and Verleyen, V. 1999c. Performances of the Piétrain ReHal, the new stress negative Piétrain line. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich 22-26 August 1999, 161-164

Mallows, C. L. 1973. Some comments on $C(p)$. *Technometrics* 15 : 661.

McLaren D. G., Novakofski J., Parrett D. F., Lo L. L., Singh S. D., Neuman K. R., and McKeith, F. K. 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *Journal of Animal Science* 69: 54-66.

McLaren, D. G., McKeith, F. K, Novakofski J. 1989. Predictions of carcass characteristics and market weight from serial real-time ultrasound measures of back fat and loin area in the growing pig. *Journal of Animal Science* 67 : 1659.

Ministère des classes moyennes et de l'agriculture. 1999. Arrêté ministériel relatif au classement des carcasses de porcs. Moniteur belge. http://www.just.fgov.be/cgi/article_bod

O'Brien, P. J., Ball, R. O., McLennan, D. H. 1994. Effect of heterozygosity for the mutation causing porcing stress syndrome on carcass quality and live performance characteristics. In : Proc. 13th International pigs veterinary science cong., 26-30 June 1994, Bangkok, Thailand, 481.

Pommier, S. A., Houde, A. ; Rousseau, F., Savoie, Y. 1992. The effect of malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonuclease assay on carcass characteristics of commercial crossbred pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 72 : 973-976.

Rempel, W. E., Lu, M., Mickelson, J. R., Louis, C. F. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pigs performance and carcass quality traits. *Animal Science* 60 : 249-257

Robinson, D. L., McDonald, C. A., Hammond, K., Turner, J. W. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound : Assessment and accuracy of sonographers. *Journal of Animal Science* **70** : 1667.

Statistical Analysis Systems Institute. 1989 : SAS/STAT. User's guide (version 6, 4th Ed.). SAS. Inst.Inc.,Cary, NC, USA.

Sather, A. P., Bailey, D. R. C., Jones, S. D. M. 1996. Real-Time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality. *Canadian Journal of Animal Science* **76** : 55-62.

Sather, A. P., Jones, S. D. M., Tong, A. K. W. 1991a. Halothane genotype by weight interactions on lean yield from pork carcasses. *Canadian Journal of Animal Science* **71** : 633-643.

Sather, A. P., Murray, A. C., Zawadski, S. M., Johnson, P. 1991b. The effect of halothane gene on pork production and meat quality of pigs reared under commercial conditions. *Canadian Journal of Animal Science* **71** : 959-967.

Searle, R. 1971. Linear models. John Wiley and Sons INC. New York, London, Sydney, Toronto, 531p.

Simpson, S. P., Weeb, A. J. 1989. Growth and carcass performance of british Landrace pigs heterozygous at the halothane locus. *Animal Production* **49** : 503-509.

Smith, B. S., Jones, W. R., Hough, J. D., Huffman, D. L., Mikel, W. B., Mulvaney, D. R. 1992 : Prediction of carcass characteristics by Real-Time Ultrasound in barrow and gilts slaughtered at three Weights. *Journal of Animal Science*, **70** : 2304-2308.

Szabo, C., Babinszky, L., Verstegen, M. W. A., Vangen, O., Jansmann, A. J. M., Kanis, E. 1999. The application of digital imaging techniques in the in vivo estimation of the body composition of pigs : Review. *Livestock Production Science* **60** : 1-11.

Terry, C. A., Savell, J. W., Recio, H. A., Cross, H. R. 1989. Using ultrasound technology to predict pork carcass. *Journal of Animal Science* **67** : 1279.

Wittmann, W., Peschke, W., Littmann, E., Behringer, J., Birkenmaier, S., Dovic, P., Förester, M. 1993. Mast-und Schlachtleistungen von DL-Kastraten in Abhängigkeit von MHS-Genotyp. *Züchtungskunde*. **65** : 197-205.

Table 1 : Diet composition(g/kg unless otherwise stated)

Composition	10 days to 20 kg	20 kg to 35 kg	35 kg to slaughter
Crude protein	175	189	172
Total ashes	85	4	5
Lysine	12.5	11	9.5
3-phytase E-C.1.3.8 (FTU/kg)	500	500	200
Vitamin A (UI/ kg)	12000	10000	10000
Vitamin D3 (UI/ kg)	2000	2000	2000
Vitamin E (mg/kg)	53	60	80
Ether extract (5%)	6.4	5.7	4.9
Crude fibre	40	49	59
Phosphorus	5.8	4.6	4.6
Copper sulphate (mg/kg)	160	165	25

Table 2 : Means, standard deviations, minima and maxima of growth and carcass traits by halothane genotype

	Homozygote negative stress (CC)				Heterozygote negative stress (CT)				Homozygote positive stress (TT)			
	Means	s.d.	Minima	Maxima	Means	s.d.	Minima	Maxima	Means	s.d.	Minima	Maxima
Live weight (kg)												
Birth	1.90	0.59	0.80	3.32	1.97	0.57	0.76	3.50	1.92	0.56	0.78	3.58
weaning	27.67	4.37	23	33	28	6.34	16	40	27.23	6.34	16	40
Slaughter	103.76	10.76	75	137	103.51	12.42	66	147	103.18	12.76	67	134
Age (day)												
Weaning	26.05	3.2	16	34	26.18	2.92	17	36	26.16	2.98	18	34
Slaughter	210.12	15.02	190	260	213.20	14.5	188	261	214.8	18.7	187	259
Ultrasound												
UBFT (mm)	21.19	4.11	13.9	31.2	20.9	3.92	11.4	33.6	19.32	4.25	10.7	31.4
ULMD (mm)	52.35	4.62	42.1	64.1	52.52	5.26	39.45	68.4	53.74	6.88	36.8	69.1
ULMA (cm ²)	53.41	4.87	38.5	64	54.15	6.64	33.05	75.05	55.15	6.26	34.15	66.3
Carcass												
Length (cm)	80.93	8.15	61	89	80.48	10.2	65	90	79.5	6.8	62	85
CWT (kg)	86.1	8.97	62	113.8	85.82	10.32	55	122	85.5	10.67	55.6	111.6
LEAN (%)	64.14	4.08	52.8	69.8	64.1	3.85	53.4	71.7	66.63	3.57	58.4	72.9

UBFT : Ultrasound backfat thickness ; ULMD : Ultrasound longissimus muscle depth ; ULMA : Ultrasound longissimus muscle area

CWT : Hot carcass weight ; LEAN : carcass lean content ; s.d. : Standard deviation

Table 3: Analysis of variance, least-squares means and standard errors of carcass lean content by halothane genotype and sex

Sources of variation	Number †	Carcass lean content	
		Means (%)	Standard errors
Genotype		***	
CC	37	63.69a	0.58
CT	151	64.24a	0.31
TT	95	66.68b	0.42
Sex		***	
Gilt	157	66.51a	0.34
Barrow	161	63.23b	0.36

Means in the same column without the same letter differ significantly ($p < 0.05$)

**** Significant at $p < 0.001$*

† Genotype and sex of some pigs not recorded

Table 4: Correlation between live weight, carcass weight, carcass lean percentage and ultrasound measurements for halothane homozygote negative stress (CC)

Variables	CWT	LWT	UBFT	ULMD	ULMA
LEAN	0.014	0.015	-0.694 ***	0.356 *	0.210
CWT		0.999 ***	0.266	0.189	0.535 ***
LWT			0.266	0.187	0.539 ***
UBFT				-0.225	-0.002
ULMD					0.467 **

* Significant at $p < 0.05$

** Significant at $p < 0.01$; *** Significant at $p < 0.001$

UBFT : Ultrasound backfat thickness ; ULMD : Ultrasound longissimus muscle depth

ULMA : Ultrasound longissimus muscle area ; LWT : Live weight at slaughter

CWT : Hot carcass weight ; LEAN : carcass lean content.

Table 5: Correlation between live weight, carcass weight, carcass lean percentage and ultrasound measurements of halothane heterozygote negative stress (CT)

Variables	CWT	LWT	UBFT	ULMD	ULMA
LEAN	-0.140	-0.144	-0.481 ***	0.325 ***	0.221 *
CWT		0.999 ***	0.529 ***	0.338 ***	0.566 ***
LW			0.533 ***	0.338 ***	0.594 ***
UBFT				0.078	0.352 ***
ULMD					0.650 ***

* Significant at $p < 0.05$; ** Significant at $p < 0.01$

*** Significant at $p < 0.001$

UBFT : Ultrasound backfat thickness ; ULMD : Ultrasound longissimus muscle depth

ULMA : Ultrasound longissimus muscle area ; LWT : Live weight at slaughter

CWT : Hot carcass weight ; LEAN : carcass lean content.

Table 6: Correlation between live weight, carcass weight, carcass lean percentage and ultrasound measurements of halothane homozygote positive stress (TT)

Variables	CWT	LWT	UBFT	ULMD	ULMA
LEAN	-0.235 **	-0.236 **	-0.482***	0.408 ***	0.288**
CWT		0.999 ***	0.456 ***	0.314 **	0.597***
LW			0.455 ***	0.310 **	0.592 ***
UBFT				0.054	0.311 **
ULMD					0.703 ***

* Significant at $p < 0.05$; ** Significant at $p < 0.01$; *** Significant at $p < 0.001$

UBFT : Ultrasound backfat thickness ; ULMD : Ultrasound longissimus muscle depth

ULMA : Ultrasound longissimus muscle area ; LWT : Live weight at slaughter

CWT : Hot carcass weight ; LEAN : carcass lean content.

Table 7: Regression equations for predicting carcass lean content percentage by ultrasound measurements

	Sex	Number	Intercept	UBFT	ULMD	ULMA	R ²	RSD	C(p)
Overall data		284	65.48	-0.5	0.18	-	0.53	2.37	3
CC halothane genotype	Gilts	24	67.19	-0.57	0.18	-	0.79	2.04	3
	Barrows	13	64.96	-0.27	0.12	-	0.36	2.07	3
CT halothane genotype	Gilts	71	64.96	-0.27	0.12	-	0.35	2.17	3
	Barrows	81	64.95	-0.27	0.12	-	0.36	2.21	3
TT halothane genotype	Gilts	49	63.48	-0.33	0.19		0.49	2.06	3.17
	Barrows	46	59.76	-0.34	-	0.23	0.47	1.95	2.21

UBFT : Ultrasound backfat thickness ; ULMD : Ultrasound longissimus muscle depth

ULMA : Ultrasound longissimus muscle area ; R.S.D. : Residual standard deviation

A comparison of the Fat Lean Meter, the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Piétrain carcasses

A comparison of the Fat Lean Meter, the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Piétrain carcasses.

I. A. K. Youssao, V. Verleyen, C. Michaux and P. L. Leroy

University of Liege, Faculty of Veterinary Medicine, Biostatistic and animal selection, 20 Bd de Colonster, B 43, 4000 Liege, Belgium.

Publié dans *Livestock Production Science*. 2002 (In press).

A comparison of the Fat Lean Meter, the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Piétrain carcasses.

Abstract

A comparison of the Fat Lean Meter (CGM), the ultrasonic device Pie Medical 200 (PIE) and the Piglog 105 (SFK) for estimation of the carcass lean meat proportion was realized with 307 Piétrain and negative-stress Piétrain. The day before slaughter, carcass lean content was measured with two types of ultrasonic devices on the live animal: the Piglog 105 and the Pie Medical Scanner 200. The carcass lean meat content was estimated by CGM at the slaughterhouse. The effect of the machine was highly significant ($p < 0.001$) for the carcass lean measurements. The percentages of lean meat were 65, 65.7 and 63.9 % respectively for CGM, PIE and SFK ($p < 0.05$). The effect of the machine x genotype interaction was highly significant ($p < 0.001$). Regardless of the machine type, the carcass lean content increased from homozygote negative stress (CC) to heterozygote negative stress (CT) and from CT genotype to homozygote positive stress (TT). The effect of machine x sex interaction was also highly significant ($p < 0.001$). For each machine, gilts had more lean meat percentage than barrows ($p < 0.05$). The bias between each apparatus was significantly different according to the halothane genotype sensibility ($p < 0.01$), whereas the sex influenced only the difference between CGM and PIE lean meat content and the absolute value of this difference. The PIE and the SFK lean value overestimated the CGM lean, respectively from 52 to 67 % and from 52 to 65 % of CGM lean, whereas the PIE overestimated the SFK lean.

Keywords: Piétrain, carcass lean, Halothane, ultrasound, Fat Lean Meter

Comparaison entre le Capteur Gras-Maigre (CGM), l'appareil à ultrasons Pie Medical 200 (PIE) et le Piglog 105 dans l'estimation de la teneur en viande maigre de la carcasse du Piétrain.

Résumé

La comparaison du Capteur gras - maigre (CGM), du Pie Médical (PIE) et du Piglog 105 (SFK) dans l'estimation de la teneur en viande maigre (TVM) a été réalisée sur 307 Piétrain et Piétrain stress négatif. La veille de l'abattage, la teneur en viande maigre a été estimée à partir des appareils PIE et SFK. Sur la carcasse, l'estimation a été faite à partir du CGM à l'abattoir. La TVM a varié d'un appareil à l'autre ($p < 0,001$). Elle a été de 65, 65,7 et 63,9 %, respectivement pour le CGM, le PIE et le SFK. L'interaction entre le type d'appareil et le génotype de sensibilité à l'halothane a été significative sur la teneur en viande maigre ($p < 0,001$). Quelque soit le type d'appareil, la TVM augmente des homozygotes résistants au stress (CC) aux hétérozygotes résistants au stress (CT) et des génotypes CT aux homozygotes sensibles au stress (TT). L'interaction entre la machine et le sexe a été également significative ($p < 0,001$). Avec chaque appareil, les femelles ont été plus maigre que les mâles ($p < 0,05$). Les différences de maigre entre appareils ont été significativement différentes selon le génotype de sensibilité à l'halothane ($p < 0,01$) alors que le sexe n'a influencé que la différence de TVM du CGM et du PIE et la valeur absolue de cette différence. Le PIE et le SFK surestiment la TVM du CGM, respectivement de 52 à 67 % et de 52 à 65% de la TVM obtenue par le CGM, alors que le PIE surestime la TVM par rapport au SFK.

Mots-clés : Piétrain, Viande maigre, Halothane, Ultrasons, Capteur gras - maigre

5. A comparison of the Fat Lean Meter, the ultrasonic device Pie Medical 200 and the Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Piétrain carcasses.

5.1. Introduction

Ultrasonic techniques are routinely used for prediction of fat and muscle content in swine. Commercial producers are currently interested in the fat and lean composition of the live animal because carcass value programs have become the predominant pricing system for marketing swine. Ultrasonic techniques can be applied to live pigs as well as to carcasses and provide the basis of a uniform grading system for swine both before and after slaughter. Ultrasonic measurements of backfat thickness, longissimus dorsi depth and area are accurate and repeatable according to literature data (Busemann et al., 1991; McLaren et al., 1991; Hassen et al., 1999; Gresham, 2001; Youssao et al., 2002a). The lean meat content is usually estimated from carcass measurements of backfat thickness, longissimus depth and sometimes with longissimus area in the European Community and in Canada (Daumas et al., 1998; Pomar et al., 2001). Consequently, ultrasonic techniques have been used to predict the carcass lean content by real-time ultrasound in Piétrain and negative stress Piétrain *in vivo* (Youssao et al., 2002b). In Denmark, ultrasonic techniques for prediction of lean meat proportion of pig carcasses have already been approved (Busk and Olsen, 1996). Within the framework of the genetic improvement of breeding pigs, the Belgian federation of breeders use Piglog 105 (Manufactured by SFK, Soborg, Denmark) to estimate the carcass lean content in livestock farms (Fédération belge des éleveurs de porcs, 2000). In the Belgian slaughterhouses, the Fat Lean Meter (CGM) is routinely used to estimate the carcass lean content according to the European Community standards (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999).

The aim of this study was to evaluate the ability to estimate carcass lean meat proportion in live Piétrain pig using the Pie-Medical scanner 200 (PIE) and Piglog 105 (SFK) in comparison to the optical probe CGM (Fat Lean Meter)

5.2. Material and methods

5.2.1. Data

Negative stress Pietrain (halothane resistant), created by introgression of the N alleles of stress resistance from Large White into the Pietrain genome (Hanset et al., 1995a, 1995b et 1995c), were used. Data from 307 pigs including 148 gilts and 159 barrows were recorded from 2000 to 2001 at the experimental station of the Faculty of Veterinary Medicine at the University of Liege (Belgium). Halothane genotype of some pigs have not been recorded. The number of pigs according to halothane genotype were 41, 143 and 88, respectively for homozygote negative stress (CC), heterozygote negative stress (CT) and homozygote positive stress (TT). These pigs came from back-crosses BC5, BC6 and BC7, and BC7xBC7 crosses and were born from 42 sows and 21 boars. Piglets were weaned at 26 days, corresponding to the time of castration for males. Fattening began at an average age of 85 days. Pigs were grouped by 10 according to age, and fed *ad libitum*. The pigs were slaughtered at an average age of 213 days with an average weight of 101 kg. The day before slaughter, carcass lean content was measured *in vivo* with two types of ultrasonic devices: Piglog 105 (Manufactured by SFK, Soborg, Denmark) and Pie Medical Scanner 200 (Pie Medical equipment BV, Maastricht, The Netherlands).

The Piglog 105 is an A-mode ultrasound machine. The measurements to estimate the lean meat content of the animal were made at two predetermined anatomical points: (i) backfat between the 3rd and 4th last lumbar vertebrae, 7 cm from midline ; (ii) backfat and muscle longissimus thickness between the 3rd and 4th last ribs and 7 cm from the midline. Soja oil was used to obtain good contact between the probe and the skin surface. Pigs were immobilised in a scanning corridor to standardise the data collection procedure. The measurements were stored in the memory according to the animal number and transferred into a personal computer.

The Pie Medical Scanner 200 (B-mode) was equipped with an animal science probe (ASP-18) at a frequency of 3.5 MHz. Ultrasound images for measurements were taken in the live animal according to Youssao et al. (2002b). The selected images were transferred into a personal computer, according to the animal's identification number. Ultrasound

measurements of backfat thickness, longissimus muscle depth and longissimus muscle area were made using image analysis software from Pie Medical: Open Data Transfer (ODT) and Eview (Echo Image Viewer), version 1 (Pie Medical equipment BV, Maastricht, the Netherlands).

Prior to being transported to slaughterhouse, the animals were food deprived for 24 hours. The lean meat content was estimated by a CGM (Capteur Gras-Maigre) equipped with a 8 mm diameter Sydel probe with an infra-red photo-emitting diode and two photo-receivers. The carcasses were pricked by the probe in the left side of the carcass: first between the 2nd and 3rd last ribs (measuring point of reference) and then, between the 3rd and 4th last ribs (official measuring point), horizontally and perpendicularly at 6 cm from the plane of cutting. The lean meat content was calculated according to the recommendations of the Ministère des classes moyennes et de l'agriculture (1999).

