

MIREILLE THÉRIAULT

**UTILISATION DES MESURES AUX ULTRASONS POUR
ESTIMER LA COMPOSITION DE LA CARCASSE CHEZ
L'AGNEAU LOURD**

Mémoire présenté
à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval
dans le cadre du programme de maîtrise en Sciences Animales
pour l'obtention du grade de Maître ès Sciences (M. Sc.)

DÉPARTEMENT DES SCIENCES ANIMALES
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION
UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

DÉCEMBRE 2005

RÉSUMÉ COURT

Ce travail a pour objectif d'étudier le potentiel des mesures aux ultrasons (US), prises sur l'animal vivant, pour prédire la composition des carcasses chez l'agneau. Des mesures US ont été effectuées à différents sites de mesures sur 144 agneaux, à plusieurs moments de leur croissance. Suite à l'abattage, une demi-carcasse de chaque agneau a été disséquée en gras, maigre et os. Les mesures US de l'épaisseur de gras dorsal et du GR ont permis d'évaluer avec précision les épaisseurs réelles mesurées sur la carcasse. La relation obtenue entre les épaisseurs du longissimus dorsi US et carcasse a été plus faible. Concernant la prédiction de la composition des carcasses, la mesure du GR et du gras dorsal US ont présenté un intérêt. Ces résultats confirment que l'ajout des mesures US aux programmes de sélection génétique pourrait permettre d'améliorer la qualité des carcasses d'agneaux.

RÉSUMÉ LONG

Ce projet avait pour but de valider l'utilisation de diverses mesures échographiques comme méthode d'estimation *in vivo* de la composition en viande maigre et en gras des carcasses d'agneaux lourds. Pour ce faire, 144 agneaux mâles et femelles de races Suffolk et Dorset ont été sélectionnés. Des mesures aux ultrasons (US) ont été prises à toutes les semaines chez les agneaux âgés entre 65 et 150 jours à différents sites [épaisseurs de gras dorsal et de l'œil de longe (LD) entre les 12^e-13^e côtes et entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires et de tissus (GR) entre la 11^e-12^e côte]. Après l'abattage, une demi-carcasse de chaque agneau a été découpée et les mesures correspondant à celles prises *in vivo* ont été effectuées. Les demi-carcasses ont ensuite été disséquées pour déterminer la composition en gras, maigre et os des agneaux.

Les mesures US de gras dorsal et du GR prises avant l'abattage ont permis d'estimer avec précision les épaisseurs de gras ou de tissus réelles mesurées sur la carcasse ($0,76 < r < 0,83$). La relation entre l'épaisseur du LD US et carcasse a cependant été plus faible ($0,39 < r < 0,51$).

Mesurés avant l'abattage à l'aide des ultrasons, le GR et l'épaisseur de gras dorsal ont présenté un intérêt significatif dans la prédiction de la composition en gras et en muscle de la carcasse. La combinaison de ces mesures a ajouté à la prédiction de la composition, en donnant une évaluation plus juste de la carcasse dans sa totalité. Ensemble, le GR et le gras dorsal ont permis d'obtenir un R^2 autour de 0,70 pour la prédiction du pourcentage de gras de la carcasse. Ces mêmes mesures ont aussi été les variables les mieux corrélées avec le rendement en viande maigre. Les meilleures équations pour prédire le pourcentage de muscle de la carcasse ont donc été obtenues en combinant le GR, le gras dorsal et l'épaisseur du LD ($0,51 < R^2 < 0,55$).

Peu de différences ont été observées entre les différents sites de mesure. Globalement, le GR et les mesures entre la 12^e et la 13^e côtes ont été les plus utiles pour prédire la composition des carcasses. Cependant, d'un point de vue pratique, les mesures longitudinales du gras dorsal et du LD pourraient être considérées en remplacement des mesures thoraciques (transversales). Il a également été possible d'établir que ni la race ni le

sexe n'avait un effet significatif sur la précision des mesures US. Seule l'épaisseur de la couche de gras affectait l'interprétation des différentes couches de gras au niveau lombaire. Ces résultats démontrent que les mesures obtenues grâce aux ultrasons pourraient, via une sélection génétique orientée vers la réduction de l'épaisseur de gras dorsal, permettre d'améliorer la qualité des carcasses.

AVANT-PROPOS

Je voudrais adresser mes plus sincères remerciements à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.

Je tiens avant toute chose à remercier profondément mon directeur de maîtrise, le Dr François Castonguay, chercheur à Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC), pour sa contribution, tant sur les plans académique, professionnel que personnel, à l'ensemble de mon cheminement à travers tout le processus menant à l'obtention de mon diplôme. Ses précieux et judicieux conseils, sa rigueur et son perfectionnisme, à tous les niveaux, ont permis de mener à terme, et avec succès, cet ambitieux projet. Sa confiance en moi et ses encouragements m'ont aussi amené à me surpasser. Il a su me transmettre sa passion pour les moutons et, à force de patience et de persévérance, son penchant pour le travail bien fait ... parfaitement fait. Merci !

Mille mercis à Jean-Paul Daigle, responsable du secteur production du Centre de développement du porc du Québec, pour m'avoir transmis, avec patience et humilité son savoir-faire et ses connaissances des mesures par échographie. C'est grâce à lui si j'ai pu obtenir d'aussi bons résultats avec les ultrasons ! Merci pour ses conseils dans l'élaboration du protocole, le choix des sites de mesure et l'analyse des résultats. Merci aussi pour son soutien « technique » et pour m'avoir dépanné à toutes les fois où j'ai eu besoin d'un autre appareil à ultrasons.

Je dis évidemment un gros merci à tous les producteurs qui ont fourni des agneaux pour le déroulement de cette expérience. J'adresse également mes remerciements à Giovanni Lebel, responsable de la station d'évaluation des agneaux commerciaux de Saint-Jean-de-Dieu où les agneaux ont été élevés.

Merci à Carol Bernier, propriétaire de l'abattoir de Luceville, ainsi qu'à tout son personnel, pour m'avoir facilité l'accès aux installations d'abattage et pour leur tolérance lors de la prise des données dans leur établissement.

Pour tout le travail réalisé au Centre de recherche et de développement sur les bovins laitiers et le porc d'AAC à Lennoxville, je remercie sincèrement le chercheur Dr Candido Pomar qui était responsable de la supervision scientifique de l'aspect « carcasse » du projet. Un grand merci également à Marcel Marcoux, professionnel de recherche à AAC, et à Julie Mercier, à l'époque étudiante à la maîtrise, qui ont assuré avec brio la coordination de ce volet et qui y ont participé activement (découpe, dissection, numérisation des images, compilation des données relatives à la composition des carcasses). Merci aussi aux bouchers pour le travail méticuleux qu'ils ont accompli lors de la découpe et de la dissection. Merci à Steve Méthot, statisticien à AAC à Lennoxville, pour son appui et son aide précieuse pour la réalisation des analyses statistiques.

Merci à Paul Demers, étudiant en agronomie, qui m'a aidé lors de la réalisation de la phase animale. Je tiens aussi à remercier Francis Goulet (professionnel de recherche contractuel, à l'époque, au Département des sciences animales de l'Université Laval) qui a participé à l'écriture et à la réalisation de ce projet.