5.2.2. Statistical analysis

The following sources of variation were recorded: machines (Pie Medical 200, Piglog 105 and CGM), halothane genotypes (homozygote negative stress (CC), heterozygote negative stress (CT) and homozygote positive stress (TT)) and sex (gilts and barrows). The following mixed linear model was adjusted to the carcass lean content data.

$$Y_{ijkl} = \mu + M_i + T_j + S_k + MT_{ij} + MS_{ik} + a_{ijkl} + e_{ijkl}$$

Y_{ijkl} carcass lean content of the pigs l , machine i , halothane genotype j and sex k ;

μ = overall means ;

M_i = fixed effect of the machine i

T_j = fixed effect of halothane genotype j ;

S_k = fixed effect of the sex k ;

MT_{ij} = fixed effect of machine x genotype interaction

MS_{ik} = fixed effect of machine x sex interaction

a_{ijkl} = random effect of the l^{th} animal within the j^{th} halothane genotype and k^{th} sex.

e_{ijkl} = residual errors.

The interaction between genotype and sex was not significant and was ignored in the final model. The data were analysed according to General Linear Model procedure (GLM) of

SAS (1989), then the least squares means were estimated and compared by the Student's test.

The differences (bias) and the absolute value of the differences between CGM and both of ultrasound devices were recorded. The differences and the absolute value of the difference between PIE and SFK were only indicative in this study. The General Linear Model procedure (GLM) of SAS (1989) were used for analysis of variance. The model included the fixed effects of genotype (CC, CT and TT) and sex (gilts and barrows). Least squares means and standard errors were calculated and compared by the student test. The interaction between genotype and sex was not significant and was dropped from the model. The following specific variables were analysed:

CGMPIEDIF = difference between CGM and PIE lean;
CGMSFKDIF = difference between CGM and SFK lean;
SFKPIEDIF = difference between SFK and PIE lean;
|CGMPIEDIF| = absolute difference between CGM and PIE lean;
|CGMSFKDIF| = absolute difference between CGM and SFK lean;
|SFKPIEDIF| = absolute difference between SFK and PIE lean.

The correlation between carcass lean content estimated by the machines were obtained by PROC CORR of SAS (1989).

Repeatability is defined as the correlation between repeated measures on the same animal. Repeatability the carcass lean content obtained from CGM, SFK and PIE was calculated as an intraclass correlation with the between-animal variance divided by the appropriate total variance. The pooled repeatability was calculated as follows :

$$t = \frac{Var(a)}{Var(a) + Var(e)}$$

Where, t = repeatability, $Var(a)$ = between-animal variance, $Var(e)$ = residual variance.

The sampling variance for intraclass correlation was calculated according to Falconer and Mackay (1996) :

$$Var(t) = \frac{2[1 + (n-1)t]^2(1-t)^2}{n(n-1)(N-1)}$$

Where, $\text{Var}(t)$ = variance of intraclass correlation, t = intraclass correlation, n = the number of repeated measurements, and N = number of animals.

To plot CGMPIEDIF or CGMSFKDIF against lean measured by CGM and SFKPIEDIF against lean measured by SFK, three regression equations were determined using PROC GLM of SAS (1989). These equations were used to identify the bias evolution according to the carcass lean estimated by machine type.

5.3. Results and discussion

Means, standard errors and ranges for carcass traits are presented in table 1. The average carcass weight was 84,8 kg and the estimated percentage of carcass lean content were 65.8, 65.2 and 65.2 % respectively for PIE, CGM and SFK. Results of variance analysis, least squares means and standard errors of the carcass lean content by machine, halothane genotype, sex, machine x genotype interaction and machine x sex interaction are listed in table 2. The effect of the machine was highly significant ($p < 0.001$) for the carcass lean measurements. The percentages of lean meat were 65, 65.7 and 63.9 % respectively for CGM, PIE and SFK ($p < 0.05$). All these measurements were significantly different from each other ($p < 0.05$). These comparisons were made between each apparatus without accounting for their accuracy. The effect of the machine type was reported in the literature (Sather et al., 1991 ; Stouffer, 1991 ; Hulsegge et Merkus, 1997 ; See, 2000). The prediction of lean meat proportion using Hennssy Grading Probe II (HGP II), Renco Lean-Meater (Renco, type 1 m-8 Renco corporation, Minneapolis, MB, USA) and Pie medical, showed a much better predictions from HGP device than Renco and Pie medical devices in terms of residual standard deviation (Hulsegge et Merkus, 1997). The Pie medical device just met the European Union requirement with a residual standard deviation of 24.9 g/kg (Hulsegge et Merkus, 1997). The required estimation of the lean meat proportion of carcasses, according to European Community regulations, is below 25 g/kg (European Union, 1985). The estimate of pork lean yield and lean percentage using the Hennessy Grading probe (HGP2), Destron (PG-100), CGM and CVT ultrasound probe equipped with two transducers (PCA-5049, 172 mm and PCB-5011, 125 mm) showed that the CVT with a short transducer presented the smallest residual standard deviation. The HGP probe was less accurate, but with a relatively weak difference. The CVT with a long transducer, CGM

and Destron followed by decreasing order of accuracy, with a significant difference between the Destron probe and the other measuring apparatus. The comparison of seven ultrasonic machines for *in vivo* estimation of pig carcass composition showed that the Meritronics, Velocity of sound and Piglog 105 were most accurate in predicting subcutaneous and intermuscular fat concentration (Yates et Owen, 1993). A comparative investigation of the application of ultrasound measurement (Piglog 105 and B-mode device) for prediction of the lean meat content in gilts showed that the lean meat content was estimated with a repeatability of 0.4 for Piglog 105 and 0.63 for B-mode device (Rosner et al., 2000). Consequently the authors did not recommend the use of Piglog to estimate the lean meat content in selection of gilts without prior correction of the calculation algorithm in the investigated populations.

The halothane genotype effect was highly significant ($p < 0.001$) on the carcass lean content. The lean percentage increased from CC to TT genotype, with CT being intermediate. The sex effect influenced the lean meat content ($p < 0.001$). The percentage of carcass lean of gilts was greater than that of barrows ($p < 0.05$). The effect of machine x genotype interaction was highly significant ($p < 0.001$) on the carcass lean estimation. For each machine, the higher carcass lean content values reflected the presence and number of the T allele. The effects of machine x sex interaction were also highly significant. For each machine, gilts had more lean meat percentage than barrows ($p < 0.05$). The results of this study agreed with those previously realised with the CGM by Youssao et al. (2002b) and Leroy et al. (1999) who observed that the percentage of carcass lean increased from CC to CT and from CT to TT genotype, with CT being intermediate, while gilt carcass lean values were greater than those for barrows. These results also confirm those of Hanset et al. (1995a, 1995b and 1995c) obtained from the carcass cutting. Regarding SKG II parameters, halothane carrier pigs were characterised by a higher lean content as compared to halothane negative ($p < 0.05$) and the lean content was significantly different between all three genotype groups (De Smet et al., 1992). Within the framework of the genetic improvement in Belgian pork production, the Belgian Federation of pig breeders used the piglog 105 for carcass lean content measurement and observed a lean meat content of 67.5 % in Piétrain gilts and 67.4 % in Piétrain barrows without a significant difference (Fédération belge des éleveurs de porcs, 2000). This result confirmed those of this study, when carcass lean measurements were taken with the Piglog 105 apparatus.

Analysis of variance, least squares means of the differences between machines, and their absolute values are presented in table 3 by halothane genotype and sex. For CGMPIEDIF, CGMSFKDIF and SFKPIEDIFF, halothane genotype effect was significant ($p < 0.001$). In CC and CT genotypes, the PIE machine overestimated the carcass lean content compared to CGM. Conversely, PIE machine underestimated ($p < 0.05$) the carcass lean content in the TT genotype. SFK machine overestimated the carcass lean meat compared to CGM only for the CC genotype. CGMSFKDIF were significantly greater in TT than in the CT and CC genotypes ($p < 0.05$). SFK underestimated the carcass lean content compared to PIE regardless of the halothane genotype. However, there was a significant difference between the SFKPIEDIF value of CC and those of the CT and TT genotypes ($p < 0.05$).

The halothane genotype significantly influenced $|CGMPIEDIF|$, $|CGMSFKDIF|$ and $|SFKPIEDIFF|$ ($p < 0.01$). The greatest magnitude was observed in CC and the smallest in the TT genotype for $|CGMPIEDIF|$ and $|SFKPIEDIFF|$ by contrast to the $|CGMSFKDIF|$ values. The CT genotype presented an magnitude intermediate between CC and TT genotypes. The sex influenced only the difference between the carcass lean percentage of CGM and PIE ($p < 0.001$) and the absolute value of this difference ($p < 0.01$). CGMPIEDIF was higher in gilts, whereas $|CGMPIEDIF|$ was higher in barrows ($p < 0.05$).

The correlation between carcass lean content from PIE and that from the CGM was 0.63 ($p < 0.05$). Greater correlation was observed between the CGM and the SFK ($r = 0.87$) and between PIE and SFK ($r = 0.74$). The bias between the lean content reported by CGM and PIE was highly correlated with the lean content reported by CGM ($r = 0.89$). The correlation between the CGMSFKDIF and CGM was 0.68 ($p < 0.001$). The difference between SFK and PIE lean presented a correlation of 0.46 ($p < 0.05$) with PIE and a high correlation with SFK lean. The repeatability for the carcass lean content obtained from CGM, SFK and PIE was 0.31 ± 0.09 . This low repeatability justify the biases between apparatus.

Three regression equations were obtained to predict of CGMSFKDIF, CGMSFKDIF and SFKPIEDIFF :

$$CGMPIEDIF = - 49.665 + 0.752 * CGMLEAN (R^2 = 0.85)$$

$$\text{CGMSFKDIF} = - 21.236 + 0.341 * \text{CGMLEAN} (R^2 = 0.65)$$

$$\text{SFKPIEDIFF} = - 49.009 + 0.71 * \text{SFKLEAN} (R^2 = 0.63)$$

The deviation between CGM and PIE lean plotted against CGM lean classes suggested that PIE lean was overestimated in comparison to CGM lean for pork in which CGM lean was between 52 to approximately 67 %, and underestimated if values were superior to approximately 67 % (figure 1). The plot of the difference between the CGM lean and SFK lean against CGM lean revealed that the SFK overpredicted the carcass lean in comparison to CGM from 52 to approximately 62 % and overpredicted beyond 62 % (figure 2). Finally, figure 3 shows that PIE overestimated the lean content in comparison to the SFK, but this overestimation decreased as the SFK lean meat increased.

5.4. Conclusion

The evaluation of the ability for lean meat percentage estimate using the ultrasonic devices Pie Medical 200 and Piglog 105 in comparison to CGM highlighted the existence of a significant difference between the apparatus. For each ultrasonic devices, this difference varies according to the halothane genotype and the sex. In spite of the difference between carcass lean content estimated by CGM and SFK, the SFK apparatus is officially used according to belgian federation of breeders to estimate the carcass lean content in livestock farms. Based on the results obtained during this study, the PIE lean was overestimated in comparison to CGM lean for pork in which CGM lean was between 52 to approximately 67 %, and underestimated if values were superior to approximately 67.

5.5. Acknowledgements

The authors thank J-L. Hornick, F. Farnir, J. D  tilleux, E. Davis, Xavier Browsers and CGRI (Commissariat Général aux Relations Internationales de la Communauté Wallonie Bruxelles) for their contribution.

5.6. References

Busemann, V.E., Krieter, J., Ernst, E., 1991. Möglichkeiten der schlachtkörperbewertung am lebenden schwein mit hilfe von ultraschallmessungen. *Züchtungskunde*, **63**, 375-384.

Busk, H., Olesen, E., 1996. Determination of percent meat in pig carcass with the autofom equipment. In Proc.47th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod., August 25-29, Lillehammer, Norway, 9p.

Daumas, G., Causeur, D., Dhorne, T., Schollhammer, E., 1998. Les méthodes de classement des carcasses de porc autorisées en France en 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 30, 1-6.

De Smet, S., Pauwels, H., Eeckhout, W., Demeyer, D. I., Vervaeke, I., De Bie, S., Van De Voorde, G., Casteels, M., 1992. Relationships between halothane sensitivity, carcass quality and meat quality in Belgian Slaughter Pigs. In : *Pork quality, genetic and metabolic Factors*, Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen M., and Ellis, S., CAB International, Wallingford, 259-270.

European Union, 1985. Determining the community scale for grading pig carcasses. EU document N° 2967/85.

Falconer, D. S., Mackay, T. F. C., 1996. *Introduction to quantitative genetic*. 4th edition. Longman Group: Harlow, 464 p.

Fédération Belge des éleveurs de porc, 2000. Rapport annuel - Stations de contrôle, Scheldewindeke, 34p.

Gresham, J.D., 2000. Study guide. Real-time ultrasound training conference beef cattle applications. University of Tennessee at Martin, USA, 24p.

Hanset, R., Dasnois, C., Scalais, S., Michaux, C., Grobet, L., 1995b. Génotype au locus de sensibilité à l'Halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain X Large White. *Genetic Selection Evolution* **27** (1), 63-76.

Hanset, R., Dasnois, C., Scalais, S., Michaux, C., Grobet, L., 1995c. Effet de l'introgression dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane. *Genetic Selection Evolution* **27** (1), 77-88.

Hanset, R., Scalais, S., Grobet, L., 1995a. Du Piétrain classique au Piétrain résistant à l'halothane ou Piétrain Réhal. *Ann. Méd. Vét.* **139**, 23-35.

Hassen, A., Wilson, D.E., Amin, V.R., Rouse, G.H., 1999. Repeatability of Ultrasound-Predicted Percentage of Intramuscular Fat in Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.*, **77**, 1335-1340.

Hulsegge, B. Merkus, G.S.M., 1997. A comparison of the optical probe HGP and ultrasonic devices Renco and Pie Medical for estimation of the lean meat proportion in pig carcasses. *Anim. Sci.*, **64**, 379-383.

Leroy, P.L., Verleyen, V., 1999 : Performances of the Piétrain ReHal, the new stress negative Piétrain line. In *Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition*, EAAP publication N°100, Zürich 22-26 August 1999, 161-164

McLaren, D.G., Novakofski, J., Parrett, D.F., Lo, L.L., Singh, S.D., Neuman, K. R., McKeith, F.K., 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.*, **69**, 54-66.

Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1999. Arrêté ministériel relatif au classement des carcasses de porcs. *Moniteur belge*. 1999, http://www.just.fgov.be/cgi/article_bod.

Pomar, C., Fortin, A., Marcoux, M., 2001. Estimation du rendement boucher et de la teneur en viande maigre des carcasses de porc à l'aide de différentes méthodologies de mesure de l'épaisseur du gras et du muscle dorsal. *Journées Rech. Porcine en France*, **33**, 63-69.

Rosner, F., Polten, S., Wicke, M., 2000. Comparison investigations about the application of ultrasound measurement (Piglog) for prediction of the lean meat content in gilts. Archiv fuer Tierzucht / Archives of Animal Breeding Heft 5 (2000). <http://www.fbn-dummerstorf.de/fbn/literatur/Archiv/abst52000.htm>

SAS, 1989 : SAS/STAT. User's guide (version 6, 4th Ed.). SAS. Inst.Inc., Cary, NC, USA.

Sather, A. P., Newman, J. A., Jones, S. D. M., Tong, A. K. W., Zawadski S. M., Colpitts G., 1991. The prediction of pork carcass composition using live animal echographic measurements from the Krautkramer USK7, Ithaca scanoprobe 731C and Aloka SSD-210DXII Echo Camera. Can. J. Anim. Sci., 71, 1001-1009.

See, M.T., 2000. Machine and technician effect ultrasonic measures of backfat and loin depth in swine. <Http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReport/2000/see1.htm>

Souffer, J. R., 1991. Using ultrasound to objectively evaluate composition and quality of livestock. In 21st Century concepts importante to meat-animal evaluation, Cornell University - Ithaca, NY, 49-54.

Yates, C.M. and Owen, M.G., 1993. Comparison of seven ultrasonic techniques for in vivo estimation of pig carcass composition. Anim. Prod., 56, 453.

Youssao, A. K. I., Verleyen, V., Leroy, P L., 2002a. Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. Ann. Méd. Vét., 146, 19-29.

Youssao, A. K. I., Verleyen, V., Leroy, P L., 2002b. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Piétrain and negative-stress Piétrain. Anim. Sci., (in press).

Table 1: Means, standard deviation, minima and maxima of carcass traits

Variables	Number	Means	Standard deviation	Minimum	Maximum
Live weight at slaughter (kg)	307	101	6.8	66	145
Age at slaughter (day)	307	212.1	15.1	186	260
Carcass weight (kg)	307	84.8	8.7	57	119
Carcass lean (%)					
PIELEAN	285	65.80	1.84	59.80	71.3
CGMLEAN	306	65.25	3.95	52.80	74.60
SFKLEAN	141	65.23	2.95	57.80	69.80
CGMPIEDIF	285	-0.67	3.36	-13.80	7.6
CGMSFKDIF	140	1.54	1.98	-2.7	4.9
SFKPIEDIF	120	-2.84	2.43	-8.10	1.3
CGMPIEDIF	285	2.58	2.24	0	13.80
CGMSFKDIF	138	1.97	1.34	0.1	4.5
SFKPIEDIF	120	3.01	2.21	0.1	8.1

CGMPIEDIF = difference between CGM and PIE lean;

CGMSFKDIF = difference between CGM and SFK lean;

SFKPIEDIF = difference between SFK and PIE lean;

|CGMPIEDIF| = absolute difference between CGM and PIE lean;

|CGMSFKDIF| = absolute difference between CGM and SFK lean;

|SFKPIEDIF| = absolute difference between SFK and PIE lean.

Table 2: Results of variance analysis, least squares means and standard errors of carcass lean by sources of variation

Source of variation	Number	Means	Standard error
Machine		***	
CGM	307	64,97a	0,18
PIE	306	65,68b	0,19
SFK	141	63.90c	0,29
Genotype		***	
CC	41	62,32a	0.45
CT	143	65,21b	0.23
TT	88	67,02c	0.26
Sex		***	
Gilt	148	65,64a	0,21
Barrow	159	64,05b	0,21
Machine x genotype		***	
CGM x CC	41	63.07a	0.42
CGM x CT	143	64.64b	0.22
CGM x TT	88	67.19c	0.29
PIE x CC	41	64.52b	0.43
PIE x CT	143	65.73d	0.23
PIE x TT	88	66.79c	0.29
SFK x CC	15	59.36e	1.2
SFK x CT	68	65.24bd	0.6
SFK x TT	58	67.09cd	0.67
Machine x sex		***	
CGM x F	148	66.47a	0.24
CGM x M	159	63.46b	0.25
PIE x F	147	66.35a	0.24
PIE x M	159	65.02c	0.27
SFK x F	67	64.11b	0.65
SFK x M	74	63.68b	0.65

Means in the same column without the same letter differ significantly ($p < 0.05$)

*** Significant at $p < 0.001$

Table 3: Results of variance analysis, least squares means and standard errors by genotype and sex for difference and absolute carcass lean difference between machines

Source	CGMPIEDIF		CGMSFKDIF		SFKPIEDIF		CGMPIEDIF		CGMSFKDIF		SFKPIEDIF	
	Means	SE	Means	SE	Means	SE	Means	SE	Means	SE	Means	SE
Genotype	**		**		**		**		NS		**	
CC	-1.38a	0.51	-0.79a	0.79	-7.01a	1.28	3.18a	0.36	1.00a	0.58	6.88a	1.09
CT	-1.37a	0.28	1.45b	0.39	-2.88b	0.73	2.75a	0.19	1.91ab	0.29	3.12b	0.63
TT	0.10b	0.36	2.45b	0.46	-2.19b	0.75	2.32a	0.25	2.46b	0.36	2.21b	0.65
Sex	***		NS		NS		**		NS		NS	
Gilt	0.09a	0.29	1.19a	0.43	-3.39a	0.52	2.28a	0.20	1.97a	0.32	3.55a	0.45
Barrow	-1.85b	0.32	0.89a	0.44	-4.66a	1.07	3.21b	0.22	1.62a	0.33	4.58a	0.92

CGMPIEDIF = difference between CGM and PIE lean;

CGMSFKDIF = difference between CGM and SFK lean;

SFKPIEDIF = difference between SFK and PIE lean;

|CGMPIEDIF| = absolute difference between CGM and PIE lean;

|CGMSFKDIF| = absolute difference between CGM and SFK lean;

|SFKPIEDIF| = absolute difference between SFK and PIE lean.

** Significant at $p < 0.01$

*** Significant at $p < 0.001$

NS: non significant ($p > 0.05$)

Means in the same column without a same letter differ significantly ($p < 0.05$)

Table 4: Correlation between machines lean and bias

	CGMLEAN	SFKLEAN	CGMPIEDIF	CGMSFKDIF	SFKPIEDIF
PIELEAN	0.63***	0.74***	0.08	0.36	0.46*
CGMLEAN		0.87***	0.89***	0.68***	0.79***
SFKLEAN			0.83***	0.24	0.94***
CGMPIEDIF				0.73***	0.82***
CGMSFKDIF					0.21

PIELEAN: lean measured by Pie Medical 200;

CGMLEAN: lean measured by Fat Lean Meter (CGM)

SFKLEAN: lean measured by Piglog 105

CGMPIEDIF = difference between CGM and PIE lean;

CGMSFKDIF = difference between CGM and SFK lean;

SFKPIEDIF = difference between SFK and PIE lean;

* *Significant at $p < 0.05$*

** *Significant at $p < 0.01$*

*** *Significant at $p < 0.001$*

Figure 1: Difference between CGM and PIE lean (CGMPIEDIF) plotted against lean measured by Fat Lean Meter (CGMLEAN)

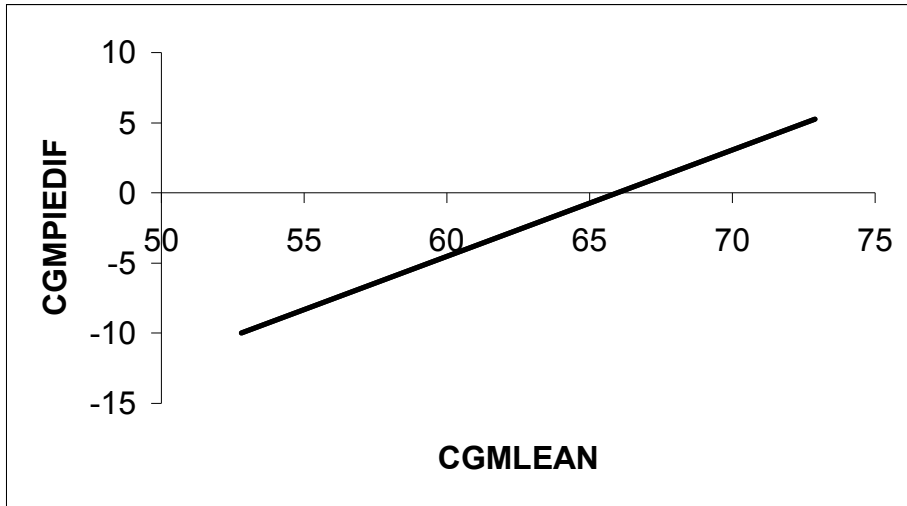


Figure 2: Difference between CGM and SFK lean (CGMSFKDIF) plotted against lean measured by Fat Lean Meter (CGMLEAN)

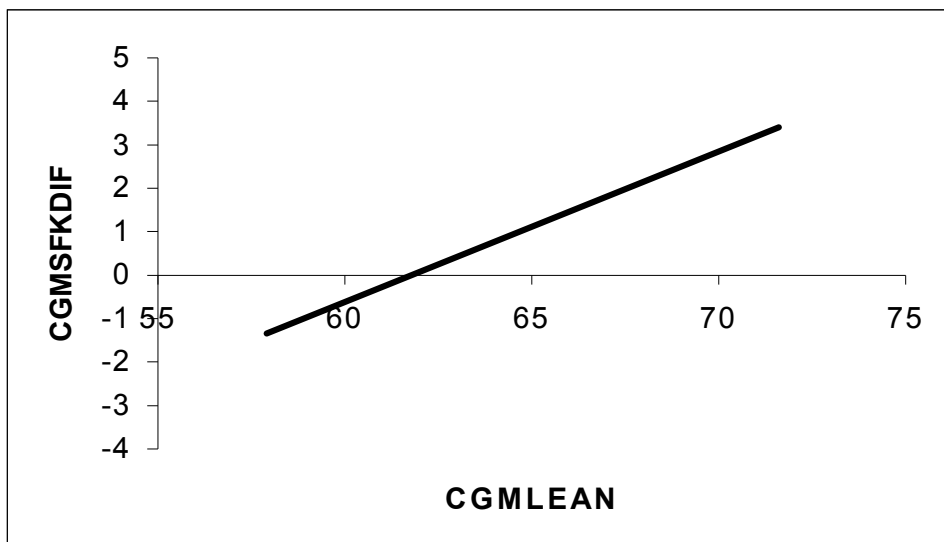
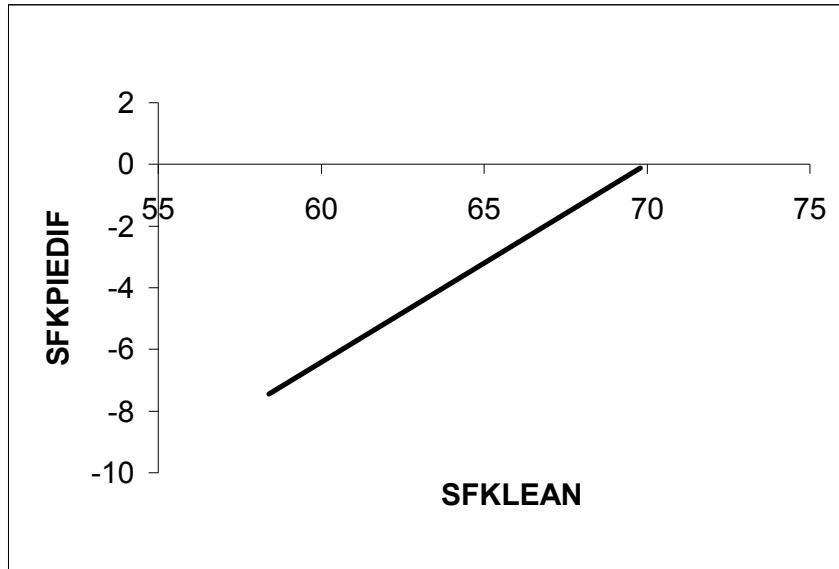


Figure 3: Difference between SFK and PIE lean (SFKPIEDIF) plotted against lean measured by Piglog 105 (SFKLEAN)



Evaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain

YOUSSAO I. ¹, VERLEYEN V. ¹, MICHAUX C. ¹, CLINQUART A. ², LEROY P.L. ¹.

¹ Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Département des productions animales, 20 Boulevard de Colonster, B43, 4000 Liège, Belgique

² Université de Liège, Faculté de Médecine Vétérinaire, Département des denrées alimentaires, 20 Boulevard de Colonster, B43 bis, 4000 Liège, Belgique

Publié aux Annales de Médecine Vétérinaire, 2002 (In press).

Evaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain

Résumé

Des mesures ultrasonographiques du gras intramusculaire du *longissimus thoracis* ont été réalisées sur 80 porcs Piétrain dont 42 femelles et 34 castrats avec le scanner Pie Medical 200 équipé d'une sonde ASP 18, de fréquence 3,5 Mhz. La teneur en gras intramusculaire a été estimée à partir de l'échogénicité musculaire. A la découpe, une tranche du muscle *longissimus thoracis* correspondant aux 12^e et 13^e côtes a été prélevée pour déterminer l'extrait étheré (EE). Les teneurs respectives ont été de 1,44, 1,37 et 1,15 % du muscle pour les homozygotes résistants au stress (CC), les hétérozygotes résistants au stress (CT) et les homozygotes sensibles au stress (TT). Le coefficient d'échogénicité représenté par le pourcentage de pixels blancs dans l'image échographique a été de 9,98, 8,75 et 7,79 % respectivement pour les CC, CT et TT. Les castrats ont présenté une teneur en EE et un pourcentage de pixels blancs supérieurs à ceux des femelles. Le coefficient de détermination (R^2) du modèle de prédiction du pourcentage d'EE à partir du pourcentage de pixels a été de 0,35 et l'écart quadratique moyen des erreurs a été de 0,26 %. Ces performances pourront être améliorées en utilisant l'accessoire de calibration de la sonde ASP-18 avant la prise d'images échographiques.

Evaluation by real-time ultrasound of intramuscular fat in Pietrain pig

Summary

Real-time ultrasound data collection, consisting specifically of *longissimus thoracis* muscle echogenicity, was carried out on 80 Pietrain pigs (42 gilts and 34 barrows) using the Pie Medical scanner 200 equipped with an ASP-18 probe and 3.5 MHz to predict intramuscular fat. Two ribs thickness (12th and 13th ribs) was excised from the *longissimus thoracis* muscle for subsequent ether extract value (EE) determination. The percentage of white pixels in the ultrasound image were related to EE percentage. The EE percentages were 1.44, 1.37 and 1.15 % respectively for the homozygous stress-negative Pietrain (CC), heterozygous stress-negative Pietrain (CT) and homozygous stress-positive Pietrain (TT) individuals. The percentage of white pixels in the *longissimus thoracis* images were 9.98, 8.75 and 7.79 % respectively for CC, CT and TT genotypes. The barrows had an higher intramuscular fat and white pixel percentage than the gilts. The determination coefficient (R^2) of the EE prediction model originating from the white pixels percentage was 0.35 with a root mean squared error of 0.26 %. These performance could be potentially improved using the calibration phantom of the ASP-18 probe, before taking images.

6. Evaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain

6.1. Introduction

Le gène de sensibilité à l'halothane est étroitement lié dans l'expression de l'hypertrophie musculaire et de la qualité de la viande du Piétrain. L'allèle n a un effet positif sur la conformation et la composition de la carcasse et un effet négatif sur la résistance au stress et la qualité de la viande exprimée en terme d'acidité, de couleur, de consistance, de tendreté et de saveur. Dans le souci d'améliorer les défauts et de maintenir les atouts du Piétrain, une nouvelle lignée a été créée à la station expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège par l'introgession de l'allèle N du Large White dans le génome Piétrain (Hanset *et al.*, 1995a ; 1995b ; 1995c). Depuis 1999, des croisements entre les hétérozygotes non sensibles à l'halothane provenant du 7^e back-cross ont donné trois génotypes : le Piétrain homozygote stress négatif (Piétrain CC ou NN), le Piétrain hétérozygote stress négatif (Piétrain CT ou Nn) et le Piétrain stress positif (TT ou nn) (Leroy *et al.*, 1999a ; 1999b). Le Piétrain stress négatif issu des 5^e au 7^e back-cross a une teneur en viande maigre proche de celle du Piétrain classique (Youssao *et al.*, 2002b).

Pour améliorer davantage les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande du Piétrain stress négatif, des mesures de la qualité de la carcasse et des analyses chimiques, technologiques et organoleptiques de la viande sont nécessaires. La sélection basée sur le performance-test de l'animal n'étant pas possible, elle devrait se baser sur le *progeny-test*. L'ultrasonographie offre la possibilité de sélectionner des animaux vivant sur la base de la qualité de la viande. Récemment, plusieurs études ont établi des équations de prédiction de la composition chimique (lipides, énergie, protéines, minéraux, matière sèche et eau) de la viande du porc à partir du poids vif et de l'épaisseur du lard dorsal (Dourmad *et al.*, 2001). Des logiciels récents ont été également développés aux Etats-Unis pour améliorer la prédiction *in vivo* du gras intramusculaire sur des animaux de production et des études comparatives ont été réalisées entre ces logiciels sur la base de la prédiction du gras intramusculaire chez le bovin (Amin *et al.*, 1997 ; Herring *et al.*, 1998). Pour le même logiciel, plusieurs modèles différents ont été développés en vue d'améliorer la précision (Hassen *et al.*, 2001). Chez le porc, peu d'études ont été réalisées sur la prédiction du gras

intramusculaire au départ de l'ultrasonographie (Sather *et al.*, 1996 ; Villé *et al.*, 1997). Cet article vise à étudier la faisabilité et la précision de la prédiction du gras intramusculaire chez le Piétrain stress négatif et le Piétrain classique par l'ultrasonographie en temps réel.

6.2. Matériel et méthodes

Les données de 80 porcs dont 42 femelles et 34 castrats, provenant de BC5 à BC8 ont été enregistrées d'octobre 2000 à avril 2002 à la station expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l'Université de Liège. Le sevrage des porcelets est intervenu à 26 jours, moment de la castration des mâles. L'engraissement a débuté à un âge moyen de 85 jours. Les animaux ont été élevés par groupe de 10, choisis en fonction de l'âge et ont reçu une alimentation distribuée *ad libitum*. La composition de l'aliment pour le démarrage et pour l'engraissement est donnée dans le tableau I. Les animaux engraisés ont été abattus à un âge moyen de 213 jours et à un poids moyen de 107 kg.

La veille de l'abattage, des images échographiques ont été prises sur chaque animal à l'aide du Scanner Pie Medical 200 (*Pie Medical equipment BV, Maastricht, Netherlands*) équipé d'une sonde « *animal science* » de 18 cm de long (ASP18) et de fréquence 3,5 Mhz. Ces images ont été prises au niveau des 10^e à la dernière côte, perpendiculairement à l'axe de la colonne vertébrale, à une distance de 6 cm de celle-ci. Cette localisation a été choisie en raison de son repérage facile à la palpation qui minimise les variations liées au site de mesure. Une fois délimitée, la zone a été nettoyée et aspergée d'huile végétale afin d'assurer un contact étroit et d'éviter la présence de bulles d'air échogènes entre la sonde et la peau de l'animal. Les animaux ont été maintenus calmes et immobiles lors de la prise d'images. Celles qui ont été retenues répondaient à des critères clairement définis : couches du lard dorsal parfaitement visibles, épaisseur et surface du muscle *longissimus thoracis* bien délimitées, et faibles artefacts résultant de la présence de corps étrangers entre la peau de l'animal et la sonde (air, poils, souillures diverses, etc.) ou résultant d'un contact insuffisant. La teneur en gras intramusculaire a été estimée à partir du pourcentage de « pixels blancs » d'une portion homogène de l'image échographique du muscle *longissimus thoracis*. Cette portion a été appelée ROI (*region of interest box area*) par Amin et collaborateurs (1997). En effet, une image échographique est un étalement bidimensionnel de pixels auxquels est attribué une des deux valeurs de brillance noire ou blanche. Le

pourcentage de « pixels blancs » dans une portion musculaire de l'image renseigne sur un niveau de gris qui peut être relié au pourcentage de matière grasse du muscle. L'image longitudinale de la région dorso-lombaire permettant la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire du Piétrain est donnée à la figure 1. Deux images échographiques ont été prises successivement sur chaque animal. Le pourcentage de « pixels blancs » contenus dans la ROI de chaque image a été calculé par le QUIP Index (*Quality Ultrasound Index Program*) (Gresham, 1996).

Vingt quatre heures après l'abattage, le pourcentage en viande maigre a été estimé par le Capteur Gras/Maigre (CGM, Sydel), appareil agréé pour la classification européenne des carcasses de porc en Belgique et selon la procédure décrite par De Smet et collaborateurs (1997). A la découpe, une tranche du muscle *longissimus thoracis* d'épaisseur correspondant aux côtes 12^e et 13^e a été prélevée et congelée (-20°C) jusqu'au jour de la détermination de l'extrait éthéré suivant la norme internationale ISO 1443 (Organisation Internationale de Normalisation, 1973). La détermination de la teneur en matière grasse a été réalisée deux fois pour chaque échantillon.

Analyses statistiques

Pour l'analyse des données, les moyennes des mesures répétées d'extrait éthéré et d'échogénicité musculaire ont été considérées. Deux facteurs de variation ont été enregistrés : le génotype de résistance à l'halothane (CC, CT et TT) et le sexe (castrat et femelle). Le modèle linéaire fixe suivant a été ajusté aux données :

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + e_{ijk}$$

Où

Y_{ijk} est le pourcentage d'extrait éthéré ou le pourcentage de pixels blancs du muscle *longissimus thoracis* du k^e porc, de génotype i et de sexe j ;

μ = moyenne générale ;

T_i = effet fixe du génotype i de sensibilité à l'halothane (3 classes : CC, CT et TT);

S_j = effet fixe du sexe j (2 classes : femelle et castrat) ;

e_{ijk} = effet résiduel aléatoire.

Les interactions entre ces différents facteurs de variation n'étant pas significatives, elles ont été ignorées. L'effet du numéro de back-cross sur le pourcentage d'extrait éthéré (EE) ou de pixels blancs du muscle *longissimus thoracis* n'a pas été significative et a été également ignoré. Les données ont été analysées par le SAS (Statistical Analysis System, 1989). L'analyse de la variance a été obtenue par la procédure GLM (*General Linear Models Procedure*). Les moyennes moindres carrés ont été estimées et comparées par le test de t. Les corrélations entre le poids vif (PV), la teneur en viande maigre (TVM), l'épaisseur du lard dorsal (ELD) et les pourcentages d'extrait éthéré (EE) et de « pixels blancs » (PB) ont été réalisées par la procédure *Proc corr* du SAS. Enfin, la procédure GLM a été utilisée pour développer le modèle de prédiction de l'EE à partir du pourcentage de « pixels blancs » des images échographiques du muscle *longissimus thoracis*. L'efficacité du modèle développé a été estimée par le coefficient de détermination (R^2) et de l'écart quadratique moyen des erreurs (RMSE) décrit par Herring et collaborateurs (1994).