Du point de vue financier, ce projet n'aurait pu être possible sans la contribution du Conseil des recherches en pêche et en agroalimentaire du Québec du Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, de la Coopérative fédérée de Québec et de la compagnie Intervet Canada Ltd. Merci aux Fonds pour la formation des chercheurs et l'aide à la recherche du Québec pour m'avoir octroyé une bourse d'excellence qui m'a permis de survivre pendant mes travaux de recherche. Un grand merci à la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec pour avoir rendu accessible leur Ultrascan50 pour la prise des mesures à échographie.

Finalement, je tiens à remercier mes parents et amis pour avoir trop souvent accepté de se passer de moi ;) Merci de m'avoir encouragée et endurée quand j'étais déprimée ...

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ COURT	II
RÉSUMÉ LONG.....	III
AVANT-PROPOS.....	V
TABLE DES MATIÈRES.....	VII
LISTE DES TABLEAUX.....	IX
LISTE DES FIGURES	XI
LISTE DES ÉQUATIONS	XIII
CHAPITRE 1. INTRODUCTION	14
CHAPITRE 2. REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS.....	17
2.1. PRINCIPES DE BASE DES ULTRASONS	17
2.1.1. Propriétés du son.....	17
2.1.2. Émission et transmission des ultrasons.....	19
2.1.3. Types d'appareil à ultrasons	22
2.2. TECHNIQUE DE MESURE AUX ULTRASONS	22
2.2.1. Sites de mesure	22
2.2.2. Précision des mesures	24
2.2.3. Répétabilité des mesures.....	29
2.2.4. Facteurs qui affectent l'exactitude et la répétabilité des mesures.....	32
2.2.5. Conclusions sur l'exactitude et la répétabilité des mesures.....	50
2.3. MÉTHODES DE PRÉDICTION DE LA COMPOSITION DE LA CARCASSE.....	50
2.3.1. Poids vif.....	53
2.3.2. Mesures physiques.....	54
2.3.3. Mesures aux ultrasons.....	55
2.3.4. Mesures sur la carcasse.....	69
2.3.5. Facteurs qui influencent la prédiction de la composition des carcasses	72
2.3.6. Conclusions sur la prédiction de la composition des carcasses	77
2.4. UTILISATION DES MESURES AUX ULTRASONS POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DES CARCASSES	78
2.5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES	83
2.6. OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	83
2.7. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	84
2.8. RÉFÉRENCES	84
CHAPITRE 3. UTILISATION DES MESURES AUX ULTRASONS POUR ESTIMER LA COMPOSITION DES CARCASSES CHEZ L'AGNEAU LOURD	92
3.1. INTRODUCTION	92
3.2. MATÉRIEL ET MÉTHODE	94

3.2.1. Sélection des animaux et conditions d'élevage	94
3.2.2. Mesures réalisées sur l'animal vivant	95
3.2.3. Abattage	96
3.2.4. Découpe, mesures réalisées sur la carcasse et dissection.....	97
3.2.5. Analyses statistiques	98
3.3. RÉSULTATS	100
3.3.1. Données analysées	100
3.3.2. Croissance, abattage et dissection	101
3.3.3. Précision des mesures aux ultrasons pour évaluer l'épaisseur des tissus.....	101
3.3.4. Prédiction de la composition de la carcasse.....	112
3.4. DISCUSSION	120
3.4.1. Précision des mesures aux ultrasons pour évaluer l'épaisseur des tissus.....	120
3.4.2. Prédiction de la composition de la carcasse.....	127
3.4.3. Choix du site de mesure.....	130
3.5. CONCLUSIONS & IMPLICATIONS	131
3.6. RÉFÉRENCES	131
CHAPITRE 4. DISCUSSION GÉNÉRALE.....	137
ANNEXE A. SITES DE MESURE	141
ANNEXE B. PRÉCISION DES ULTRASONS (GRAPHIQUES)	144
ANNEXE C. ESTIMATION DE LA COMPOSITION (GRAPHIQUES)	160
ANNEXE D. AUTRES RÉSULTATS	162

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1.	VITESSE DES ONDES LONGITUDINALES DANS DIFFÉRENTS MILIEUX.....	18
TABLEAU 2.2.	RÉSUMÉ DES CORRÉLATIONS RAPPORTÉES DANS LA LITTÉRATURE ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS ET SUR LA CARCASSE DES ÉPAISSEURS DE GRAS DORSAL ET DE TISSUS TOTALE (GR)	25
TABLEAU 2.3.	RÉSUMÉ DES CORRÉLATIONS RAPPORTÉES DANS LA LITTÉRATURE ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS ET SUR LA CARCASSE DE L'ÉPAISSEUR DU LONGISSIMUS DORSI.....	28
TABLEAU 2.4.	IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFÉRENTS TISSUS EN FONCTION DE L'ESPÈCE ANIMALE.....	74
TABLEAU 2.5.	MESURES ET SITES DE MESURE UTILISÉS AU SEIN DE PROGRAMMES NATIONAUX DE SÉLECTION GÉNÉTIQUE VISANT L'AMÉLIORATION DE LA COMPOSITION DES CARCASSES D'AGNEAUX PAR L'UTILISATION DES ULTRASONS.....	81
TABLEAU 3.1.	ABRÉVIATIONS DES MESURES EFFECTUÉES À L'AIDE DES ULTRASONS ET DIRECTEMENT SUR LA CARCASSE.....	102
TABLEAU 3.2.	MOYENNES, ÉCARTS-TYPES, VALEURS MAXIMALES ET MINIMALES DES DIFFÉRENTS PARAMÈTRES ÉTUDIÉS	104
TABLEAU 3.3.	PERFORMANCES DE CROISSANCE ET COMPOSITION DES CARCASSES EN FONCTION DU SEXE ET DE LA RACE DES AGNEAUX.....	105
TABLEAU 3.4.	COEFFICIENTS DE CORRÉLATION SIMPLE ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS ET LES MESURES EFFECTUÉES SUR LA CARCASSE À PARTIR D'IMAGES NUMÉRISÉES (N = 100)	106
TABLEAU 3.5.	COEFFICIENTS DE CONCORDANCE ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS ET LES MESURES CORRESPONDANTES EFFECTUÉES SUR LA CARCASSE À PARTIR D'IMAGES NUMÉRISÉES ¹	108
TABLEAU 3.6.	COEFFICIENTS DE CONCORDANCE ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS ET LES MESURES EFFECTUÉES SUR LA CARCASSE CHEZ LES AGNEAUX POSSÉDANT MOINS DE 30 % DE GRAS À LA DISSECTION ¹	110
TABLEAU 3.7.	COEFFICIENTS DE CORRÉLATION SIMPLE ENTRE LES MESURES RÉALISÉES SUR L'AGNEAU AVANT L'ABATTAGE AINSI QUE SUR LA CARCASSE ET LA COMPOSITION DES CARCASSES (N = 96).....	113
TABLEAU 3.8.	ÉQUATIONS DE RÉGRESSION MULTIPLE (STEPWISE) POUR PRÉDIRE LA QUANTITÉ ET LE POURCENTAGE DE GRAS, MUSCLE ET OS AINSI QUE LE RENDEMENT EN VIANDE VENDABLE DES CARCASSES EN UTILISANT LES MESURES PRISES SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (N=125)	116
TABLEAU 3.9.	ÉQUATIONS DE RÉGRESSION MULTIPLE ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS EFFECTUÉES AVANT L'ABATTAGE ET LA COMPOSITION DES CARCASSES (N = 125) ¹	118
TABLEAU 3.10.	ÉQUATIONS DE RÉGRESSION MULTIPLE ENTRE LES MESURES EFFECTUÉES SUR LA CARCASSE ET LA COMPOSITION DES CARCASSES (N = 109) ¹	119
TABLEAU D.1.	COEFFICIENTS DE CORRÉLATION PARTIELLE, CORRIGÉE POUR LE POIDS D'ABATTAGE, ENTRE LES MESURES AUX ULTRASONS ET LES MESURES EFFECTUÉES SUR LA CARCASSE (N = 100)	163