6.3. Résultats

L'effectif, la moyenne, la déviation standard, le minimum et le maximum des caractéristiques étudiées sont donnés au tableau II. L'épaisseur du lard dorsal, le poids chaud de la carcasse et la teneur en viande maigre ont été respectivement de 17,7 mm, 88,3 kg et 63,9 %. Le pourcentage de gras intramusculaire a été de 1,29 %, correspondant à un pourcentage de « pixels blancs » de 8,6 %.

6.3.1. Influence du gène de sensibilité à l'halothane

Les résultats de l'analyse de variance et les moyennes des moindres carrés sont donnés au tableau III. Le génotype de résistance à l'halothane a influencé significativement la teneur en EE ($p < 0,05$). Les homozygotes résistants au stress (CC) ont présenté une teneur en EE de 1,44 %. Cette teneur a été significativement supérieure à celle des homozygotes sensibles au stress (TT) ($p < 0,05$). Les hétérozygotes résistants au stress ont présenté des teneurs intermédiaires (1,37 %) non significativement différentes des homozygotes. Le gène de sensibilité à l'halothane n'a pas, par contre, eu un effet significatif sur le pourcentage de pixels blancs. Toutefois, ce pourcentage tend à augmenter avec le nombre

de l'allèle C. Il a été de 7,79, 8,75 et 9,98 %, respectivement pour les génotypes TT, CT et CC.

6.3.2. Influence du sexe

Le sexe a eu un effet significatif sur la teneur en EE ($p < 0,001$) et sur le pourcentage de pixels blancs ($p < 0,001$) (tableau III). Les castrats ont une teneur en EE et un pourcentage de pixels supérieurs à ceux des femelles ($p < 0,05$).

6.3.3. Relation entre les caractéristiques de la carcasse

Les corrélations entre EE, PB, ELD, TVM et PV sont données au tableau IV. La corrélation entre les pourcentages d'EE et de PB a été de 0,59 ($p < 0,001$). L'EE a été négativement et significativement corrélé avec la teneur en viande maigre ($r = -0,64$; $p < 0,001$). Les corrélations entre EE (ou PB), ELD et PV n'ont pas été significatives.

6.3.4. Prédiction du pourcentage d'extrait éthéré

Le modèle de prédiction de l'EE sur la base du PB a été déterminé par sexe et pour l'ensemble des données. Les paramètres des différentes équations sont donnés au tableau V. Le coefficient de détermination et l'écart quadratique moyen des erreurs ont été : 0,35 et 0,26% pour l'ensemble des données (figure 2). Pour les mâles, l'erreur quadratique diminue à 0,24 % alors que le R^2 augmente à 0,36 par rapport aux valeurs correspondantes obtenues ; pour l'ensemble des données. Par contre chez les femelles, seule l'erreur quadratique a diminué légèrement de 1 %.

6.4. Discussion

Contrairement aux bovins, la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire par ultrasonographie a été peu étudiée chez le porc. La plupart des modèles existants dans la littérature sont spécifiques aux bovins (Izquierdo *et al.*, 1996 ; Herring *et al.*, 1998 ; Hassen *et al.*, 2001 ; Youssao *et al.*, 2002a). Chez le porc, Villé et collaborateurs (1997) ont prédit le pourcentage de gras intramusculaire à partir du pourcentage de pixels blancs

des ROI obtenus sur des images prises par un appareil à ultrasons (*Toshiba Sonolayer*). De leur étude, il ressort que les valeurs du pourcentage de « pixels blancs » ont été de 15,5, 19,2 et 14,8 %, respectivement pour trois lignées de porcs belges. Ces valeurs correspondent respectivement aux pourcentages d'EE de 1,15, 1,44 et 1,27 %. Elles sont similaires à celles obtenues dans la présente étude ; mais inférieures à celles obtenues par Villé et collaborateurs (1997).

Le génotype de sensibilité à l'halothane influence la teneur en gras intramusculaire chez le Piétrain. Les homozygotes CC ont une teneur en gras plus élevée que les homozygotes TT, alors que les CT ont une teneur intermédiaire. Les résultats de cette étude confirment ceux de De Smet et collaborateurs (1992), Leach et collaborateurs (1996), Kortz et collaborateurs (2000) et Miller et collaborateurs (2000). Une étude antérieure réalisée sur 26 porcs a comparé les paramètres de qualité de la viande du Piétrain stress négatif au stade 63/64 (BC5) à ceux du Piétrain classique. Il ressort de cette étude que le Piétrain stress négatif a un pourcentage de gras intramusculaire plus élevé (1,7 %) que celui du Piétrain classique (1,5 %) (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1998).

La corrélation entre le pourcentage d'EE et l'ELD est non significative et confirme les résultats de Villé et collaborateurs (1997). La sélection des porcs sur la base de leur teneur en EE peut donc se faire sans influencer l'épaisseur du lard dorsal. La corrélation entre les pourcentages d'EE et de pixels blancs est positive et très significative et confirme celle observée par Sather et collaborateurs (1996). La corrélation entre les pourcentages d'EE (ou PB) et la TVM est par contre, négative mais reste très significative. Les corrélations entre le pourcentage de gras intramusculaire et la TVM des races porcines allemandes varient de -0,33 à -0,59 ; elle est de -0,52 chez le Piétrain (Baulin *et al.*, 2000). Ces différentes corrélations sont voisines de celle observée dans cette étude. Les femelles ont une TVM plus élevée que les castrats (Youssao *et al.*, 2002b) et les castrats ont en revanche une teneur en gras intramusculaire plus élevée que les femelles. Une amélioration du pourcentage de gras intramusculaire augmenterait la qualité organoleptique de la viande. Un équilibre entre la TVM et le pourcentage d'EE est souhaitable dans les prochains programmes de sélection.

La prédiction de la teneur en EE à partir du pourcentage de pixels blancs a donné des R^2 compris entre 0,31 et 0,43 (Villé *et al.*, 1997). Avec un appareil à ultrasons Aloka 500 V (*Corometrics Medical Systems, Wallingford, Connecticut*), le coefficient de détermination est de 0,33 si le pourcentage de « pixels blancs » seul est utilisé dans le modèle de prédiction (Ragland *et al.*, 1997). Ce coefficient est de 0,34 si le sexe est ajouté dans le modèle de prédiction ou de 0,38 en incluant l'épaisseur du lard dorsal (Ragland *et al.*, 1997). Ces valeurs de R^2 sont voisines de celles observées dans le cadre de la présente étude. Une légère amélioration a été observée en développant les modèles de prédiction par sexe. Par contre, en ajoutant l'épaisseur du lard dorsal dans l'équation de prédiction de la présente étude, le R^2 ne s'améliore pas et l'écart quadratique moyen des erreurs augmente. Des valeurs de R^2 variant de 0,65 à 0,75 ont été obtenues en utilisant des logiciels récemment développés aux Etats-Unis pour améliorer la précision de la prédiction des modèles de prédiction du gras intramusculaire chez le bovin (Izquierdo *et al.*, 1996 ; Herring *et al.*, 1998 et Hassen *et al.*, 2001 ; Youssao *et al.*, 2002b). Ces valeurs sont largement au-dessus de celles observées dans la présente étude. Le QUIP Index de l'échographe *Pie Medical* utilisé dans cette étude fait partie de ces nouveaux programmes récemment développés aux Etats-Unis. Malheureusement, il nécessite une calibration de la sonde ASP-18 à l'aide d'un accessoire spécifique (*calibration phantom*), étape qui n'a pas été réalisée. En outre, les faibles valeurs de R^2 obtenues pourraient aussi être dues à la faible teneur en gras intramusculaire du Piétrain par rapport aux autres races porcines et aux races bovines des USA. Il est très probable que de si faibles teneurs en gras intramusculaire augmentent fortement l'implication d'autres interfaces histologiques échogènes tels que celles résultant de la superposition des muscles avec les vaisseaux sanguins, les nerfs ou le tissu conjonctif. Le logiciel utilisé a été conçu à partir des caractéristiques de la carcasse et de la qualité de la viande des bovins et des porcs américains. Vu la faible variation du pourcentage de gras intramusculaire du Piétrain, un logiciel et un modèle appropriés seront nécessaires pour les prochains programmes de prédiction. De nouveaux échographes récemment mis sur le marché pourraient améliorer la précision des mesures.

6.5. Conclusion

L'évaluation de la teneur en extrait étheré du Piétrain a permis de mettre en évidence l'effet du génotype de sensibilité à l'halothane. Les homozygotes résistants au stress (CC) ont une teneur en EE supérieure à celle des homozygotes sensibles au stress (TT), alors que les hétérozygotes résistants au stress (CT) ont donné des valeurs intermédiaires. Le pourcentage de pixels blancs du muscle *longissimus thoracis* n'a pas été influencé par le génotype de sensibilité à l'halothane. Toutefois, ce pourcentage tend à augmenter avec la présence et le nombre de l'allèle C. En outre, les mâles ont une teneur en gras intramusculaire plus élevée que les femelles. Les résultats de cette étude indiquent qu'il est possible d'estimer le pourcentage de gras intramusculaire par l'ultrasonographie en temps réel chez le porc. Toutefois, la précision de la prédiction est liée à la calibration de la sonde ASP-18 par l'utilisation de l'appareillage spécifique (*calibration phantom*) avant la collecte des images échographiques. Tenant compte de la faible variation du pourcentage de gras intramusculaire du Piétrain, un logiciel et un modèle appropriés seront nécessaires pour les prochains programmes de prédiction. L'utilisation de l'ultrasonographie en temps réel pourra permettre de sélectionner des animaux d'élevage en fonction de la teneur en gras intramusculaire sans qu'il soit nécessaire de les abattre ou d'attendre les résultats des mesures effectuées sur la descendance si la précision est améliorée.

6.6. Remerciements

Les auteurs remercient G. Degand, B. Leroy, J. Thimister, J-L. Hornick, F. Farnir, J. Detilleux, E. Davis et le Commissariat Général aux Relations Internationales de la Communauté Wallonie - Bruxelles pour leur contribution.

6.7. Bibliographie

AMIN V., WILSON D.E., ROUSSE G., USOFT H. An ultrasound image analysis software for beef quality research. Beef Research Report, A. S. Leaflet R1437, Iowa State Univ., Ames, 1997, 41-47.

BAULIN U., KOHLER P., KALLWEIT E., BRADE W. Intramuscular fat content in some native German pig breeds. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich (22-26 August 1999), 2000, 161-164.

DE SMET S. M., CASTEEL M., VAN DE VOORDE G., VAN OECKEL. Approval of two methods of grading for pig carcasses in Belgium. Proceedings of the 48th Annual meeting of the European Association for animal production (p.388), 25-28 August, 1997, Vienna.

DE SMET S., PAUWELS H., EECKHOUT W., DEMEYER D. I., VERVAEKE I., DE BIE S., VAN DE VOORDE G., CASTEELS M. Relationships between halothane sensitivity, carcass quality and meat quality in Belgian Harvest Pigs. In : Puolanne E., Demeyer D.I., Ruusunen M. and Ellis S. (Eds.), Pork quality, genetic and metabolic factors. CAB International : Wallingford, 1992, 259-270.

DOURMAD J.Y., ETIENNE M., NOBLET J. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *Prod. Anim.*, 2001, **14**, 41-50.

GRESHAM J. D. Introduction to characterization of live beef muscle tissue by use of the Pie 200 scanner quality indexing program : An automated system for estimating quality grade of beef animals. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment : Tequesta, 1996, 10 p.

HANSET R., DASNOIS C., SCALAIS S., MICHAUX C., GROBET L. Effet de l'introgession dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane. *Genet. Sel. Evol.*, 1995c, **27**, 77-88.

HANSET R., DASNOIS C., SCALAIS S., MICHAUX C., GROBET L. Génotype au locus de sensibilité à l'Halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain X Large White . *Genet. Sel. Evol.*, 1995b, **27**, 63-76.

HANSET R., SCALAIS S., GROBET L. Du Piétrain classique au Piétrain résistant à l'halothane ou Piétrain Réhal. *Ann. Méd. Vét.*, 1995a, **139**, 23-35.

HASSEN A., WILSON D.E., AMIN V.R., ROUSSE G.H., HAYS C.L. Predicting percentage of intramuscular fat using two types of real-time ultrasound equipment. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79**, 11-18.

HERRING W.O., KRIESE L. A., BERTRAND J.K., CROUCH J. Comparison of four real-time ultrasound systems that predict intramuscular fat in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 1998, **76**, 364-370.

HERRING W.O., MILLER D.C., BERTRAND J K., BENYSHEK L. L. Evaluation of machine, technician, and interpreter effect on ultrasonic measures of back fat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 2216-2226.

IZQUIERDO, M. V., AMIN V., WILSON D.E., ROUSE G. H. Models to predict intramuscular fat percentage in live beef animals using real-time ultrasound and image parameters : Report on data from 1991-1994. Beef Research Report. Iowa State University, Ames, 1996, 3-6.

KORTZ J., KAPELANSKI W., GRAJEWSKA S., KURYL J., BOCIAN M., RYBARCZYK A. Meat quantity to meat quality relationships when the RYR1 gene effect is eliminated. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich (22-26 August 1999), 2000, 161-164.

LEACH L. M., ELLIS M., SUTTON D. S., MCKEITH F. K., WILSON E. R. The growth performance, carcass characteristic, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 934-943.

LEROY P. L., VERLEYEN V. The new stress negative Piétrain line developed at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Liège. AIVETs meeting, Brugge, Belgium, 1999b, 27-31.

LEROY P. L., VERLEYEN V. Le porc Piétrain résistant au stress (ReHal) dans la filière porcine. In : Quatrième Carrefour des Productions Animales . Les démarches de qualité en production de viandes. Gembloux, 27 - 01, 1999a, 39-40.

LEROY P.L., VERLEYEN V. Performances of the Piétrain ReHal, the new stress negative Piétrain line. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich (22-26 August 1999), 2000, 161-164.

MILLER K.D., ELLIS M., McKEITH F.K., WILSON E.R. Influence of sire line and halothane genotype on growth performance, carcass characteristics, and meat quality in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 2000, 80, 319-327.

MINISTERE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE, ADMINISTRATION RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT. Piétrain Réhal. Ministère des classes moyennes et l'agriculture : Bruxelles, 1998, 32 p.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. Viande et produits à base de viande – Détermination de la teneur en matière grasse totale. N°: ISO 1443-1973 (F), 1973, 2 p.

RAGLAND K.D., BRONDUM J., CHRISTIAN L.L. Prediction of intramuscular fat in live swine using real-time ultrasound. 1997 National Swine Improvement Federation, Proceedings. <http://mark.asci.ncsu.edu/nsif/97proc/ragland.htm> consulté le 26/10/01.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1989 : SAS/STAT. User's guide. Version 6. 4th Ed. SAS. Inst.Inc. : Cary, 846p.

SATHER A. P., BAILEY D.R.C., JONES S.D.M. Real-Time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 1996, 76, 55-62.

VILLE H., ROMBOUTS G., VAN HECKE P., PERRMANS S, MAES G., SPINCEMAILLE G., GEERS R. An Evaluation of Ultrasound and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy to Measure *In Vivo* Intramuscular Fat Content of Longissimus Muscle of Pigs. *J. Anim. Sci.* 1997, 75, 2942-2949.

YOUSSAO A.K.I., VERLEYEN V., LEROY P.L. Évaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. *Ann. Méd. Vét.*, 2002a, **146**, 19-29.

YOUSSAO, A. K. I., VERLEYEN, V., LEROY, P L. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain. *Anim. Sci.* 2002b, **75**, 25-32.

Tableau I : Composition de l'aliment complet pour porcelets et porcs à l'engrais

Composition	10 jours à	20 kg à	35 kg à la
	20 kg	35 kg	finition
Protéine brute (%)	17,5	18,9	17,2
Cendres brutes (%)	8,5	4	5
Lysine (mg/g)	1,25	1,1	0,95
3-PhytaseE-C.1.3.8 (FTU/kg)	500	500	200
Vitamine A (UI/kg)	12000	10000	10000
Vitamine D3 (UI/kg)	2000	2000	2000
Vitamine E (mg/kg)	53	60	80
Matière grasse brute (%)	6,4	5,7	4,9
Cellulose brute (%)	4	4,9	5,9
Phosphore (%)	0,58	0,46	0,46
Sulfate de cuivre (mg/kg)	160	165	25

Tableau II : Moyennes, déviations standard (D.S.), minima et maxima du poids et des caractéristiques de la carcasse et de la viande.

Variable	Nombre	Moyenne	D. S.	Minimum	Maximum
Poids au sevrage (kg)	80	27,5	4,2	22	32
Poids à l'abattage (kg)	76	107,7	11,8	84,9	133,4
Epaisseur du lard dorsal (mm)	80	17,7	2,7	10,2	22,9
Poids chaud de la carcasse (kg)	76	88,3	9,7	69,6	109,4
Teneur en viande maigre (%)	76	63,9	5,2	51,8	72,5
Gras intramusculaire (%)	80	1,29	0,65	0,59	3,72
Pixels blancs (%)	80	8,63	3,27	2,14	18,19

Tableau III : Résultats de l'analyse de variance, moyennes des moindres carrés et erreurs standard (E.S.) des pourcentages d'extrait étheré et de pixels blancs par génotype et par sexe

Sources de variation	Effectif	Extrait étheré (%)		Pixels blancs (%)		
		Moyenne	E.S.	Moyenne	E.S.	
Génotype		**		NS		
	CC	14	1,44a	0,16	9,98	0,45
	CT	48	1,37ab	0,13	8,75	0,88
	TT	12	1,15b	0,19	7,79	0,96
Sexe		***		***		
	Femelle	42	1,02a	0,17	7,17a	0,59
	Castrat	34	1,63b	0,17	9,85b	0,58

a et b : Les moyennes intra-source de variation suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

NS : Effet non significatif

** Effet significatif à $p < 0,01$

*** Effet significatif à $p < 0,001$

Tableau IV : Corrélations (r) entre le poids vif (PV), l'épaisseur du lard dorsal (ELD) et les pourcentages d'extrait étheré (EE), de pixels blancs (PB) et de viande maigre (TVM).

	PB	ELD	TVM	PV
EE	0,59***	0,19	-0,64***	0,27*
PB		0,05	-0,36**	0,16
ELD			-0,21	0,48***
TVM				-0,26*

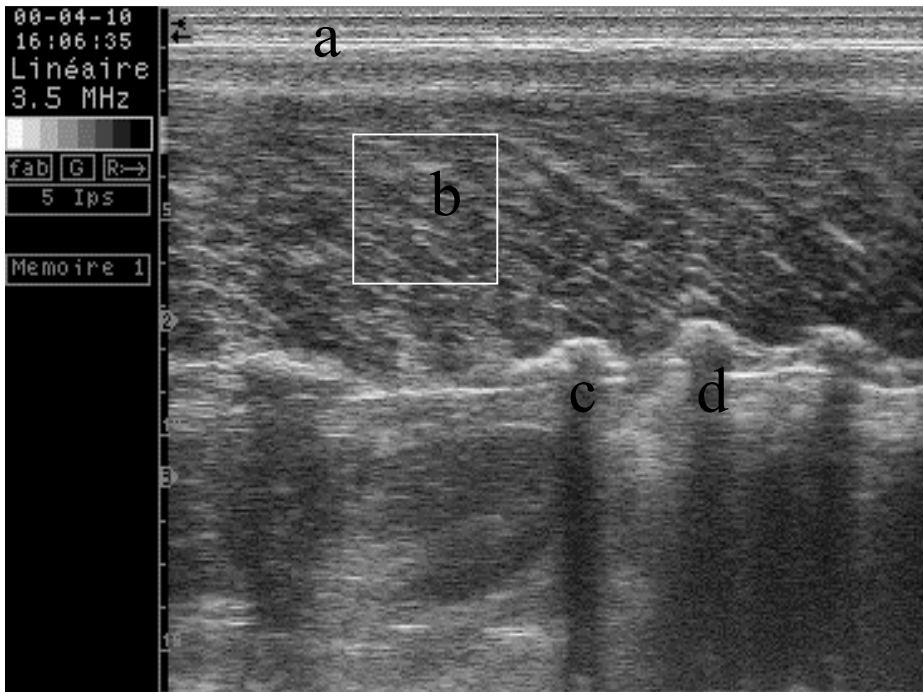
* Significatif à $p < 0,05$; ** Significatif à $p < 0,01$; *** Significatif à $p < 0,001$

Tableau V : Equations de prédiction du pourcentage d'extrait étheré au départ du pourcentage de pixels blancs des images échographiques

	Effectif	Intercept	Pixels blancs (%)	R ²	RMSE
Général	80	0,2636	0,1192	0,35	0,26
Castrat	34	0,1042	0,1332	0,36	0,24
Femelle	42	0,3675	0,1070	0,35	0,25

RMSE : Écart quadratique moyen des erreurs décrit par Herring et collaborateurs (1994).

Figure 1 : Image longitudinale de la région dorso-lombaire permettant la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire chez le porc

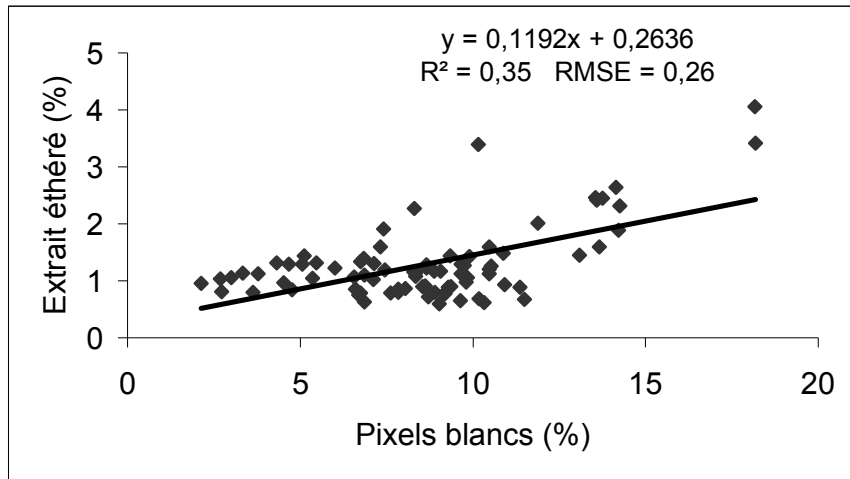


a couche de graisse sous-cutanée

b : une portion de l'image qui est homogène et sans déficiences. Selon Amin et collaborateurs (1997), cette zone est appelée ROI (*region of interest box area*), et le pourcentage de pixels blancs contenu dans celle-ci peut être relié à la teneur en gras intramusculaire.

c et d : respectivement la dernière et avant-dernière vertèbres thoraciques.

Figure 2 : Prédiction du pourcentage d'extrait étheré à partir du pourcentage de pixels blancs chez le Piétrain



RMSE : Écart quadratique moyen des erreurs décrit par Herring et collaborateurs (1994).

7. Discussion générale

7.1. Facteurs de variation du pourcentage de viande maigre du Piétrain

Le Piétrain stress négatif a été créé par l'introgession de l'allèle C du Large White dans le génome Piétrain (Hanset *et al.*, 1995 ; Leroy *et al.*, 1999 ; Leroy et Verleyen, 1999 ; Leroy et Verleyen, 2000). En effet, au sein de la population F2 du croisement Piétrain – Large White, le pourcentage en viande maigre a été de 63,17, 63,95 et 65,54 %, respectivement pour les CC, les CT et les TT (Hanset *et al.* 1995a)(Tableau I). Le pourcentage en viande maigre des TT issus de la F2 est inférieur à celui des Piétrain purs, indiquant la contribution d'autres gènes que celui de la sensibilité à l'halothane dans l'expression de ce caractère. Pour récupérer ces gènes, une série de backcross (BC) successifs a été réalisée au départ des F1 du croisement Piétrain – Large White, tout en conservant l'allèle C de résistance au stress. A chaque génération, les femelles hétérozygotes (CT) ont été croisées avec les verrats Piétrains purs. Le niveau de reconstitution est passé successivement par les stades 2/4 (BC1), 7/8 (BC2), 15/16 (BC3) et 31/32 (BC4).

Durant tout le processus de la création, le pourcentage de morceaux maigres a été estimé par génotype de sensibilité à l'halothane, par backcross et par sexe. Les résultats de ces différentes études ainsi que ceux des études récentes sont récapitulés dans le tableau I. Le génotype au locus Hal a un effet très significatif ($p < 0,001$) sur le pourcentage de tissus maigres, les homozygotes sensibles au stress (TT) ayant un pourcentage de viande maigre supérieur à celui des homozygotes résistants au stress (CC). Les hétérozygotes résistants au stress ont une teneur intermédiaire entre celles des TT et des CC. Le sexe a également un effet significatif ($p < 0,001$) sur le pourcentage de morceaux maigres, les femelles étant plus maigres que les castrats.

Au cours de la reconstitution génétique, le pourcentage de morceaux maigres a varié de manière significative ($p < 0,001$) en fonction du numéro de BC, de BC1 à BC4 (Hanset *et al.*, 1995b). Quel que soit le génotype au locus Hal, le pourcentage de morceaux maigres a augmenté avec la progression des BC, de BC1 à BC4 (Hanset *et al.*, 1995c). Cette progression est due à la récupération des autres gènes Piétrain. En fait, par les BC successifs, on puise ces gènes, présents chez le Piétrain, qui sont responsables de la

différence entre Piétrain pur et les F2 de génotype TT (Hanset *et al.*, 1995a). A partir du stade BC4, le génome Piétrain a été pratiquement reconstitué et ce porc a reçu le nom de Piétrain stress négatif (CT). Les études récentes réalisées de BC5 à BC7 par Leroy *et al.* (1999) ; Leroy et Verleyen, (1999) et Youssao *et al.* (2002c) ont montré que le numéro de BC n'a pas eu d'influence sur le pourcentage de viande maigre.

L'interaction entre le BC et le génotype au locus Hal est non significative pour le pourcentage de morceaux maigres, ce qui explique que la différence entre les génotypes CC, CT et TT est indépendante du niveau de reconstitution du génome Piétrain (Hanset *et al.*, 1995b et Youssao *et al.*, 2002c). Le pourcentage de viande maigre du Piétrain stress négatif obtenu de BC5 à BC7 est inférieur à ceux obtenus de BC1 à BC4 (Tableau I). Cette différence probablement liée à la méthode d'estimation. De BC5 à BC7, le pourcentage de viande maigre a été estimé par le Capteur Gras – Maigre, alors qu'elle a été estimée par dissection de BC1 à BC4.

L'effet du génotype au locus Hal sur le pourcentage de viande maigre a été l'objet de plusieurs études. Selon Simpson et Webb (1989), les TT et les CT ont une proportion de viande maigre plus élevée que les CC et cette différence s'exprime davantage lorsque les animaux sont nourris *ad libitum*. Par contre, lorsque la quantité d'aliment est distribuée de manière limitée, les CC donnent des proportions de morceaux nobles plus élevés que les TT, ce résultat étant contraire aux attentes (Simpson et Webb, 1989). En utilisant le SKG II, les TT avaient un pourcentage de viande maigre supérieur à celui des CC et des CT ($p < 0,05$) et cette proportion est significativement différente pour les trois génotypes au locus Hal chez la Landrace belge et les croisés Piétrain – Landrace belge (De Smet *et al.*, 1992). Ces résultats sont en contradiction avec ceux obtenus par De Smet *et al.* (1996) qui n'a pas observé de différence significative entre les CC et les CT pour le pourcentage en viande maigre chez le Piétrain et le Landrace belge. Cette contradiction pourrait être liée au fait que le pourcentage de viande maigre a été estimé par l'épaisseur du lard dorsal uniquement. En effet, aucune différence significative n'a été observée entre l'épaisseur du lard dorsal des porcs CT et celles des porcs CC (Pommier *et al.*, 1992 ; Rempel *et al.*, 1995). Pour ce faire, l'estimation du pourcentage en viande maigre à partir de l'épaisseur du lard dorsal ne suffit pas pour mettre en évidence la différence entre CC et CT.

Pour améliorer la qualité de la carcasse et celle de la viande du Piétrain stress négatif par le *performance-test*, des études sur la prédiction du pourcentage en viande maigre et de la teneur en gras intramusculaire ont été réalisées en utilisant l'ultrasonographie en temps réel (Youssao *et al.*, 2002b ; Youssao *et al.*, 2002c et Youssao *et al.*, 2002d).

7.2. Prédiction de la teneur en viande maigre

La précision de la prédiction de la teneur en viande maigre dépend du site de mesure et des variables considérées dans le modèle de prédiction. Pour le même appareil de mesure, la précision varie selon le modèle utilisé. Des variations ont été aussi obtenues d'un appareil à l'autre.

7.2.1. Relation entre les mesures ultrasonographiques et la teneur en viande maigre

Les mesures ultrasonographiques les plus utilisées dans la prédiction de la TVM sont : l'épaisseur du lard dorsal et l'épaisseur et la surface du muscle *Longissimus thoracis*. Les corrélations entre ces mesures corporelles et le pourcentage de viande maigre varient d'un site de mesure à l'autre (Youssao *et al.*, 2002a). En général, les mesures sont prises de la première vertèbre thoracique à la dernière vertèbre lombaire, perpendiculairement à la colonne vertébrale, à une distance de 0 à 13 cm (Sather *et al.*, 1986 ; Fisher, 1997). Le choix du site de mesure joue un rôle primordial dans la précision des mesures. La dernière et la dixième vertèbres thoraciques ont été reconnues pour leur plus grande précision. Selon certains auteurs, la dernière vertèbre thoracique est le meilleur site de mesure dans la prédiction de la composition de la carcasse du porc (Diestre and Kempster, 1985 ; Busemann *et al.*, 1991 ; McLaren *et al.*, 1991 ; Smith *et al.*, 1992 ; Dourmad *et al.*, 2001). Pour d'autres, la 10^e côte présente le plus grand intérêt, comparativement aux autres sites (Lopes *et al.*, 1987 ; Forrest *et al.*, 1989 ; Gresham *et al.*, 1992 ; Moeller et Christian, 1998). L'association entre les mesures corporelles réalisées au niveau de plusieurs sites pourrait améliorer la précision de la prédiction de la composition de la carcasse (Daumas *et al.*, 1998).

Une étude comparative de la précision des mesures associées aux deux sites cités ci-dessus a été réalisée par Youssao *et al.* (2002b) à l'aide de l'appareil à ultrasons Pie Medical 200. Il en ressort que le pourcentage de viande maigre est positivement corrélé avec l'épaisseur et la surface du muscle *longissimus thoracis* quel que soit le site de mesure. La meilleure corrélation a été obtenue avec l'épaisseur du lard dorsal ($r = -0,51$, $p < 0,001$). La corrélation entre le pourcentage de viande et l'épaisseur du muscle *longissimus thoracis* prise au niveau de la dernière côte ($r = 0,5$, $p < 0,001$) est plus élevée que celle obtenue au niveau de la 10^{ème} côte ($r = 0,42$, $p < 0,001$). La plus faible corrélation a été obtenue entre le pourcentage de viande maigre et la surface du *longissimus thoracis* prise au niveau de la 10^{ème} côte ($r = 0,31$, $p < 0,001$). Tenant compte de ces résultats, les mesures réalisées au niveau de la dernière côte ont été les plus précises dans l'estimation de la teneur en viande maigre à l'aide de l'appareil à ultrasons Pie Medical 200 chez le Piétrain. Quoi qu'il en soit, le site de mesure, doit être clairement défini et facilement localisable pour limiter les variations liées à ce paramètre (Sather *et al.*, 1986).

Dans une autre étude, Youssao *et al.* (2002c) ont calculé des corrélations entre les mesures d'ultrasons et le pourcentage de viande maigre en fonction des génotypes de sensibilité à l'halothane. Ces mesures ont été prises au niveau de la dernière côte. Pour les homozygotes résistants au stress, le pourcentage de viande maigre est positivement corrélé avec l'épaisseur du muscle (EMLD) ($r = 0,36$) et la surface musculaire (SMLD) ($r = 0,21$). Une corrélation négative a été obtenue entre le pourcentage de viande maigre et l'épaisseur du lard dorsal ($r = -0,69$). La corrélation entre la TVM et le poids de la carcasse (ou le poids vif) est positive, mais proche de zéro. Par contre, elle est négative et non significative pour les hétérozygotes résistants au stress (CT), négative et significative ($p < 0,01$) chez les homozygotes sensibles au stress (TT). La corrélation entre la TVM et l'ELD est négative ($r = -0,48$) chez les génotypes CT et les TT. Pour chaque génotype au locus Hal, le poids de la carcasse et le poids vif sont hautement corrélés avec la surface musculaire. La corrélation entre la TVM et la surface musculaire est faible par rapport à celles obtenues entre la TVM et l'ELD ou la SMLD pour chaque génotype au locus Hal. De ce fait, l'ELD et la SMLD pourront être considérées comme les meilleures paramètres de prédiction de la TVM. Les résultats de Youssao *et al.* (2002b et 2002c) sont similaires à ceux de Smith *et al.* (1992) qui rapportent que la corrélation entre la TVM et la surface musculaire est de 0,25, alors que celle observée entre la TVM et l'épaisseur du lard dorsal est de $-0,51$.

Gresham *et al.* (1992) rapportent que la corrélation entre l'ELD prise au niveau de la dernière côte et le pourcentage de morceaux maigres (jambon, épaule et carré) a été de -0,38. De même, ils observent que la corrélation entre l'épaisseur du muscle et le pourcentage de morceaux maigres est de -0,31. Ces corrélations sont faibles par rapport aux résultats obtenus par Youssao *et al.* (2002b et 2002c). Cette différence pourrait être liée à la précision des appareils utilisés ou à la composition corporelle de la race des animaux utilisés dans chaque étude. Les résultats de Youssao *et al.* (2002c) confirment également ceux de Cisneros *et al.* (1996) qui rapportent que la TVM est faiblement corrélée avec l'EMLD ($r = 0,41$) et avec la surface musculaire ($r = 0,47$). Selon Courchainé *et al.* (1996), la corrélation entre le pourcentage de morceaux maigres et la surface du *Longissimus thoracis* varie de -0,28 à 0,15.

7.2.2. Modèles de prédiction de la teneur en viande maigre

Les équations de régression par stepwise ont été développées à partir des mesures d'ultrasons dans l'estimation de la TVM chez le Piétrain par Youssao *et al.* (2002c). Ces équations ont été développées pour l'ensemble des données et par génotype au locus Hal en fonction du sexe. Il ressort de cette étude que l'ELD et l'EMLD constituent les meilleures variables pour la plupart des équations de prédiction de la TVM. Lorsqu'on ajoute la surface musculaire à l'équation de prédiction, le coefficient de détermination n'augmente pas, mais, la déviation standard résiduelle et le coefficient de Mallows (C_p) augmentent. Les valeurs de R^2 des équations obtenues varient selon le génotype au locus Hal et le sexe de 0,35 à 0,79. Dans ces différentes équations, l'EMLD est utilisée comme variable au détriment de la surface musculaire parce que la corrélation entre la TVM et l'EMLD est supérieure à celle observée entre la TVM et la surface musculaire (Youssao *et al.*, 2002c). Cette différence pourrait être liée à la croissance linéaire de la TVM avec l'EMLD, tandis que la surface musculaire augmente linéairement avec le poids vif lors de la croissance. Gresham *et al.* (1992) rapportent des équations de régression pour la prédiction du pourcentage de morceaux maigres à partir des mesures d'ultrasons, avec un coefficient de détermination de 0,42 et une erreur standard résiduelle de 3,06. Dans une étude réalisée par Sather *et al.* (1996), l'estimation de la TVM à partir de l'épaisseur du lard dorsal et celle du muscle *Longissimus thoracis* mesurées sur la carcasse à l'aide du HGP (*Hennessy Grading Probe*) et du Tokyo Keiki LS-1000 ont donné respectivement des

coefficients de détermination R^2 (déviations standard résiduelle) de 0,58 (1,72) et de 0,65 (1,52). En ajoutant la surface du muscle *Longissimus thoracis* aux mesures de l'épaisseur du lard dorsal et de l'épaisseur du muscle *Longissimus thoracis* prises par LS-1000, le coefficient de détermination ne s'améliore pas (Sather *et al.*, 1996).

Dans la littérature, il existe peu d'informations sur les équations de régression dans la prédiction de la composition de la carcasse en fonction du génotype au locus Hal. Cisneros *et al.* (1996) rapportent que la différence entre les génotypes de sensibilité à l'halothane est très grande sur la prédiction du pourcentage de morceaux maigres de la carcasse. Les équations de prédiction surestiment le pourcentage de morceaux maigres chez les CC et sous estiment les valeurs de la carcasse chez les CT.

Généralement, le R^2 des équations de prédiction du poids des différents morceaux de la carcasse est supérieur à celui de leurs pourcentages, quel que soit le site de mesure et la méthode d'estimation utilisée (Gresham *et al.*, 1992 ; Gresham *et al.*, 1994 ; Leach *et al.*, 1996 ; Cisneros *et al.*, 1996).