TABLEAU D.2. COEFFICIENTS DE CORRÉLATION PARTIELLE, CORRIGÉE POUR LE POIDS D'ABATTAGE, ENTRE LES MESURES IN VIVO AINSI QUE CELLES EFFECTUÉES SUR LA CARCASSE ET LA COMPOSITION DES CARCASSES (N = 96).....	164
--	-----

LISTE DES FIGURES

FIGURE 2.1.	SCHÉMATISATION D'UNE ONDE SONORE SOUS LA FORME D'UNE ONDE SINUSOÏDALE	19
FIGURE 2.2.	PROPORTION DES ONDES RÉFLÉCHIES ET TRANSMISES LORS DU PASSAGE ENTRE LE GRAS ET LE MUSCLE.....	21
FIGURE 2.3.	REPRÉSENTATION DES DIFFÉRENTES MESURES AU NIVEAU DE LA 12 ^E – 13 ^E CÔTE DÉCRITES PAR PÁLSSON (1939).....	24
FIGURE 2.4.	RÉPONSE À LA SÉLECTION ATTENDUE POUR LA QUANTITÉ DE GRAS ET DE MAIGRE BASÉE SUR DIFFÉRENTES COMBINAISONS DE MESURES (PV : POIDS VIF; GUS : ÉPAISSEUR DE GRAS US; MUS : ÉPAISSEUR DE MUSCLE US; MESURES PARFAITES : MESURES PERMETTANT DE PRÉDIRE PARFAITEMENT LA COMPOSITION DE LA CARCASSE).....	80
FIGURE 2.5.	RÉPONSE ANTICIPÉE CHEZ LA DESCENDANCE AVEC L'UTILISATION D'UN BÉLIER 5 % SUPÉRIEUR POUR L'INDICE TERMINALE (IST)	82
FIGURE 3.1.	RELATION ENTRE LA MESURE GR À L'ABATTAGE (CARCASSE ET ULTRASONS) ET LE POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE	114
FIGURE A.1.	MESURE TRANSVERSALE ENTRE LA 12 ^E ET LA 13 ^E CÔTE, PRISE À L'AIDE D'UN GEL PAD COURBÉ	142
FIGURE A.2.	MESURE DU GR, ENTRE LA 11 ^E ET LA 12 ^E CÔTE, À 11 CM DE LA MÉDIANE, PRISE À L'AIDE D'UN GEL PAD PLAT MUNI D'UN GUIDE (11 CM).....	142
FIGURE A.3.	MESURE LONGITUDINALE ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE PRISE À L'AIDE D'UN GEL PAD PLAT MUNI D'UN GUIDE (4 CM)	143
FIGURE A.4.	MESURE TRANSVERSALE ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE PRISE À L'AIDE D'UN GEL PAD COURBÉ	143
FIGURE B.1.	RELATION ENTRE LE GR (CARCASSE) ET LE GR ÉVALUÉ À L'AIDE DES ULTRASONS SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (GRUS)	145
FIGURE B.2.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DE GRAS ENTRE LA 12 ^E ET LA 13 ^E CÔTE DE LA CARCASSE (ÉGC-T) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASONS SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉGUS-TT)	146
FIGURE B.3.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DE GRAS ENTRE LA 12 ^E ET LA 13 ^E CÔTE DE LA CARCASSE (ÉGC-T) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASONS SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (*ÉGUS-TT, CORRIGÉ POUR SOUSTRAIRE L'ÉPAISSEUR DE LA PEAU).....	147
FIGURE B.4.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DU LD ENTRE LA 12 ^E ET LA 13 ^E CÔTE DE LA CARCASSE (ÉMC-T) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASONS SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉMUS-TT)	148
FIGURE B.5.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DE GRAS ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉGC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASONS SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉGUS-LT)	149
FIGURE B.6.	RELATION, EN FONCTION DU SEXE, ENTRE L'ÉPAISSEUR DE GRAS ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉGC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASONS SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉGUS-LT).....	150

FIGURE B.7.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DE MUSCLE ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉMC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASON SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉMUS-LT)	151
FIGURE B.8.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DE GRAS ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉGC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASON SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉGUS-LL).....	152
FIGURE B.9.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR DU LD ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉMC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASON SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉMUS-LL)	153
FIGURE B.10.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR TOTALE ENTRE LA 12 ^E ET LA 13 ^E CÔTE DE LA CARCASSE (ÉTOTC-T) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASON SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉTOTUS-TT).....	154
FIGURE B.11.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR TOTALE ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉTOTC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASON SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉTOTUS-LT).....	155
FIGURE B.12.	RELATION ENTRE L'ÉPAISSEUR TOTALE ENTRE LA 3 ^E ET LA 4 ^E VERTÈBRE LOMBAIRE DE LA CARCASSE (ÉTOTC-L) ET LA MÊME MESURE ÉVALUÉE À L'AIDE DES ULTRASON SUR L'AGNEAU VIVANT AVANT L'ABATTAGE (ÉTOTUS-LL)	156
FIGURE B.13.	BIAIS DES MESURES AU NIVEAU DES 12 ^E -13 ^E CÔTES [ÉGC-T – (ÉGUS-TT – 3,5)] EN FONCTION DU POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE.....	157
FIGURE B.14.	BIAIS DES MESURES AU NIVEAU DES 12 ^E -13 ^E CÔTES [ÉGC-T – (ÉGUS-TT – 3,5)] EN FONCTION DU POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE (< 30 %)	157
FIGURE B.15.	BIAIS DES MESURES AU NIVEAU DE LA 3 ^E -4 ^E LOMBAIRE [ÉGC-L – (ÉGUS-LT – 3,5)] EN FONCTION DU POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE.....	158
FIGURE B.16.	BIAIS DES MESURES AU NIVEAU DE LA 3 ^E -4 ^E LOMBAIRE [ÉGC-L – (ÉGUS-LT – 3,5)] EN FONCTION DU POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE (< 30 %)	158
FIGURE B.17.	BIAIS DES MESURES AU NIVEAU DE LA 3 ^E -4 ^E LOMBAIRE [ÉGC-L – (ÉGUS-LL – 3,5)] EN FONCTION DU POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE.....	159
FIGURE B.18.	BIAIS DES MESURES AU NIVEAU DE LA 3 ^E -4 ^E LOMBAIRE [ÉGC-L – (ÉGUS-LL – 3,5)] EN FONCTION DU POURCENTAGE DE GRAS DE LA CARCASSE (< 30 %)	159

LISTE DES ÉQUATIONS

ÉQUATION 2.1. IMPÉDANCE ACOUSTIQUE	20
ÉQUATION 2.2. FACTEURS DE RÉFLEXION ET DE TRANSMISSION DES ONDES	20

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Depuis quelques années, l'industrie des viandes rouges fait face à une baisse de popularité marquée auprès des consommateurs. En effet, la consommation de viande rouge a diminué de 19 % entre 1981 et 2004, passant de 33,5 à 27,1 kg/personne (Statistique Canada, 2004¹). Ce déclin serait directement lié au fait que les gens se préoccupent davantage de leur santé. La tendance serait donc à la réduction de la consommation de gras et, par le fait même, de viande rouge. Bien que sa consommation soit plutôt stable, l'agneau est également perçu comme une viande plutôt grasse. En effet, un sondage réalisé auprès de plus de 2 000 consommateurs canadiens a clairement démontré que l'excès de gras était la principale raison pourquoi ils hésitaient à acheter des côtelettes d'agneau (Jeremiah *et al.*, 1990²). Toujours dans cette même étude, le faible rendement en viande, reflété par la petite dimension des côtelettes, a été ciblé comme étant le deuxième facteur en importance menant au délaissement de la viande d'agneau.