7.2.3. Effet de la machine sur l'estimation de la teneur en viande maigre

Différents appareils à ultrasons sont utilisés pour prédire la composition de la carcasse de porcs. Ces appareils ont globalement une précision (R^2) pouvant atteindre 0,60 à 0,78 (Youssao *et al.*, 2002c). Toutefois, des différences significatives ont été observées entre appareils (Busk, 1986 ; Sather *et al.*, 1991 ; Stouffer, 1991 ; Herring *et al.*, 1995 ; Hulsegge *et al.*, 1997). Dans le cadre de la prédiction de la composition de la carcasse du Piétrain par l'ultrasonographie en temps réel, Youssao *et al.* (2002d) ont utilisé un appareil à ultrasons, Pie Medical 200 pour l'estimation de la teneur en viande maigre. Une comparaison a été ensuite faite entre le Pie Medical 200 (PIE), le Piglog 105 (SFK) et le Capteur Gras-Maigre (CGM). Il apparaît que la TVM estimée a varié de manière significative d'un appareil à l'autre ($p < 0,001$) avec des valeurs de 65, 65,7 et 63,9 %, respectivement pour le CGM, le PIE et le SFK (Youssao *et al.*, 2002d). La prédiction de la proportion en viande maigre par le HGP II (*Hennsy Grading Probe II*), le *Renco Lean-Meater* (Renco, type 1 m-8 Renco corporation, Minneapolis, MB, USA) et Pie Medical 200, a donné une meilleure précision de HGP comparativement au Renco Lean-Meater et Pie Medical en terme de déviation

standard résiduelle (Hulsegge et Merkus, 1997). La déviation standard résiduelle de la teneur en viande maigre exigée par la réglementation de l'Union Européenne est inférieure à 25g/kg (Union Européenne, 1985). L'estimation du rendement en viande et de la TVM en utilisant le HGP II, le Destron (PG-100), le CGM et le CVT équipé de deux sondes à ultrasons (PCA-5049, 172 mm et PCB-5011, 152 mm), a montré que l'appareil à ultrasons CVT, muni de la petite sonde, a présenté la plus faible déviation standard résiduelle (Pomar *et al.*, 2001). La sonde HGP II a été la moins précise contrairement aux observations faites dans l'étude de Hulsegge et Merkus (1997), mais avec une différence relativement faible. Viennent ensuite, par ordre décroissant de précision, le CVT muni de la grande sonde, le CGM et enfin PG-100 (Pomar *et al.*, 2001). La comparaison de sept appareils à ultrasons dans l'estimation de la composition corporelle du porc *in vivo* a montré que le Meritronics, le VOS (Velocity of sound) et le Piglog 105 ont été les plus précises dans la prédiction de l'épaisseur du lard dorsal (Yates et Owen, 1993). De tout ce qui précède, le choix d'un appareil à ultrasons doit tenir compte de sa précision et de son coût. D'autres facteurs comme la répétabilité ou les applications potentielles peuvent également intervenir.

7.2.4. Interaction entre machine et génotype au locus Hal

Lors de la comparaison entre le CGM, le Pie Medical et le Piglog 105, des interactions entre le type d'appareil et le génotype au locus Hal ont été observées dans l'estimation de la TVM (Youssao *et al.*, 2002d). Pour chaque appareil, le pourcentage de viande maigre des homozygotes sensibles au stress (TT) est supérieure à celui des homozygotes résistants au stress (CC) avec une teneur intermédiaire chez les hétérozygotes résistants au stress (CT). Cette tendance a été observée par Leroy *et al.* (1999) en utilisant le CGM dans la prédiction de la TVM.

7.2.5. Interaction entre machine et le sexe

L'interaction entre machine et sexe dans la prédiction de la TVM a été observée dans plusieurs études, les femelles étant plus maigres que les castrats (Youssao *et al.*, 2002a) Toutefois, aucune différence significative n'a été observée entre le mâle et la femelle en

utilisant le Piglog 105 pour estimer la TVM (Fédération belge des éleveurs de porcs, 2000 ; Youssao *et al.*, 2002d).

7.3. Prédiction de la teneur en gras intramusculaire

Contrairement aux bovins, la prédiction du pourcentage de gras intramusculaire par ultrasonographie a été peu étudiée chez le porc. La plupart des modèles existants dans la littérature sont spécifiques aux bovins (Izquierdo *et al.*, 1996 ; Herring *et al.*, 1998 ; Hassen *et al.*, 2001 ; Youssao *et al.*, 2002a). Chez le porc, Villé *et al.* (1997) ont prédit le pourcentage de gras intramusculaire à partir du pourcentage de pixels blancs des ROI obtenus à partir des images prises par un appareil à ultrasons (*Toshiba Sonolayer*). De leur étude, il ressort que les valeurs du pourcentage de pixels blancs ont été de 15,5, 19,2 et 14,8 %, respectivement pour trois lignées de porcs belges. Ces valeurs correspondent respectivement aux pourcentages d'EE de 1,15, 1,44 et 1,27 %. Elles sont similaires à celles obtenues dans l'étude réalisée par Youssao *et al.* (2002e), mais inférieures à celles obtenues par Villé *et al.* (1997).

Le génotype de sensibilité à l'halothane influence la teneur en gras intramusculaire chez le Piétrain ; les homozygotes CC ont une teneur en gras plus élevée que les homozygotes TT, alors que les CT ont une teneur intermédiaire (Youssao *et al.*, 2002c). Ces résultats obtenus confirment ceux de De Smet *et al.* (1992), Leach *et al.* (1996), Kortz *et al.* (2000) et Miller *et al.* (2000). Une étude antérieure réalisée sur 26 porcs a comparé les paramètres de qualité de la viande du Piétrain stress négatif au stade 63/64 (BC5) à ceux du Piétrain classique. Il ressort de cette étude que le Piétrain stress négatif a un pourcentage de gras intramusculaire plus élevé (1,7 %) que celui du Piétrain classique (1,5 %) (Ministère des classes moyennes et de l'agriculture, 1998).

La corrélation entre le pourcentage d'EE et l'ELD est non significative (Villé *et al.*, 1997 ; Youssao *et al.*, 2002e). La sélection des porcs sur la base de leur teneur en EE peut donc se faire sans influencer l'épaisseur du lard dorsal. La corrélation entre les pourcentages d'EE et de pourcentage de pixels blancs est positive et très significative (Sather *et al.*, 1996 ; Youssao *et al.*, 2002e). La corrélation entre les pourcentages d'EE (ou PB) et la TVM du Piétrain est par contre, négative mais reste très significative (Youssao *et al.*, 2002e). Les

corrélations entre le pourcentage de gras intramusculaire et la TVM des races porcines allemandes varient de -0,33 à -0,59 ; elle est de -0,52 chez le Piétrain (Baulin *et al.*, 2000). Ces différentes corrélations sont voisines de celle observée dans l'étude de Youssao *et al.* (2002e).

Les femelles ont une TVM plus élevée que les castrats (Youssao *et al.*, 2002c) et les castrats ont en revanche une teneur en gras intramusculaire plus élevée que les femelles. Une amélioration du pourcentage de gras intramusculaire augmenterait la qualité organoleptique de la viande. Un équilibre entre la TVM et le pourcentage d'EE est souhaitable dans les prochains programmes de sélection.

La prédiction de la teneur en EE à partir du pourcentage de pixels blancs a donné des R^2 compris entre 0,31 et 0,43 (Villé *et al.*, 1997). Avec un appareil à ultrasons Aloka 500 V (Corometrics Medical Systems, Wallingford, Connecticut), le coefficient de détermination est de 0,33 si le pourcentage de pixels blancs seul est utilisé dans le modèle de prédiction (Ragland *et al.*, 1997). Ce coefficient est de 0,34 si le sexe est ajouté dans le modèle de prédiction ou de 0,38 en incluant l'épaisseur du lard dorsal (Ragland *et al.*, 1997). Ces valeurs de R^2 sont voisines de celles observées par Youssao *et al.* (2002e) ; une légère amélioration a été observée en développant les modèles de prédiction par sexe. Par contre, en ajoutant l'épaisseur du lard dorsal dans l'équation de prédiction, le R^2 ne s'améliore pas et l'écart quadratique moyen des erreurs augmente (Youssao *et al.*, 2002e). Des valeurs de R^2 variant de 0,65 à 0,75 ont été obtenues en utilisant des logiciels récemment développés aux Etats-Unis pour améliorer la précision de la prédiction des modèles de prédiction du gras intramusculaire chez le bovin (Izquierdo *et al.*, 1996 ; Herring *et al.*, 1998 et Hassen *et al.*, 2001 ; Youssao *et al.*, 2002a). Ces valeurs sont largement au-dessus de celles observées dans l'étude réalisée par Youssao *et al.* (2002e). Le QUIP Index de l'échographe Pie Medical utilisé dans l'étude de ce dernier fait partie de ces nouveaux programmes récemment développés aux Etats-Unis. Malheureusement, il nécessite une calibration de la sonde ASP-18 à l'aide d'un accessoire spécifique (*calibration phantom*), étape qui n'a pas été réalisée. En outre, les faibles valeurs de R^2 obtenues pourraient aussi être dues à la faible teneur en gras intramusculaire du Piétrain par rapport aux autres races porcines et aux races bovines des USA. Il est très probable que de si faibles teneurs en gras intramusculaire augmentent fortement l'implication d'autres interfaces histologiques

échogènes tels que celles résultant de la superposition des muscles avec les vaisseaux sanguins, les nerfs ou le tissu conjonctif. Le logiciel utilisé a été conçu à partir des caractéristiques de la carcasse et de la qualité de la viande des bovins et des porcs américains. Vu la faible variation du pourcentage de gras intramusculaire du Piétrain, un logiciel et un modèle appropriés seront nécessaires pour les prochains programmes de prédiction. De nouveaux échographes récemment mis sur le marché pourraient améliorer la précision des mesures.

Tableau 1 : Influence du génotype au locus Hal sur le pourcentage de viande maigre

Références bibliographiques	Effectif	Croisement	Test de sensibilité à l'halothane	Méthode d'estimation	Génotype CC (%)	Génotype CT (%)	Génotype TT (%)	Femelle (%)	Castrat (%)
Hanset <i>et al.</i> 1995a	1500	LW X P (F2)	Test halothane	Dissection	63,17 ± 0,13a	63,95 ± 0,10b	65,54 ± 0,14c	65,40 ± 0,10a	63,04 ± 0,10b
Hanset <i>et al.</i> , 1995b	1890	BC1	Test halothane	Dissection	-	65,60 ± 0,25a	67,35 ± 0,25b	68,64 ± 0,08a	66,12 ± 0,08b
		BC2	Test halothane	Dissection	-	66,46 ± 0,17a	68,26 ± 0,16b		
		BC3	Test halothane	Dissection	-	67,38 ± 0,25a	69,25 ± 0,24b		
Hanset <i>et al.</i> 1995c	273	BC4	Test halothane	Dissection	-	* 69,52 ± 0,3a **66,78 ± 0,3a	* 70,77 ± 0,25b **68,27 ± 0,2b	70,73 ± 0,20a	67,88 ± 0,20b
Youssao <i>et al.</i> , 2002a	335	BC5 à BC7	Test de Ryanodine	Capteur Gras/ Maigre	63,69 ± 0,58a	64,24 ± 0,31a	66,68 ± 0,42b	66,51 ± 0,34a	63,23 ± 0,36b
Youssao <i>et al.</i> 2002b	307	BC5 à BC7	Test de Ryanodine	Capteur Gras/ Maigre	62,32 ± 0,45 a	65,21 ± 0,23 b	67,02 ± 0,26 c	65,64 ± 0,21a	64,05 ± 0,21b
De Smet <i>et al.</i> 1992	785	P X LB, LA X LB	Test halothane	SKG II	*** 58,4 ± 0,26 a	60,9 ± 0,29 b	61,7 ± 0,31 c	-	-
De Smet <i>et al.</i> 1996	310	LB X P		SKG II	59,1 ± 0,38 a	59,6 ± 0,31 a	61,4 ± 0,59 b	61,1 ± 0,21 a	58,9 ± 0,22 b

a, b et c : les moyennes intra-source de variation suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % ;

* Femelle ; ** Castrat ;

*** Effectif comprenant 52 % de CT et 58 % de CC

P : Piétrain, LB : Landrace belge, LA : Landrace allemande, LW : Large White ; BCi : ième backcross

8. Conclusion et suggestions

Le Piétrain stress négatif (CT) est un nouveau type biologique qui doit tout son intérêt au fait qu'il exploite l'effet favorable d'un exemplaire de l'allèle T sur la conformation et la composition de la carcasse et l'effet bénéfique d'un exemplaire de l'allèle C sur la résistance au stress et la qualité de la viande. Les homozygotes résistants à l'halothane (CC) ont présenté moins de viande maigre que les homozygotes sensibles à l'halothane (TT). Les hétérozygotes CT ont une teneur en viande maigre intermédiaire entre celles des homozygotes CC et TT. Les femelles ont plus de viande maigre que les castrats ($p < 0,05$). Les corrélations entre les mesures échographiques (épaisseur du lard dorsal, épaisseur et surface du muscle *longissimus thoracis*) et le pourcentage de viande maigre varient d'un site de mesure à l'autre. Une étude comparative entre deux sites (10^{ème} et dernière vertèbre thoracique), reconnus dans la littérature comme étant les plus précis dans la prédiction de la composition corporelle du porc Piétrain *in vivo*, a montré que la dernière vertèbre thoracique est la plus précise dans l'estimation de la teneur en viande maigre en utilisant l'appareil à ultrasons Pie Medical 200. La corrélation entre la teneur en viande maigre (TVM) et la surface du muscle *longissimus dorsi* (SMLD) est faible par rapport à celles obtenues entre la TVM et l'épaisseur du lard dorsal (ELD) ou l'épaisseur du muscle *longissimus dorsi* (EMLD) pour chaque génotype au locus *Hal*. De ce fait, l'ELD et l'EMLD ont été considérées comme les meilleures paramètres de prédiction de la TVM. Les valeurs de R^2 des équations de prédiction obtenues à partir de ces paramètres en fonction du génotype au locus *Hal* et du sexe sont modérées. L'exactitude de la prédiction dépend de la précision des mesures réalisées sur l'image échographique et de la prise de ces images. La comparaison réalisée entre les appareils Pie Medical 200, Piglog 105 et le Capteur Gras-Maigre (CGM) a donné une différence significative entre les TVM estimées par ces trois appareils. Pour chacun d'entre eux, cette différence varie en fonction du génotype de sensibilité à l'halothane et du sexe. Le CGM est officiellement utilisé dans l'estimation de la TVM dans les abattoirs français et belges selon les réglementations de l'Union Européenne. Malgré la différence entre les TVM estimées par le CGM et le Piglog 105, ce dernier est officiellement utilisé dans l'estimation du pourcentage de viande par la fédération belge des éleveurs de porcs en Belgique. Tenant compte de la différence entre les TVM estimées par le Pie Medical 200 et le CGM, l'appareil à ultrasons Pie Medical

pourra aussi être utilisé dans la composition corporelle des porcs *in vivo*. Pour améliorer la qualité de la viande du Piétrain stress négatif, l'évaluation de la teneur en extrait étheré (EE) du Piétrain a été réalisée et a permis de mettre en évidence l'effet du génotype de sensibilité à l'halothane sur ce paramètre. Les homozygotes résistants au stress (CC) ont une teneur en EE supérieure à celle des homozygotes sensibles au stress (TT), alors que les hétérozygotes résistants au stress (CT) ont donné des valeurs intermédiaires. Le pourcentage de pixels blancs dans l'image échographique du muscle *longissimus thoracis* n'a pas été influencé par le génotype de sensibilité à l'halothane. Toutefois, il tend à augmenter avec la présence et le nombre d'allèle C. Les résultats de cette étude indiquent qu'il est possible d'estimer le pourcentage de gras intramusculaire par l'ultrasonographie en temps réel chez le porc. Toutefois, la précision de la prédiction est liée à la calibration de la sonde ASP-18 par l'utilisation de l'appareillage spécifique (*calibration phantom*) avant la collecte des images échographiques. Tenant compte de la faible variation du pourcentage de gras intramusculaire du Piétrain, un logiciel et un modèle appropriés seront nécessaires pour les prochains programmes de prédiction. Si la précision est améliorée, l'utilisation de l'ultrasonographie en temps réel pourra permettre de sélectionner des animaux d'élevage en fonction de la teneur en gras intramusculaire sans qu'il soit nécessaire de les abattre ou d'attendre les résultats des mesures effectuées sur la descendance. L'analyse digitale fine de ces images pourrait contribuer à cette amélioration. Les femelles ont une TVM plus élevée que les castrats et les castrats ont en revanche un gras intramusculaire plus élevé que les femelles. Une amélioration du pourcentage de gras intramusculaire augmenterait la qualité organoleptique de la viande. Un équilibre entre la TVM et le pourcentage d'EE est nécessaire dans les prochains programmes de sélection.

9. Références générales

ALLISTON J C., KEMPSTER A. J., OWEN M. G. An evaluation of three ultrasonic machines for predicting the body composition of live pigs of the same breed, sex, and live weight. *Anim. Prod.*, 1982, 35, 165-169.

AMIN V., WILSON D.E, ROUSSE G., USOFT H. An ultrasound image analysis software for beef quality research. Beef Research Report, A. S. Leaflet R1437, Iowa State Univ., Ames, 1997, 41-47.

AUBRY A., LIGONESCHE B., GUEBLEZ R., GAUBRE D. Comparaison des porcs charcutiers NN et Nn pour les performances de croissance, carcasse et qualité de viande, et l'aptitude à produire du jambon cuit. *32^{ème} Journée de la recherche porcine*, 2000, 361-367.

BAULIN U., KOHLER P., KALLWEIT E., BRADE W. Intramuscular fat content in some native German pig breeds. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich (22-26 August 1999), 2000, 161-164.

BRETHOUR J.R. Estimating marbling score in live cattle from ultrasound images using pattern recognition and neural network procedures. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 1425-1432.

BRETHOUR J.R. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *J. Anim. Sci.*, 1992, 70, 1039-1044.

BRETHOUR J.R. Using serial ultrasound to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.*, 2000, **78**, 2055-2061.

BRONDUM J., EGEBO M., AGERSKOW C., BUSK H. On-line pork carcass grading with the autofom ultrasound system. *J. Anim. Sci.*, 1998, **76**, 1859-1868.

BUSMANN V.E., KRIETER J., ERNST E. Möglichkeiten der schlachtkörperbewertung am lebenden schwein mit hilfe von ultaschallmessungen. *Züchtungskunde*, 1991, **63**, 375-384.

BUSK H. Measure carcass quality on live pigs. *World Rev. Anim. Prod.*, 1986, 22, 35-38.

BUSK H., OLESEN E. Determination of percent meat in pig carcass with the autofom equipment. In Proc.47th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod., August 25-29, Lillehammer, Norway. 1996, 268-276.

BUSK H., OLESEN E. Determination of percent meat in pig carcass with the autofom equipment. In Proc.47th Annu. Mtg. Eur. Assoc. Anim. Prod., August 25-29, Lillehammer, Norway, 1996, 9p.

CAMERLYNCK R, BRANKAER R. Le porc Piétrain. *Revue de l'Agriculture*, 11^{ème} année, N°3 et 4, 1958.

CAMERLYNCK R. Les qualités d'engraissement et d'abattage des porcs Piétrain. In : La race porcine belge Piétrain. Colloque sur la race porcine belge Piétrain, Bruxelles, 21 au 22 mars 1960, page 39-57.