Comparativement à l'agneau d'autres régions ou pays, l'agneau du Québec jouit tout de même d'une réputation enviable quant à sa qualité. Depuis quelques années, de nombreux efforts ont été déployés afin de doter la production d'outils permettant à l'agneau québécois de se tailler une place de choix sur les tablettes des supermarchés. La mise en place du système de classification des carcasses par la Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec (FPAMQ) illustre bien cette volonté de progresser. Toutefois, malgré la renommée du produit, une proportion appréciable des agneaux québécois ne répondrait pas aux hauts standards fixés par les consommateurs. Effectivement, la classification des carcasses d'agneaux a permis de constater que près de 40 % des agneaux lourds classifiés

¹ Statistique Canada. 2004. Statistiques sur les aliments. Statistiques sur les aliments au Canada 4: 1-38.

² Jeremiah, L.E., L.L. Gibson et A.K.W. Tong. 1990. Retail acceptability of lamb as influenced by sex and slaughter weight. *Can. J. Anim. Sci.* 70: 1179-1180.

sont trop gras (Laquerre, 2004³). Bien que les producteurs ne soient pas d'emblée rémunérés en fonction de cette classification, une grande proportion des agences de mise en marché régionales prend en compte le niveau d'engraissement des carcasses, bonifiant les carcasses maigres et/ou pénalisant les carcasses trop grasses. À la lumière de ces observations, des actions doivent donc être prises afin d'améliorer la qualité des carcasses mises en marché par les producteurs ovins québécois.

Pour les producteurs, la production du type de carcasses recherché fait intervenir plusieurs aspects de la régie, dont le plus important est sans contredit la génétique. Traditionnellement, la sélection génétique des ovins québécois a été orientée vers l'amélioration des performances de croissance. Cependant, il est devenu impératif d'inclure dans les critères de sélection la notion de qualité des carcasses. Dans cette optique, l'utilisation d'un indice de sélection permettrait d'estimer et de comparer la valeur génétique d'un animal pour le caractère « qualité des carcasses ». Pour ce faire, les producteurs doivent toutefois pouvoir évaluer, de manière objective, la qualité des carcasses des futurs reproducteurs, et ce, sans avoir à les abattre. L'industrie doit donc se munir d'outils permettant de mesurer avec précision ce paramètre sur un large éventail de sujets. À cet effet, les appareils à ultrasons (échographie) semblent les appareils les mieux adaptés pour des mesures en bergerie. Cette technique est d'ailleurs utilisée depuis plusieurs années déjà chez d'autres espèces comme le porc et le bovin. On l'emploie également chez les ovins. En effet, les éleveurs de races pures de plusieurs pays, dont la Nouvelle-Zélande, l'Australie, la Grande-Bretagne et même quelques provinces du Canada, bénéficient déjà de programmes d'amélioration génétique leur permettant de poursuivre des objectifs communs : obtenir les meilleurs taux de croissance, avec des rendements en maigre supérieur et, bien entendu, une déposition de gras de couverture optimale (Stanford *et al.*, 1998⁴). Dans ces programmes, c'est sur l'estimation des dimensions de l'œil de longe et de l'épaisseur du gras dorsal, à l'aide des ultrasons, que s'appuie l'évaluation du potentiel génétique des reproducteurs.

³ Laquerre, G. 2004. Classification, une nouvelle grille. *Ovin Québec*, 4: 6-7.

⁴ Stanford, K., D.M. Jones et M.A. Price. 1998. Methods of predicting lamb carcass composition: A review. *Small Rum. Res.* 29: 241-254.

Au Québec, des mesures de gras et de muscle sont effectuées sur les agneaux commerciaux et les béliers de race pure lors de leur passage en station d'épreuve. Cependant, aucune valeur génétique n'est calculée à l'aide de ces données pour permettre l'évaluation de la qualité des carcasses produites par ces animaux. L'Ontario, via le programme d'amélioration génétique GenOvis également utilisé au Québec, a pourtant développé des indices basés sur ces mesures dans le but d'améliorer la qualité des carcasses (Tosh et Wilton, 2002⁵). Cependant, peu de producteurs participent au programme de mesures par ultrasons dans cette province. Au Québec, l'avènement du paiement en fonction de la qualité des carcasses d'agneaux pourrait, par contre, redonner un élan à cette technique encore trop peu exploitée au Canada. Toutefois, avant d'aller de l'avant avec l'implantation d'un programme de mesures à la ferme, il est primordial d'établir l'utilité des mesures aux ultrasons pour prédire la composition des carcasses dans le contexte de l'élevage québécois.

⁵ Tosh, J.J. et J.W. Wilton. 2002. A terminal-sire index for selecting rams. *Can. J. Anim. Sci.* 82: 591-593.

CHAPITRE 2

REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

2.1. PRINCIPES DE BASE DES ULTRASONS

Globalement, le principe de base des ultrasons est de mesurer un écho provenant de tissus mous. Le transducteur, la sonde que l'on place sur l'animal, génère une impulsion électrique à haute fréquence (ondes ultrasonores), aussi appelée *ultrason*. Les ondes ainsi produites voyagent à travers les tissus jusqu'à ce qu'elles soient partiellement réfléchies par leur passage à travers des tissus de densités et/ou élasticités différentes. Ces ondes de réflexion, les *échos*, sont alors captées par le transducteur et une image, à une ou deux dimensions, est formée sur l'écran. Le temps que prend le signal pour faire l'aller- retour permet de connaître la distance entre les différents tissus, notamment (Simm, 1983; Houghton et Turlington, 1992).

2.1.1. Propriétés du son

Les sons que l'on entend sont le fruit de vibrations, produites par le déplacement de particules dans l'air, qui frappent le tympan et enclenchent la suite des mécanismes propres à l'audition. Les ultrasons, quant à eux, sont des sons dont la vitesse de vibration est supérieure à celle que l'oreille humaine est capable de percevoir (20 000 vibrations/seconde ou 20 000 Hertz). En fait, les appareils à ultrasons conventionnels utilisent des fréquences variant entre 2 et 10 Mhz selon le type d'appareil (Houghton et Turlington, 1992).

Le son origine donc d'une perturbation de la pression causée par un objet vibrant et propagée par les molécules du milieu. Il ne peut se propager que dans un milieu élastique⁶ et non dans le vide comme le fait la lumière. La vitesse du son varie selon le milieu dans

⁶ Qui a la propriété de reprendre, partiellement ou totalement, sa forme ou son volume, après les avoir perdus par compression ou par extension.

lequel il se déplace (331 m/s dans l'air et 3 500 m/s dans les tissus osseux). Celle-ci est constante lorsque le milieu est uniforme mais varie lors du passage dans différents environnements (Tableau 2.1). Au cours de cette transition, certaines ondes seront réfléchies tandis que les autres poursuivront leur course. Ces phénomènes sont à la base même de l'échographie (Hedrick *et al.*, 2005).

Tableau 2.1. Vitesse des ondes longitudinales dans différents milieux

Milieu	Vitesse de propagation des ondes (m/s)
Air	330
Eau	1 480
Gras	1 459
Tissu musculaire	1 580
Os	4 080

Adapté de Hedrick *et al.* (2005)

Le son peut être illustré sous la forme d'une onde sinusoïdale ayant une amplitude, une longueur, une fréquence et une vitesse données (Figure 2.1). L'amplitude correspond à la hauteur maximale des pics et est mesurée en décibel (dB). L'amplitude réfère à l'intensité d'un son. La longueur d'onde correspond à la distance entre chaque pic (ou creux). À cette longueur d'onde est associée la fréquence (exprimée en Hertz) qui, elle, représente le nombre d'ondes passant par un point donné par unité de temps. La vitesse, quant à elle, provient de l'association entre la fréquence et la longueur d'onde et indique la distance parcourue par une onde en une période de temps donnée (généralement en m/s) (Hedrick *et al.*, 2005).

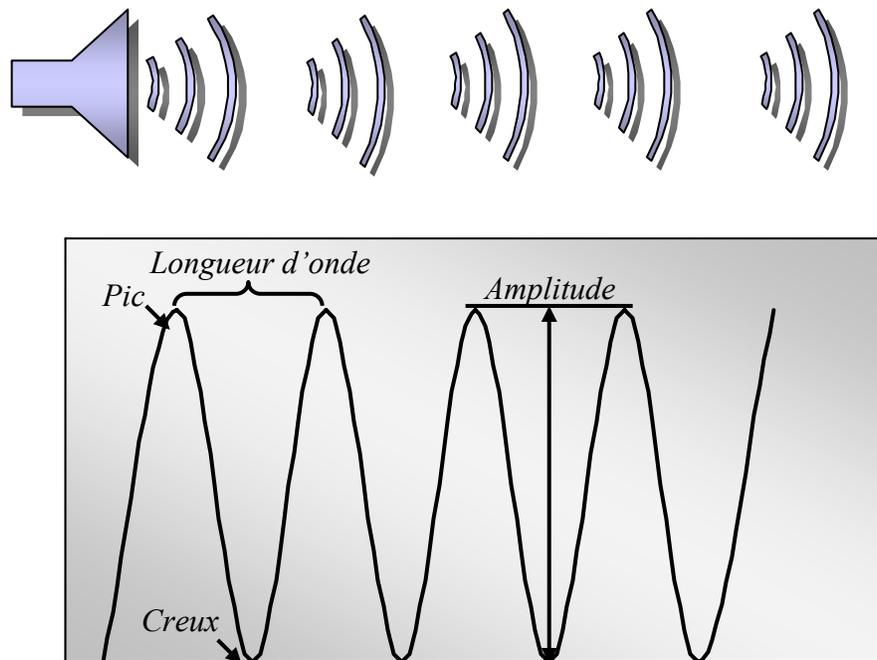


Figure 2.1. Schématisation d'une onde sonore sous la forme d'une onde sinusoïdale

Le son peut se déplacer dans plusieurs directions. Cependant, la technique à ultrasons implique la propagation d'ondes de manière longitudinale (ondes de pression). Ces ondes sont obtenues lorsque les particules frappent perpendiculairement les surfaces. Le mouvement est alors retransmis de particule en particule.

2.1.2. Émission et transmission des ultrasons

Lors de l'utilisation d'appareil à ultrasons, les ondes sont produites par le transducteur, lequel est composé de matériel piézo-électrique, c'est-à-dire capable de transformer une énergie électrique en énergie mécanique, et l'inverse. Cette fonction est assurée par des céramiques polarisées ou des cristaux de quartz qui ont la capacité de changer de forme lorsque soumis à des forces électriques différentes (plaque de cristaux munie de deux électrodes). Ainsi, lorsqu'un courant alternatif est appliqué sur la plaque, celle-ci se déforme (variation en épaisseur) au même rythme que le courant. Ces variations entraînent donc la création d'ondes longitudinales, transmises de particule en particule, dans le milieu sondé. À l'inverse, lors du retour des ondes (écho) vers le transducteur, celles-ci exercent

une pression sur la plaque (déformation) et engendrent une force électrique qui sera traduite en image (Houghton et Turlington, 1992).

Comme mentionné précédemment, le son voyage différemment d'un matériel à un autre. Le comportement du son dans un milieu donné est en grande partie dicté par l'impédance acoustique de ce dernier. L'impédance acoustique correspond à la résistance naturelle qu'offre un matériel à la propagation du son et est déterminée par la vitesse du son ainsi que par la densité du milieu tel que indiqué par l'équation 2.1 (Hedrick *et al.*, 2005).

$$\text{Impédance acoustique (Z)} = v e$$

Où ,
 v : *vélocité (vitesse) du son*
 e : *densité du milieu de propagation*

Équation 2.1. Impédance acoustique

Lorsque les ondes sonores se « heurtent » à l'interface de deux tissus, graisseux et musculaire par exemple, une partie des ondes sera réfléchi tandis que l'autre poursuivra sa course. La différence d'impédance acoustique entre les deux matières en contact déterminera quelle proportion des ondes sera transmise et réfléchi (Équation 2.2) (Hedrick *et al.*, 2005).

$$\text{Coefficient de réflexion (R)} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

$$\text{Coefficient de transmission (D)} = \frac{4Z_2Z_1}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

Où ,
 Z_1 : *impédance acoustique du milieu 1*
 Z_2 : *impédance acoustique du milieu 2*

Équation 2.2. Facteurs de réflexion et de transmission des ondes

Ainsi, lorsque les ondes rencontrent l'interface gras/muscle, près de 99,0 % des ondes sont transmises alors que seulement 1,0 % sont réfractées vers le transducteur (Figure 2.2). Cet exemple illustre bien le faible pouvoir de réflexion de ces tissus et nous indique que, si ces derniers étaient placés directement l'un sur l'autre, il serait très difficile de délimiter précisément le contour de l'image. Heureusement, les muscles sont séparés du gras par une mince membrane qui possède un facteur de réflexion nettement supérieur à ceux du gras et des muscles. À l'opposé, on obtient, avec de l'acier ($Z : 45 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$) et de l'eau ($Z : 1,48 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 \text{ s}$), un facteur de réflexion de 88 %. Plus les impédances acoustiques des deux matières sont rapprochées, plus faible est la proportion des sons retournés à l'origine (écho) et vice-versa. À l'inverse, le coefficient de réflexion tissus mous/air est très proche de 1 (100 %) ce qui signifie que la majorité des ondes sont réfléchies et très peu sont transmises par leur passage entre l'air et la peau. C'est pourquoi la présence d'air entre la sonde et l'animal rend impossible la prise d'image par ultrasons (Starck *et al.*, 2001; Hedrick *et al.*, 2005).

$$\begin{aligned}
 v_{\text{gras}} &= 1\,459 \text{ m/s} \\
 v_{\text{muscle}} &= 1\,580 \text{ m/s} \\
 e_{\text{gras}} &= 0,952 \text{ g/cm}^3 \\
 e_{\text{muscle}} &= 1,080 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{1_gras} &= ve = 1\,459 \text{ m/s} \times 0,952 \text{ g/cm}^3 = 1\,388,97 \text{ g/m}^2\text{s} \\
 Z_{2_muscle} &= ve = 1\,580 \text{ m/s} \times 1,080 \text{ g/cm}^3 = 1\,706,40 \text{ g/m}^2\text{s}
 \end{aligned}$$

$$\text{Coefficient de réflexion (R)} = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2 = \left(\frac{1\,706,40 - 1\,388,97}{1\,706,40 + 1\,388,97} \right)^2 \times 100 = 1,05 \%$$

$$\text{Coefficient de transmission (D)} = \frac{4Z_2Z_1}{(Z_1 + Z_2)^2} = \frac{4(1\,706,40 \times 1\,388,97)}{(1\,388,97 + 1\,706,40)^2} \times 100 = 98,95 \%$$

Figure 2.2. Proportion des ondes réfléchies et transmises lors du passage entre le gras et le muscle

2.1.3. Types d'appareil à ultrasons

Il existe deux types principaux d'appareils à ultrasons, variant selon leur mode d'affichage, soit les appareils en mode-A et en mode-B.