CISNEROS F., ELLIS M., MILLER K.D., NOVAKOFSKI J., WILSON E.R., MCKEITH F.K. Comparison of transverse and longitudinal real-time ultrasound scans for prediction of lean cut yields and fat-free lean content in live pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 2566-2576.

COURCHAINÉ J.K., AZAIN M. J., JONES R.D., GLAZE, T.M. Use of Real-Time ultrasound in the early finishing phase to predict carcass composition at slaughter. http://www.ads.uga.edu/amrpt/1996/96_255.htm, consulté le 10/04/00.

DAUMAS G., DHORNE T. Teneur en viande maigre des carcasses de porc. Evaluation et estimation. In : Institut national de la recherche agronomique (France). Institut technique du porc, *29e journées de la recherche porcine en France*. Institut technique du porc : Paris, 1997, 411-418.

DAUMAS G., CAUSEUR D., DHORNE T., SCHOLLHAMMER E. Les méthodes de classement des carcasses de porc autorisées en France en 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 1998, 30, 1-6.

DE SMET S.M., CASTEEL M., VAN DE VOORDE G., VAN OECKEL. Approval of two methods of grading for pig carcasses in Belgium. Proceedings of the 48th Annual meeting of the European Association for animal production (p.388), 25-28 August, 1997, Vienna.

DE SMET S. M., PAUWELS H., DE BIE S., DEMEYER D. I., CALLEWIER J., EECKHOUT W. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian harvest pigs. *J. Anim. Sc.*, 1996, **74**, 1854-1863.

DE SMET S., PAUWELS H., EECKHOUT W., DEMEYER D. I., VERVAEKE I., DE BIE S., VAN DE VOORDE G., CASTEELS M. Relationships between halothane sensitivity, carcass quality and meat quality in Belgian slaughter Pigs. In : *Pork quality, genetic and metabolic Factors*, Puolanne, E., Demeyer, D.I., Ruusunen M., and Ellis, S., CAB International, Wallingford, 1992, 259-270.

DIESTRE A.S., KEMPSTER A.J. The estimation of pig carcass composition from different measurements with special reference to classification and grading. *Anim. Prod.* 1985, **41**, 383-389.

DOURMAD J.Y., ETIENNE M., NOBLET J. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *Prod. Anim.*, 2001, **14**, 41-50.

EIKELEMBOOM G., MINKEMA D. Prediction of pale, soft, exsudative muscle with a non lethal test for the halothane induced porcine malignant hyperthermia syndrome. *Tijdschr. Diergeneesk.*, 1974, **99**, 421-426.

EIKELEMBOOM G., MINKEMA D., VAN ELDIK P., SYBESMA W. Production characteristics of Dutch Landrace and dutch Yorkshire pigs as related to their susceptibility for the halothane-induced malignant hyperthermia syndrome. *Livestock Prod. Sci.*, 1978, **5**, 277-284.

EUROPEAN UNION. Determining the community scale for grading pig carcasses. EU document, 1985, N° 2967/85.

FALCONER D. S. Introduction to quantitative genetic (3rd Ed.). Longman Group, 1989, Hong Kong.

FALCONER D. S., MACKAY T. F. C. Introduction to quantitative genetic. 4th edition. Longman Group: Harlow, 1996, 464 p.

FEDERATION BELGE DES ELEVEURS DE PORC. Rapport annuel - Stations de contrôle. 2000, Scheldewindeke, 34p.

FISHER A. V. A review of the technique of estimating the composition of livestock using the velocity of ultrasound. *Computer and electronics in Agriculture*, 1997, **17** : 217-231.

FORREST J.C., KUEI C.H., ORCUTT M.W., SCHINCKEL A.P., STOUFFER J.R., JUDGE M.D. A review of potential new methods of on-line pork carcass evaluation. *J. Anim. Sci.*, 1989, **67**, 2164-2170.

FORTIN A., SIM D.W., TALBOT S. Ultrasonic measurements of backfat thickness at different locations and position of the warm pork carcass and comparisons of ruler and ultrasonic procedures. *Can. J. Anim. Sci.*, 1980, **60**, 635-641.

FUJI J., OTSU K., ZORZATO F., DE LEON S., KHANNA V.K., WEILER J. E., O'BRIEN P.J., MAC LENNAN D.H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with Malignant Hyperthermia. *Science*, 1991, **253**, 448-451.

GILLIS W.A., BOWMANN G.H., GREIGER H., RAHNEFELD G.W. A comparison of ultrasonic with the ruler probe for the prediction of carcass yield in swine. *Can. J. Anim. Sci.*, 1972, **52**, 637-644.

GRESHAM J. D. Ultrasonography as an objective tool for evaluating live beef cattle : Using the Pie Scanner 200 Ultrasound Scanner. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment, Tequesta, 1995, 11 p.

GRESHAM J. D. Introduction to characterization of live beef muscle tissue by use of the Pie 200 scanner quality indexing program : An automated system for estimating quality grade of beef animals. The ultrasound Review. Classic Ultrasound Equipment : Tequesta, 1996, 10 p.

GRESHAM J. D. Technique of predicting and evaluating carcass composition in food animals by use of real-time ultrasonography. University of Tennessee-Martin, Knoxville, 2001, 13 p.

GRESHAM J. D., MCPEAKE S. R., BERNARD J. K., RIEMANN M. J., WYATT R. W., HENDERSON H. H. Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72** p. 1404-1412.

GRESHAM J.D. Study guide. Real-time ultrasound training conference beef cattle applications. University of Tennessee-Martin, Knoxville, 2000, 24 p.

GRESHAM J.D., MCPEAKE, S.R., BERNARD, J.K., HENDERSON, H.H. Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 631-639.

GROBET L., HANSET R., DASNOIS C. Réponse au test à l'halothane et génotype au locus RYR1 du récepteur à la ryanodine chez des porcs croisés Piétrain. *Ann. Méd. Vét.*, 1992, **136** : 249-257.

HANSET R., DASNOIS C., MICHAUX C., LEROY P. Looking for individual genes of muscular hypertrophy in the pig : preliminary analysis of a F2 of the Piétrain X Large White cross. Eur. Assoc. Anim. Prod., Dublin, 1989.

HANSET R., DASNOIS C., SCALAIS S., MICHAUX C., GROBET L. Effet de l'introgession dans le génome Piétrain de l'allèle normal au locus de sensibilité à l'halothane. *Genet. Sel. Evol.*, 1995b, **27**, 77-88.

HANSET R., DASNOIS C., SCALAIS S., MICHAUX C., GROBET L. Génotype au locus de sensibilité à l'Halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain X Large White . *Genet. Sel. Evol.*, 1995c, **27**, 63-76.

HANSET R., SCALAIS S., GROBET L. Du Piétrain classique au Piétrain résistant à l'halothane ou Piétrain Réhal. *Ann. Méd. Vét.*, 1995c, **139**, 23-35.

HASSEN A., WILSON D.E., AMIN V.R., ROUSSE G.H., HAYS C.L. Predicting percentage of intramuscular fat using two types of real-time ultrasound equipment. *J. Anim. Sci.*, 2001, **79**, 11-18.

HASSEN A., WILSON D.E; AMIN V.R., ROUSSE G.H. Repeatability of Ultrasound-Predicted Percentage of Intramuscular Fat in Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.* 1999, **77**, 1335-1340.

HEDRICK H. B. Method of estimating live animal and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 1983, **57**, 1316-1327.

HEDRICK H. B., MEYER W.E., ALEXANDER M.A., LASLEY J.F., COMFOR J.E., DYER A.J., NAUMANN H.D. Indice of meatiness in beef. *Bull. Agric. Exp. Stat.*, Univ. Missouri, 1963, 820-829.

HERRING W.O., BERTRAND J.K., BENYSHEK L.L. Importance of real-time ultrasound use for live animal evaluation. Annual Report, 1995. http://www.ads.uga.edu/annrpt/1995/95_102.htm, Consulté le 10/07/00

HERRING W.O., KRIESE L. A., BERTRAND J.K., CROUCH J. Comparison of four real-time ultrasound systems that predict intramuscular fat in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 1998, **76**, 364-370.

HERRING W.O., MILLER D.C., BERTRAND J K., BENYSHEK L. L. Evaluation of machine, technician, and interpreter effect on ultrasonic measures of back fat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 2216-2226.

HOUGHTON P.L., TURLINGTON L.M. Application of ultrasound for feeding and finishing animals : review. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 930-941.

HULSEGGE B. MERKUS G.S.M. A comparison of the optical probe HGP and ultrasonic devices Renco and Pie Medical for estimation of the lean meat proportion in pig carcasses. *Anim. Sci.*, 1997, **64**, 379-383.

HULSEGGE B., PATEMAN G., MERKUS G.S.M., WALSTRA P. Choice of probing site for classification of live pigs using ultrasonic measurements. *Anim. Sci.*, 1999, **68**, 641-645.

ISLER G.A., SWIGER L.A. Ultrasonic prediction of lean cut percent in swine. *J. Anim. Sci.*, 1968, **27**, 377-385.

IZQUIERDO M. V., AMIN V., WILSON D.E., ROUSE G. H. Models to predict intramuscular fat percentage in live beef animals using real-time ultrasound and image parameters : Report on data from 1991-1994. Beef Research Report. Iowa State University, Ames, 1996, 3-6.

JANSS L.L.G., VAN ARENDONK J.A.M., BRASCAMP E.W. Bayesian Statistical Analyses for presence of single genes affecting meat quality traits in a crossed pig population. *Genetics*, 1997, **145**, 395-408.

KORTZ J., KAPELANSKI W., GRAJEWSKA S., KURYL J., BOCIAN M., RYBARCZYK A. Meat quantity to meat quality relationships when the RYR1 gene effect is eliminated. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich (22-26 August 1999), 2000, 161-164.

KRIETER V. J., HOLSCHER T., HARTJEN P., KALM E., ERNST E. Vergleich von ultraschallverfahren zur abschätzung der schlachtkörperzusammensetzung am schwein. *Züchtungskunde*, 1990, **62**, 29-37.

LANDRAIN B., CALVAR C., CORLOUER A., PABOEUF F., ROY H. Epaisseur de lard des truies chez les meilleurs éleveurs. Edition EDE de Bretagne - Chambres d'Agriculture de Bretagne, 1998, 62 p.

LARZUL C., LE ROY P., GUÉBLEZ R., TALMANT A., GOGUÉ J., SELLIER P., MONIN G. Effect of halothane genotype (NN, Nn, nn) on growth, carcass and meat quality traits of pigs slaughtered at 95 kg or 125 kg live weight. *J. Anim. Breed. Genet.*, 1997, **114**, 309-320.

LARZUL C., LE ROY P., SELLIER P., JACQUET B., GOGUE J., TALMANT A., VERNIN P., MONIN G. Variabilité génétique du potentiel glycolytique du muscle chez le porc. *Prod. Anim.*, 1998, **11**, 183-197.

LEACH L. M., ELLIS M., SUTTON D. S., MCKEITH F. K., WILSON E. R. The growth performance, carcass characteristic, and meat quality of halothane carrier and negative pigs. *J. Anim. Sci.*, 1996, **74**, 934-943.

LEROY P. L., BEDUIN J-M., VERLEYEN V., LEBAILLY P., BERTI F. Les attentes des consommateurs, des nouveaux critères de sélection porcine. Carrefour des productions animales, Gembloux, 24-01-2001, 74-83.

LEROY P. L., VERLEYEN V., DETRY J-P. Le porc Piétrain résistant au stress (ReHal) dans la filière porcine. Quatrième Carrefour des Productions Animales. Les démarches de qualité en production de viandes. 1999, Gembloux, 27 – 01 - 1999, 39-40.

LEROY P. L., VERLEYEN V. Le porc Piétrain résistant au stress (ReHal) dans la filière porcine. In : Quatrième Carrefour des Productions Animales . Les démarches de qualité en production de viandes. Gembloux, 27 - 01, 1999, 39-40.

LEROY P. L., VERLEYEN V. The new stress negative Piétrain line developed at the Faculty of Veterinary Medicine of the University of Liège. AIVETs meeting, Brugge, 1999, Belgium, pp. 27-31.

LEROY P.L., VERLEYEN V. Performances of the Piétrain ReHal, the new stress negative Piétrain line. In Quality of meat and fat in pigs affected by genetics and nutrition, EAAP publication N°100, Zürich 22-26 August 1999, 2000, 161-164

LO L.L., MCLAREN D.G., MCKEITH, F.K; FERNANDO R.L., NOVAKOFSKI J. Genetic analyse of growth, real-time ultrasound carcass, and pork quality traits in Duroc and Landrace Pigs : I. Breed effects. *J. Anim. Sci.* 1992, **70**, 2373-2386.

LOPES D.M., WILLIAMSON S.A., JACOBS J.A., THOMAS M.W. Estimation of fat depth and longissimus muscle area in swine by the use of real-time ultrasonography. *Proc. Western Sect., Am. Soc. Anim. Sci.*, 1987, **38**, 155-162.

MALLOWS, C. L. 1973. Some comments on C(p). *Technometrics* **15**, 661.

MARINAT-BOTTE F., RENAUD G., MADEC F., COSTIOU P., TERQUI M. Echographie et reproduction chez la truie : Bases et applications pratiques. Institut national de la recherche agronomique : Paris, 1998, 103 p.

MCLAREN D.G., NOVAKOFSKI J., PARRETT D.F., LO L.L., SINGH S.D., NEUMAN K. R., MCKEITH F.K. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 1991, **69**, 54-66.

MCLAREN D.G., MCKEITH F.K., NOVAKOFSKI J. Predictions of carcass characteristics and market weight from serial real-time ultrasound measures of back fat and loin area in the growing pig. *J. Anim. Sci.*, 1989, **67**, 1657-1667.

MEYER W.E., MOODY W.G. HUNZIGER G.D., RINGKOB T.P., ALEXANDER M.A., HEDRICK B. Application of ultrasonic technics in live animal and carcass evaluation. *Missouri Agr. Exp. Sta. Res. Bull.*, 1966, 905.

MILLER D.C. Accuracy and application of real-time ultrasound for evaluation of carcasses merit in live animals. In : Animal husbandry newsletter, Department of Animal Science, North Carolina State University. Mai 1996, 25-37.

MILLER K.D., ELLIS M., McKEITH F.K., WILSON E.R. Influence of sire line and halothane genotype on growth performance, carcass characteristics, and meat quality in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 2000, **80**, 319-327.

MINISTERE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE. Arrêté ministériel relatif au classement des carcasses de porcs. *Moniteur belge du 19 juin 1999.*

http://www.just.fgov.be/cgi/article_bod.

MINISTERE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE, ADMINISTRATION RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT. Piétrain Réhal. Ministère des classes moyennes et l'agriculture : Bruxelles, 1998, 32 p.

MINISTERE DES CLASSES MOYENNES ET DE L'AGRICULTURE. Arrêté ministériel relatif au classement des carcasses de porcs. *Moniteur belge du 19 juin 1999*, http://www.just.fgov.be/cgi/article_bod, consulté le 02/06/00.

MITCHELL A. D., CONWAY J.M. Body composition analysis of pigs by dual energy X-ray absorptiometry (DEXA). *J. Anim. Sci.* 1993, **71**, 146.

MOELLER S. J., CHRISTIAN L. L., GOODWIN R. N. Development of adjustment factors for backfat and loin muscle area from serial Real-Time ultrasonic measurements on purebred lines of swine. *J. Anim. Sci.*, 1998, **76**, 2008-2016.

MOELLER S.J. et CHRISTIAN L.L. Evaluation of the accuracy of real-time ultrasonic measurements of backfat and loin muscle area in swine using multiple statistical analysis procedures. *J. Anim. Sci.*, 1998, **76**, 2503-2514.

Références bibliographiques

MONIN G. Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *INRA Prod. Anim.*, 1991, **4**, 151–160.

MONIN G., SELLIER P. Pork of low technological quality with a normal rate of muscle pH fall in the immediate *post mortem* period : the case of the Hampshire breed. *Meat Sci.*, 1985, **13**, 49-63.

NEZER C., MOREAU L., BROUWERS B., COPPIETERS W., DETILLEUX J., HANSET R., KARIM L., KVASZ A., LEROY P., GEROGES M. An imprinted QTL with major effect on muscle mass and fat deposition maps to the IGF2 locus in pigs. *Nature genetic*, 1999, **21**, february, 155-156.

O'BRIEN P. J., BALL. R. O., MCLENNAN D. H. Effect of heterozygosity for the mutation causing porcing stress syndome on carcass quality and live performance characteristics. In : Proc. 13th International pigs veterinary science cong., 26-30 June 1994, Bangkok, Thailand, 1994, 481.

OLLIVIER L., SELLIER P., MONIN G. Déterminisme génétique du syndrome d'hyperthermie maligne chez le porc Piétrain. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 1975, **7**, 159-166.

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION. Viande et produits à base de viande – Détermination de la teneur en matière grasse totale. N°: ISO 1443-1973 (F), 1973, 2 p.

PARK B., WHITTAKER A.D., MILLER R.K., BRAY D.E. Measuring intramuscular fat in beef with ultrasonic frequency analysis. *J. Anim. Sci.*, 1994, **72**, 117-125.

POMAR C., RIVERS J. Evaluation *in vivo* de la composition corporelle des porcs à l'engrais. Agriculture et agro-alimentaire Canada. http://res.agr.ca/swinenet/porcexpert/pub/1996_genet_cpaq/index.html, Consulté le 19/04/99.

POMAR C., FORTIN A., MARCOUX M., 2001. Estimation du rendement boucher et de la teneur en viande maigre des carcasses de porc à l'aide de différentes méthodologies de mesure de l'épaisseur du gras et du muscle dorsal. *Journées Rech. Porcine en France*, **33**, 63-69.

POMMIER S. A., HOUDE A. ; ROUSSEAU F., SAVOIE Y. 1992. The effect of malignant hyperthermia genotype as determined by a restriction endonuclease assay on carcass characteristics of commercial crossbred pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, 1982, **72** : 973-976.

RAGLAND K.D., BRONDUM J., CHRISTIAN L.L. Prediction of intramuscular fat in live swine using real-time ultrasound. 1997 National Swine Improvement Federation, Proceedings. <http://mark.asci.ncsu.edu/nsif/97proc/ragland.htm> consulté le 26/10/01.

RANTANEN N.W., EWING R.L. Principles of ultrasound application in animals. *Vet. Radiol.*, 1981, **22**, 196-201.

REMPEL W. E., LU M., MICKELSON J. R., LOUIS C. F. 1995. The effect of skeletal muscle ryanodine receptor genotype on pigs performance and carcass quality traits. *Anim. Sci.*, 1995, **60**, 249-257

ROBINSON D. L., MCDONALD C. A., HAMMOND K., TURNER, J. W. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound : Assessment and accuracy of sonographers. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70** : 1667.