Les appareils à ultrasons en mode-A (de l'anglais *Amplitude Mode* ou *A-Mode*) sont des appareils à affichage unidimensionnel qui produisent une image sous forme de pics verticaux référant à l'amplitude (hauteur et sens des pointes) et au temps de déplacement (distance) de l'onde de retour (écho) le long d'un axe horizontal (Simm, 1983; Houghton et Turlington, 1992). Les échographes des compagnies Sonatest (Milton Keynes, UK), Krautkrämer (Lewistown, PA, É-U), le BCM et le AIDD sont en mode-A.

Pour leur part, les appareils en mode-B (de l'anglais *Brightness Mode* ou *B-Mode*) renvoient une image en deux dimensions représentant, à l'aide d'une multitude de points, une coupe transversale de l'endroit précis où la sonde est placée. La position de chacun des points sur l'écran est fonction du temps que met le son à revenir vers le transducteur. L'intensité lumineuse de ceux-ci est, quant à elle, proportionnelle à l'amplitude de l'écho de retour. Ces appareils sont également capables de capter les mouvements du matériel étudié, c'est pourquoi on les appelle aussi échographes d'imagerie en temps réel (real-time) (Houghton et Turlington, 1992). Dans cette catégorie, on retrouve le Scanogram (Ithaco Inc., Ithaca, NY, É-U), le Danscanner (National Institute of Animal Science et Institute of BioMedical Engineering, Danemark), les différents modèles des compagnies Aloka (Tokyo, Japon), Toshiba (Tokyo, Japon), Tokyo Keiki (Tokyo, Japon), Alliance médicale (« Ultrascan », Lachine, QC, Canada) et Échographes Noveko (« Vetko », Montréal, QC, Canada), pour ne nommer que ceux-là. Les appareils de conception récente utilisés en sciences animales sont de ce type.

2.2. TECHNIQUE DE MESURE AUX ULTRASONS

2.2.1. Sites de mesure

Le site de mesure le plus fréquemment utilisé chez l'agneau, à l'image de ce qui se fait chez le bovin de boucherie, est situé entre la 12^e et la 13^e côte (Wilson, 1992). Cependant,

certains auteurs font référence à des mesures au-dessus de la 12^e côte (Cameron et Smith, 1985) ou encore de la 13^e côte (Fortin et Shrestha, 1986; Simm, 1987; Fernandes, 2000a). Dans ces cas, il est difficile de déterminer si les mesures sont réellement prises au-dessus de la côte ou si la côte sert simplement de référence pour repérer le site. Généralement, les mesures directes sur la carcasse sont prises entre la dernière et l'avant-dernière côte. La région lombaire fait aussi l'objet d'investigations et les mesures à la 1^{ère} vertèbre (juste derrière la 13^e côte) (Stanford *et al.*, 1995) et au niveau des 3^e et 4^e vertèbres (Simm, 1987; Fernández *et al.*, 1998) semblent les plus courantes. Le potentiel d'autres sites de mesure a déjà été évalué mais sans grand succès, notamment au niveau du sacrum et de l'épaule (Thompson *et al.*, 1977; Edwards *et al.*, 1989). Le GR (GR pour *grading rule*) est également une mesure intéressante (McEwan *et al.*, 1989; Ramsey *et al.*, 1991; Hopkins *et al.*, 1993). En effet, le GR correspond à l'épaisseur totale de tissus, essentiellement du gras mais aussi de petits muscles, évaluée à 11 cm au-dessus de la 12^e côte, à l'aide d'une règle, ou entre la 11^e et la 12^e côte, grâce à une sonde (Kirton *et al.*, 1984). Le GR est à la base de plusieurs systèmes de classification des carcasses, notamment en Australie, en Nouvelle-Zélande et au Canada, d'où son intérêt.

La méthode de mesure au niveau de la côtelette généralement employée a été décrite pour la première fois par Pálsson en 1939 (Figure 2.3). Selon cet auteur, A se définit comme étant la largeur maximum du longissimus dorsi (LD), B représente la hauteur maximum du LD perpendiculaire à la surface et C, l'épaisseur de gras de couverture au-dessus de B. La surface du LD est désignée par l'abréviation LEA (*loin eye area*).

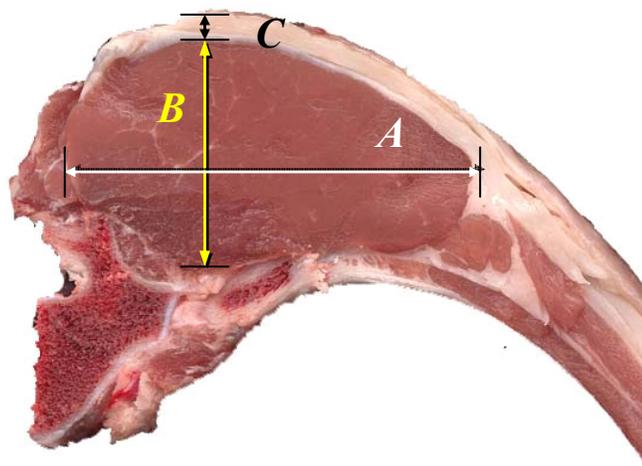


Figure 2.3. Représentation des différentes mesures au niveau de la 12^e – 13^e côte décrites par Pálsson (1939)

2.2.2. Précision des mesures

2.2.2.1. Épaisseur de gras et GR

Les différentes études visant à établir l'exactitude des mesures aux ultrasons (US) pour évaluer l'importance des différentes couches de tissus (gras et muscle) arrivent à des résultats très disparates. Houghton et Turlington (1992) rapportent, dans une revue sur le sujet, que les corrélations entre les mesures par ultrasons réalisées sur l'animal vivant et les mesures prises sur la carcasse se situeraient, chez le mouton, entre 0,42 et 0,75 pour le gras de couverture et entre 0,36 et 0,79 pour l'épaisseur du LD au niveau thoracique. Le Tableau 2.2 fait état des résultats relevés dans la présente revue concernant l'exactitude des mesures de l'épaisseur du gras dorsal et de tissus (GR). En moyenne, les corrélations entre les mesures de gras US et carcasse oscillent autour de 0,8.

Avec les appareils en mode-A, les coefficients de corrélation entre les épaisseurs de gras sur la carcasse et celles prises à l'échographie passent de « non significative » ($ns = 0,05$) à 0,95 (mesures entre la 12^e et la 13^e côte). Pour les appareils à ultrasons en temps réel (mode-B), on constate que, pour l'épaisseur de gras au niveau thoracique, les coefficients de corrélation varient tout autant ($0,17 < r < 0,93$).

Tableau 2.2. Résumé des corrélations rapportées dans la littérature entre les mesures aux ultrasons et sur la carcasse des épaisseurs de gras dorsal et de tissus totale (GR)

Site de mesure	Type d'appareil	Corrélation (r)	ÉTR ³	Pente	Auteurs
Thoracique	Mode-A	0,05 (ns) – 0,17			Fortin et Shrestha, 1986
		0,71 – 0,78	1,11 – 1,19		McEwan <i>et al.</i> , 1989
		0,74			Thompson et Ball, 1997
		0,75 – 0,84			Nicol <i>et al.</i> , 1988
		0,84 – 0,91	0,62 – 0,82		Purchas et Beach, 1981
		0,88 – 0,91	0,38 – 0,63	0,99 – 1,16	Gooden <i>et al.</i> , 1980
		0,88 – 0,93	0,76 – 0,93		Bass <i>et al.</i> , 1982
		0,93 – 0,95	0,82 – 2,09	1,13 – 1,75	Hopkins, 1990
Thoracique	Mode-B	0,17 ¹			Hopkins <i>et al.</i> , 1993
		0,47 – 0,62 ¹	1,15 – 1,41	0,67 – 0,98	Hopkins <i>et al.</i> , 1996
		0,48 – 0,63			Turlington, 1990
		0,59 – 0,62			Edwards <i>et al.</i> , 1989
		0,50 – 0,71			Alliston, 1983
		0,62 ²			Berg <i>et al.</i> , 1996
		0,74			Thompson <i>et al.</i> , 1977
		0,74			Fernández <i>et al.</i> , 1997
		0,75			McLaren <i>et al.</i> , 1991
		0,77			Shelton <i>et al.</i> , 1977
		0,85		1,31	Fernandes, 2000b
		0,86			Ball <i>et al.</i> , 1995
		0,90 – 0,92			Fernández <i>et al.</i> , 1998
		0,93			Stouffer, 1991
0,83 ¹ et 0,93	0,62 ¹ et 0,70	0,82 ¹ et 1,04	Binnie <i>et al.</i> , 1995		
Lombaire	Mode-B	0,19 – 0,27			Fortin et Shrestha, 1986
		-0,21 – 0,20 (ns)			Fernández <i>et al.</i> , 1998
		0,87		1,33	Delfa <i>et al.</i> , 1991
GR	Mode-B	0,31 ¹			Hopkins <i>et al.</i> , 1996
		0,60 ¹			Hopkins <i>et al.</i> , 1993
		0,85			Ball <i>et al.</i> , 1995
		0,54 – 0,81			McEwan <i>et al.</i> , 1989
		0,87			Ramsey <i>et al.</i> , 1991
12 ^e -13 ^e côtes		0,77 – 0,79			Ramsey <i>et al.</i> , 1991

¹ Corrigée pour le poids vif.

² Mesures longitudinales.

³ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression.

Toutefois, il est important de mentionner que les fortes corrélations ne sont pas, à elles seules, garantes de la précision d'une technique de mesure. En effet, les coefficients de corrélation ne donnent pas d'indication sur le biais des mesures (sur- ou sous-estimation des mesures réelles, par exemple). Par contre, la présence d'un tel biais ne signifie pas pour autant l'invalidité de la technique. Si celui-ci est constant en direction et en importance, il pourra être facilement corrigé dans l'équation de prédiction. Les coefficients de corrélation peuvent également être influencés par la distribution de la population et donc créer de fausses impressions de précision. De fait, il faut être conscient que plus la variation est importante au sein d'un échantillon, meilleures sont les chances d'obtenir de fortes corrélations et vice-versa (Houghton et Turlington, 1992). Les écart-types des moyennes doivent donc aussi être considérés.

Récemment, lors d'une étude menée en Ontario, une forte corrélation ($r = 0,85$) a été obtenue entre les mesures aux ultrasons au site C (épaisseur de gras au-dessus de B; entre la 12^e et la 13^e côte) et les mêmes mesures effectuées à l'aide d'une règle directement sur la carcasse (Fernandes, 2000a). Dans cette étude, l'appareil à ultrasons tendait cependant à surestimer l'épaisseur de gras chez les animaux maigres et/ou à la sous-estimer chez ceux ayant des couvertures de gras plus importantes (pente = 1,31 et origine = -0,75). Ce « phénomène » semble bien documenté et des résultats similaires ont été observés chez l'agneau (Purchas et Beach, 1981; Hopkins, 1990; Delfa *et al.*, 1991), chez les bovins (Brethour, 1992; Robinson *et al.*, 1992; Smith *et al.*, 1992; Waldner *et al.*, 1992; Herring *et al.*, 1994; Greiner *et al.*, 2003b) et chez le porc (Moeller et Christian, 1998). Nous verrons plus loin ce qui peut en être la cause. Pour leur part, Binnie *et al.* (1995) et Hopkins *et al.* (1996) sont parvenus à obtenir des pentes égales à 1 entre les mesures de gras dorsal US et carcasse.

Peu d'auteurs ont utilisé la région lombaire et les quelques corrélations rapportées oscillent entre -0,21 (ns) et 0,87. Delfa *et al.* (1991) ont obtenu la plus forte corrélation ($r = 0,87$) entre l'épaisseur de gras mesurée sur la carcasse et celle estimée à l'aide d'ultrasons entre la 3^e et la 4^e lombaire chez des brebis adultes. Par ailleurs, Fernández *et al.* (1998) sont arrivés à des corrélations non significatives pour l'épaisseur de gras au niveau lombaire (entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire), à 4 cm de la colonne vertébrale. La meilleure

corrélation qu'ils ont obtenue à ce site était de 0,52 (à 6 cm de la colonne) avec des agneaux ($n = 10$) pesant 25 kg. Chez des agneaux de 35 kg ($n = 10$), la corrélation s'est avérée être non significative. Le nombre d'animaux utilisé dans cette expérience était toutefois trop faible pour en tirer des conclusions définitives.

Enfin, quelques chercheurs ont mesuré le GR, directement sur la 12^e côte ou entre les dernières côtes, et ont obtenu des corrélations généralement bonnes ($0,31 < r < 0,87$) (McEwan *et al.*, 1989; Ramsey *et al.*, 1991; Hopkins *et al.*, 1993; Ball *et al.*, 1995; Hopkins *et al.*, 1996) (Tableau 2.2).

2.2.2.2. Épaisseur et surface du muscle LD

En ce qui concerne l'exactitude des mesures US d'épaisseurs du LD, beaucoup moins de données sont disponibles (Tableau 2.3). En effet, la plupart des études antérieures ont utilisé la surface plutôt que l'épaisseur du LD. Avec les appareils en temps réel, les corrélations entre les épaisseurs du LD US et carcasse au niveau thoracique s'avèrent toutes aussi variables que pour les mesures de gras ($-0,35$ (ns) $< r < 0,94$). Au niveau lombaire, les corrélations peuvent sembler plus stables (0,22 à 0,76), cependant, seulement trois études rapportent des corrélations entre des mesures d'épaisseur du LD US et carcasse à ce niveau. De manière générale, les corrélations entre les mesures US et carcasse pour le muscle sont inférieures à celles pour le gras et se situent autour de 0,6.