ROSNER F., POLTEN S., WICKE M. Comparison investigations about the application of ultrasound measurement (Piglog) for prediction of the lean meat content in gilts. *Archiv fuer Tierzucht / Archives of Animal Breeding Heft 5* (2000). <http://www.fbn-dummerstorf.de/fbn/literatur/Archiv/abst52000.htm>

SAS, 1989 : SAS/STAT. User's guide (version 6, 4th Ed.). SAS. Inst.Inc.,Cary, NC, USA.

Références bibliographiques

SATHER A. P., BAILEY D.R.C., JONES S.D.M. Real-Time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality. *Can. J. Anim. Sci.* 1996, **76**, 55-62.

SATHER A. P., NEWMAN J. A., JONES S. D. M., TONG A. K. W., ZAWADSKI S. M., COLPITTS G. The prediction of pork carcass composition using live animal echographic measurements from the Krautkramer USK7, Ithaca Scanoprobe 731C and Aloka SSD-210DXII Echo Camera. *Can. J. Anim. Sci.* 1991, **71** : 1001-1009.

SATHER A.P., TONG A. K.W., HARBISON D.S. A study of ultrasonic probing techniques for swine. I. The effect of operator, machine and site. *Can. J. Anim. Sci.*, 1986, **66**, 591-598.

SATHER A. P., JONES S. D. M., TONG A. K. W. Halothane genotype by weight interactions on lean yield from pork carcasses. *Can. J. Anim. Sci.*, 1991a, **71** : 633-643.

Sather, A. P., Murray, A. C., Zawadski, S. M., Johnson, P. The effect of halothane gene on pork production and meat quality of pigs reared under commercial conditions. *Can. J. Anim. Sci.*, 1991b, **71** : 959-967.

SATHER A. P., NEWMAN J. A., JONES S. D. M., TONG A. K. W., ZAWADSKI S. M., COLPITTS G. The prediction of pork carcass composition using live animal echographic measurements from the Krautkramer USK7, Ithaca scanoprobe 731C and Aloka SSD-210DXII Echo Camera. *Can. J. Anim. Sci.*, 1991, **71**, 1001-1009.

SEARLE R. Linear models. John Wiley and Sons INC. New York, London, Sydney, Toronto, 1971, 531p.

SEE M.T., 2000. Machine and technician effect ultrasonic measures of backfat and loin depth in swine. [Http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReport/2000/see1.htm](http://mark.asci.ncsu.edu/SwineReport/2000/see1.htm)

SIMPSON S. P., WEEB A. J. Growth and carcass performance of british Landrace pigs heterozygous at the halothane locus. *Anim. Prod.*, 1989, **49**, 503-509.

Références bibliographiques

SMITH B.S., JONES W.R., HOUG J.D., HUFFMAN D.L., MIKEL W.B., MULVANEY D. R. Prediction of Carcass Characteristics by Real-Time Ultrasound in Barrow and Gilts Slaughtered at Three Weights. *J. Anim. Sci.*, 1992, **70**, 2304-2308.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. 1989 : SAS/STAT. User's guide. Version 6. 4th Ed. SAS. Inst.Inc. : Cary, NC, USA.

STOUFFER J. R. Using ultrasound to objectively evaluate composition and quality of livestock. In 21st Century concepts important to meat-animal evaluation, Cornell University : Ithaca, 1991, 49-54.

STOUFFER J.R., WALLENTINE M.V., WELLINGTON G.H., DIEKMANN A. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and ribeye area in cattle and hogs. *J. Anim. Sci.*, 1961, **20**, 759-767.

SVENDSEN O.L., HAARBO J., HASSAGER C., CHRISTIANSE C. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy absorptiometry *in vivo*. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1993, **57**, 605-609.

SYBESMA M., EIKELEMBOOM G. Malignant Hyperthermia Syndrome in pigs. *Neth. J. Vet.Sci.*, 1969, **2**, 155-160.

SZABO CS., BABINSZKY L., VERSTEGEN M.W.A., VANGEN O., JANSMANN A.J. M., KANIS E. The application of digital imaging techniques in the *in vivo* estimation of the body composition of pigs : review. *Livest. Prod. Sci.*, 1999, **60**, 1-11.

TERRY, C. A., SAVELL, J. W., RECIO, H. A., CROSS, H. R. 1989. Using ultrasound technology to predict pork carcass. *J. Anim. Sci.*, 1989, **67**, 1279.

TOPEL D.G., BICKNELL E.J., PRESTON K.S., CHRITIAN L.L., MATSUSHIMA C.Y. Porcine stress syndrome. *Med. Vet. Pract.*, 1968, **49**, 40.

Références bibliographiques

TURLINGTON L.M. Live animal evaluation of swine and sheep using ultrasonics. (M.S. Thesis). Kansas State University : Manhattan, 1990, 211 p.

VILLE H., MAES G., GEERS R., GOEDSEELS V., PARDUYNS G., VAN BAEL J., JANSSENS S., DEKEMPENEER P. A technique for muscle biopsy sampling on pigs to assess intramuscular fat. *Meat Sci.*, 1992, **32**, 123-129.

VILLE H., ROMBOUTS G., VAN HECKE P., PERRMANS S, MAES G., SPINCEMAILLE G., GEERS R. An Evaluation of Ultrasound and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy to Measure *In Vivo* Intramuscular Fat Content of Longissimus Muscle of Pigs. *J. Anim. Sci.* 1997, 75, 2942-2949.

WILD J. J. The use of ultrasonic pules for the measurement of biological tissue and the detection of tissue density changes. *Surgery*, 1950, 27, 183-189.

WILD J.J., NEAL D. Use of hight frequency ultrasonic waves for detecting changes of textures in living tissue. *Lancet*, 1951, 260, 655-661.

WITTMANN W., PESCHKE W., LITTMANN E., BEHRINGER J., BIRKENMAIER S., DOVC P., FÖRESTER M. Mast-und Schlachtleistungen von DL-Kastraten in Abhängigkeit von MHS-Genotyp. *Züchtungskunde*. 1993, **65** : 197-205.

YATES C.M., OWEN, M.G.. Comparison of seven ultrasonic techniques for in vivo estimation of pig carcass composition. *Anim. Prod.*, 1993, **56**, 453.

YOUSAO A. K. I., VERLEYEN, V., MICHAUX C., LEROY, P L. A comparison of the Fat Lean Meter (CGM) and the ultrasonic device Pie Medical 200 and Piglog 105 for estimation of the lean meat proportion in Pietrain and negative-stress Pietrain carcasses". *Livestock Production Science*. 2002b (In press)

YOUSAO A.K.I., VERLEYEN V., LEROY P.L. Évaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. *Ann. Méd. Vét.*, 2002a, **146**, 19-29.

Références bibliographiques

YOUSSAO A. K. I., VERLEYEN V., LEROY P L. Prediction of carcass lean content by real-time ultrasound in Pietrain and negative-stress Pietrain. *Anim. Sci.* 2002a, **75**, 25-32.

YOUSSAO A. K. I., VERLEYEN, V., MICHAUX C., LEROY, P L. Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pietrain pig using the real-time ultrasound. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2002 (In press).

YOUSSAO A. K. I., VERLEYEN, V., MICHAUX C., LEROY, P L. Evaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain. *Ann. Méd. Vét.*, 2002 (In press).

Prédiction de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande du Piétrain stress négatif par l’ultrasonographie en temps réel.

Résumé

La prédiction de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande du Piétrain stress négatif par l’ultrasonographie en temps réel a été réalisée à la station expérimentale de la Faculté de Médecine Vétérinaire de l’Université de Liège (Belgique) de 1998 à 2002. Les animaux ont été nourris *ad libitum* et abattus à un âge moyen de 213 jours pour un poids moyen de 101 kg. Les images échographiques ont été prises sur chaque animal à l’aide du Scanner Pie Medical 200 (*Pie Medical equipment BV, Maastricht, Netherlands*) équipé d’une sonde «*animal science*» de 18 cm de long (ASP-18) et de fréquence 3,5 Mhz. Pour le choix du site de sondage dans l’estimation de la teneur en viande maigre, des mesures ultrasonographiques de l’épaisseur du lard dorsal et de l’épaisseur et de la surface du muscle *longissimus dorsi* ont été réalisées sur 210 porcs de race Piétrain dont 98 femelles et 112 castrats. La veille de l’abattage, quatre images longitudinales et quatre transversales ont été prises au niveau de la dernière et de la dixième vertèbres thoraciques de chaque porc. La répétabilité de la mesure de l’épaisseur du lard dorsal de la dernière côte (ULRBF) est similaire à celle de la dixième côte (UTRBF) ($t = 0,87$). Les mesures de l’épaisseur (ULRMD) et de la surface (ULRMA) du muscle *longissimus dorsi* de la dernière vertèbre thoracique ont été plus répétables que celles de l’épaisseur (UTRMD) et de la surface (UTRMA) du muscle de la dixième côte. La meilleure corrélation entre la teneur en viande maigre de la carcasse (CLEAN) et les mesures à ultrasons a été obtenue avec l’épaisseur du lard dorsal ($r = -0,51$). La corrélation entre CLEAN et ULRMD et celle entre CLEAN et ULRMA ont été plus importantes que celles obtenues entre CLEAN et UTRMD et entre CLEAN et UTRMA respectivement. Lorsque la teneur en viande maigre est prédite à partir de l’épaisseur du lard dorsal, la précision de l’équation de régression est similaire quel que soit le site de mesure. Par contre, en ajoutant l’épaisseur ou la surface du muscle *longissimus dorsi* à l’épaisseur du lard dorsal dans l’équation de régression, la dernière vertèbre thoracique a présenté la meilleure précision. De tout ce qui précède, la dernière côte est le meilleur site de mesure pour la prédiction de la teneur en viande maigre. Une fois le meilleur site déterminé, la prédiction de la teneur en viande maigre a été réalisée. Pour cette étude, des mesures ultrasonographiques de l’épaisseur du lard dorsal, de l’épaisseur et de la surface du muscle *longissimus* ont été réalisées sur 335 porcs

dont 164 femelles et 171 castrats. La veille de l'abattage, une à deux images longitudinales et transversales ont été prises au niveau de la dernière vertèbre thoracique. Les homozygotes résistants à l'halothane (CC) ont présenté moins de viande maigre ($p < 0,05$) que les homozygotes sensibles à l'halothane (TT). Les hétérozygotes CT ont une teneur en viande maigre intermédiaire entre celles des homozygotes CC et TT. Les femelles ont plus de viande maigre que les castrats ($p < 0,05$). Les corrélations entre le pourcentage de viande maigre et respectivement, l'épaisseur du lard dorsal et l'épaisseur du muscle ont été de 0,51 et 0,50. La prédiction de la teneur en viande maigre à partir des mesures de l'épaisseur du lard dorsal et la profondeur du *longissimus dorsi* a donné des R^2 qui variaient de 0,35 à 0,79.

La comparaison entre le Capteur gras - maigre (CGM), le Pie Médical (PIE) et le Piglog 105 (SFK) dans l'estimation de la teneur en viande maigre (TVM) a été réalisée sur 307 Piétrain et Piétrain stress négatif. La veille de l'abattage, la teneur en viande maigre a été estimée à partir des appareils PIE et SFK. Sur la carcasse, l'estimation a été faite à partir du CGM à l'abattoir. La TVM a varié d'un appareil à l'autre ($p < 0,001$). Elle a été de 65, 65,7 et 63,9 %, respectivement pour le CGM, le PIE et le SFK. L'interaction entre le type d'appareil et le génotype de sensibilité à l'halothane a été significative sur la teneur en viande maigre ($p < 0,001$). Quel que soit le type d'appareil, la TVM augmente des homozygotes résistants au stress (CC) aux hétérozygotes résistants au stress (CT) et des génotypes CT aux homozygotes sensibles au stress (TT). L'interaction entre la machine et le sexe a été également significative ($p < 0,001$). Pour chaque appareil, les femelles ont été plus maigres que les mâles ($p < 0,05$). Les différences de viande maigre estimées entre appareils ont été significativement différentes selon le génotype de sensibilité à l'halothane ($p < 0,01$) alors que le sexe n'a influencé que la différence de TVM entre CGM et PIE et la valeur absolue de cette différence. Le PIE et le SFK surestiment la TVM estimée par le CGM, respectivement de 52 à 67 % et de 52 à 65% de la TVM obtenue par le CGM, alors que le PIE surestime la TVM par rapport au SFK. Enfin, une évaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain a été abordée. Pour réaliser cette étude, des mesures ultrasonographiques du gras intramusculaire du *longissimus thoracis* ont été prises sur 80 porcs Piétrain dont 42 femelles et 34 castrats. La veille de l'abattage, des images échographiques ont été prises de la 10^e à la dernière vertèbre thoracique, perpendiculairement à l'axe de la colonne

vertébrale, à une distance de 6 cm de celle-ci. La teneur en gras intramusculaire a été estimée à partir de l'échogénicité musculaire. A la découpe, une tranche du muscle *longissimus thoracis* correspondant au 12^e et 13^e côtes a été prélevée pour déterminer l'extrait éthéré (EE). Les teneurs respectives ont été de 1,44, 1,37 et 1,15 % du muscle pour les homozygotes résistants au stress (CC), les hétérozygotes résistants au stress (CT) et les homozygotes sensibles au stress (TT). Le coefficient d'échogénicité représenté par le pourcentage de pixels blancs dans l'image échographique a été de 9,98, 8,75 et 7,79 % respectivement pour les CC, CT et TT. Les castrats ont présenté une teneur en EE et un pourcentage de pixels blancs supérieurs à ceux des femelles. Le coefficient de détermination (R^2) du modèle de prédiction du pourcentage d'EE à partir du pourcentage de pixels a été de 0,35 et l'écart quadratique moyen des erreurs a été de 0,26 %. Ces performances pourront être améliorées en utilisant l'accessoire de calibration de la sonde ASP-18 avant la prise d'images échographiques.

Prediction of carcass composition and meat quality in stress negative Pietrain pig using real-time ultrasound.

The prediction of carcass composition and meat quality in stress negative Pietrain pig using real-time ultrasound was carried out at the experimental station of the Veterinary Faculty of the University of Liege (Belgium) from 1998 to 2002. The pigs were slaughtered at an average age of 213 days and an average weight of 101 kg. Ultrasound images were taken on each animal using the Pie Medical Scanner 200 (*Pie Medical equipment BV, Maastricht, The Netherlands*) equipped with an animal science probe (ASP-18) and a frequency of 3.5 MHz. The better site of carcass lean percentage estimation by real-time ultrasound data in Pietrain pig, was determined by measuring backfat thickness, *longissimus* muscle depth and *longissimus* muscle area in 210 Pietrain pigs (98 gilts and 112 barrows). The day before slaughter, four longitudinal and four transverse images were taken at the last rib and the tenth rib levels of each animal. The repeatability of ultrasound last rib backfat (ULRBF) measurements was similar to that of tenth rib backfat (UTRBF) ($t = 0.87$). Ultrasound last rib *longissimus* muscle depth (ULRMD) and area (ULRMA) measurements were more repeatable than those corresponding to the tenth rib. The best correlation between carcass lean percentage (CLEAN) and carcass measurements was obtained with backfat thickness ($r = -0.51$). The correlation between CLEAN and ULRMD and between CLEAN and ULRMA were higher than those between CLEAN and UTRMD and between CLEAN and UTRMA. When the CLEAN was predicted from ultrasound backfat thickness, the accuracy of the regression equation was the same regardless of the probing site (last or tenth rib). On the other hand, when *longissimus* muscle measurements (depth and area) are included together with backfat thickness in prediction equations, the last rib was more accuracy. Therefore, the last rib was the best probing site for CLEAN prediction. The prediction of carcass lean content by real-time ultrasound was then carried out. For this study, real-time ultrasound data of backfat thickness, *longissimus* muscle depth and *longissimus* area were taken from 335 pigs (164 gilts and 171 barrows). The day before slaughter, longitudinal and transverse images were taken at the last rib. After slaughtering, the lean meat content was estimated by a CGM (Capteur Gras-Maigre) equipped with an 8 mm diameter Sydel probe. The carcass lean content was higher in homozygote TT than homozygote CC and heterozygote CT pigs ($p < 0.05$). Gilts had more lean meat content than barrows ($p < 0.05$). The correlation between the lean meat

percentage and ultrasound backfat thickness (UBFT) or ultrasound *longissimus* muscle depth (ULMD) respectively was moderate. The prediction of lean meat content using UBFT, ULMD and ULMA gave an R^2 which varied from 0.35 to 0.79.

A comparison between the Fat Lean - Meter (CGM), the ultrasonic device Pie Medical 200 (PIE) and the Piglog 105 (SFK) for estimation of the carcass lean meat proportion was realized with 307 Piétrain and negative-stress Piétrain. The day before slaughter, carcass lean content was measured with two types of ultrasonic devices on the living animal: the Piglog 105 and the Pie Medical Scanner 200. The carcass lean meat content was estimated by CGM at the slaughterhouse. The effect of the machine was highly significant ($p < 0.001$) for the carcass lean measurements. The percentages of lean meat were 65, 65.7 and 63.9 % respectively for CGM, PIE and SFK ($p < 0.05$). The effect of the machine x genotype interaction was highly significant ($p < 0.001$). Regardless of the machine type, the carcass lean content increased from homozygote negative stress (CC) to heterozygote negative stress (CT) and from CT genotype to homozygote positive stress (TT). The effect of machine X sex interaction was also highly significant ($p < 0.001$). For each machine, gilts had more lean meat percentage than barrows ($p < 0.05$). The bias between each apparatus was significantly different according to the halothane genotype sensibility ($p < 0.01$), whereas the sex influenced only the difference between CGM and PIE lean meat content and the absolute value of this difference. The PIE and the SFK lean value overestimated the CGM lean, respectively from 52 to 67 % and from 52 to 65 % of CGM lean, whereas the PIE overestimated the SFK lean.

Beside the carcass lean content, real-time ultrasound evaluation of intramuscular fat in Pietrain pig was also carried out. Real-time ultrasound data collection, consisting specifically of *longissimus thoracis* muscle echogenicity measurements, was carried out on 80 Pietrain pigs (42 gilts and 34 barrows). The day before slaughtering, longitudinal images were taken approximately 6 cm of the midline and parallel to the spine, from the tenth to the last rib. Two ribs thickness (12th and 13th ribs) was excised from the *longissimus thoracis* muscle for subsequent ether extract value (EE) determination. The percentage of white pixels in the ultrasound image were related to EE percentage. The EE percentages were 1.44, 1.37 and 1.15 % respectively for the homozygous stress-negative Pietrain (CC), heterozygous stress-negative Pietrain (CT) and homozygous stress-positive

Pietrain (TT) individuals. The percentage of white pixels in the *longissimus thoracis* images were 9.98, 8.75 and 7.79 % respectively for CC, CT and TT genotypes. The barrows had an higher intramuscular fat and white pixel percentage than the gilts. The determination coefficient (R^2) of the EE prediction model originating from the white pixels percentage was 0.35 with a root mean squared error of 0.26 %. These performance could be potentially improved using the calibration phantom of the ASP-18 probe, before taking images.