Dans son étude, Fernandes (2000a) a obtenu une forte corrélation entre les épaisseurs du LD US et carcasse ($r = 0,93$). Cependant, l'auteur a démontré que les mesures US surestimaient les petites longes et sous-estimaient les plus grosses. D'autres auteurs corroborent également ce phénomène pour la surface du LD chez les bovins (Smith *et al.*, 1992; Greiner *et al.*, 2003b) et les porcs (Moeller et Christian, 1998).

Binnie *et al.* (1995) ont également obtenu d'excellents résultats concernant la précision des mesures d'épaisseur du LD par ultrasons en temps réel avec 30 agneaux, entre la 12^e et la 13^e côte. Ils ont calculé des corrélations entre les mesures US et carcasse pour la largeur du

Tableau 2.3. Résumé des corrélations rapportées dans la littérature entre les mesures aux ultrasons et sur la carcasse de l'épaisseur du longissimus dorsi

Site de mesure	Type d'appareil	Corrélation (r)	ÉTR ²	Pente	Auteurs
Thoracique	Mode-B	-0,13 et -0,35 (ns)			Fernandez <i>et al.</i> , 1998
		0,36 ¹			Hopkins <i>et al.</i> , 1993
		0,40			Ward <i>et al.</i> , 1992
		0,51			Ball <i>et al.</i> , 1995
		0,53 – 0,56 ¹	2,37 – 2,80	0,68 – 0,84	Hopkins <i>et al.</i> , 1996
		0,54 – 0,58			Fortin et Shrestha, 1986
		0,56			Fernandez <i>et al.</i> , 1997
		0,41 – 0,72	2,47 – 2,70		McEwan <i>et al.</i> , 1989
		0,93		1,13	Fernandes, 2000a
		0,75 ¹ et 0,94	1,74	1,01 ¹ et 1,04	Binnie <i>et al.</i> , 1995
Lombaire	Mode-B	0,22			Delfa <i>et al.</i> , 1991
		0,52 – 0,69			Fortin et Shrestha, 1986
		0,49 et 0,76			Fernandez <i>et al.</i> , 1998

¹ Corrigée pour le poids vif.

² ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression.

LD de 0,75 et pour son épaisseur de 0,94. Selon eux, il serait possible d'évaluer l'épaisseur de l'œil de longe avec suffisamment de précision (pente = 1,04 et ÉTR = 1,74 mm). Cependant, la largeur du muscle serait beaucoup moins évidente à déterminer (pente = 0,53 et ÉTR = 3,51 mm). Fernandes (2000a) en est également venue à la conclusion que l'exactitude de la largeur du LD ($R^2 = 0,18$ et pente = 0,31) ne justifiait pas que cette mesure soit prise en compte.

Toutefois, la majorité des auteurs s'entend donc pour dire que la largeur et/ou la surface du muscle sont difficiles à mesurer par ultrasons (Kempster *et al.*, 1982; Binnie *et al.*, 1995; Fernandes, 2000a) en raison, notamment, de la difficulté à discerner avec précision les contours du muscle (McEwan *et al.*, 1989). Stanford *et al.* (1995) rapportent que la présence d'autres petits muscles (multifidus dorsi et longissimus costarum) à proximité du LD réduirait la précision des mesures de la surface de ce dernier. Selon eux, chez les animaux plus petits, l'absence d'une couche de gras intermusculaire suffisante pourrait rendre difficile le discernement des différents muscles. Par ailleurs, malgré l'obtention d'une bonne répétabilité des mesures US de la surface du LD, Thompson *et al.* (1977) ont obtenu un coefficient de corrélation entre la surface du LD US et carcasse non significatif. Ainsi, il semble que, dans ce cas-ci, bien que l'opérateur ait été en mesure de bien identifier les limites du muscle, celles-ci ne correspondraient pas avec celles de la carcasse.

Les surfaces sont généralement mesurées à l'aide d'un papier calque directement sur l'écran de l'échographe ce qui, à moins de pouvoir enregistrer les images et d'avoir recours à un logiciel d'analyse, est plus laborieux (Fernández *et al.*, 1997). L'épaisseur du muscle est donc une mesure plus simple et rapide à effectuer à l'aide des ultrasons (Stanford *et al.*, 1995) et est reconnue pour être assez bien corrélée avec la surface de l'œil de longe sur la carcasse ($r = 0,73$) chez l'agneau (Fernandes, 2000a) et le porc (Pomar *et al.*, 2001).

2.2.3. Répétabilité des mesures

La *répétabilité* correspond à la corrélation entre deux mesures successives effectuées sur le même animal, au même site de mesure et dans un court laps de temps. Elle est donc un indicateur du degré de liaison entre des mesures répétées sur un animal donné. Ces mesures

doivent normalement être faites par le même opérateur. On parle plutôt de reproductibilité lorsque l'on évalue l'effet « opérateur » (mêmes mesures prises par différents opérateurs).

L'une des premières études réalisées avec un appareil en mode-B l'a été par Thompson *et al.* (1977). Les mesures étaient effectuées à deux reprises, sur les mêmes images, à 6 mois d'intervalle. Ces mesures étaient réalisées sur 23 mâles Dorset. Les répétabilités pour les mesures de gras dorsal entre la 12^e et la 13^e côte et au niveau du coccyx ont été de 0,78 pour les deux sites. La mesure de gras effectuée au niveau de l'épaule a été la moins répétable ($r = 0,48$). La valeur pour la surface du LD au niveau thoracique a été bonne et meilleure que dans bien d'autres études ($r = 0,73$).

Dans l'étude de Purchas et Beach (1981), chacun des cinq opérateurs impliqués, certains expérimentés d'autres pas, mesurait les 20 mêmes mâles âgés de 16 à 28 mois avec un échographe en mode-A (AIDD), pendant 5 jours consécutifs. Ainsi, ils ont obtenu des corrélations supérieures à 0,89 entre les jours de mesure et également entre les opérateurs (mesures le même jour) pour la mesure de gras entre la 12^e et la 13^e côte. Ces mêmes opérateurs ont réitéré l'expérience avec 65 agneaux de 3 à 4 mois. Dans ce cas-ci, les valeurs ont varié entre 0,85 et 0,94.

McEwan *et al.* (1989) ont effectué des mesures, cette fois avec un appareil en mode-B, à deux reprises, le même jour, sur deux lots distincts de 30 béliers âgés entre 14 et 15 mois. Pour le GR, ils ont obtenu des valeurs de répétabilité de 0,86 et 0,52 pour l'expérience 1 et 2. Pour ce qui est du LD, les répétabilités des mesures d'épaisseur étaient de 0,62 et 0,51 tandis que celles de la largeur étaient de 0,51 et 0,41 (expérience 1 et 2). L'opérateur effectuant les mesures de l'expérience 2 était moins expérimenté, ce qui pourrait expliquer les moins bons résultats obtenus au cours de cet essai. Dans cette étude, la mesure de l'épaisseur de gras dorsal a été réalisée avec un appareil en mode-A et les répétabilités obtenues ont été de 0,77 et 0,86 pour les deux essais.

Avec un appareil en temps réel (Aloka 210 DX), Edwards *et al.* (1989) ont obtenu des résultats similaires ($r = 0,81$) pour les répétitions des mesures de gras US par un même opérateur. Selon eux, cette valeur de répétabilité est raisonnablement élevée.

Paradoxalement, McLaren *et al.* (1991) ont testé un appareil en mode-A et un en temps réel et ont obtenu des corrélations nettement plus faibles (5 évaluateurs différents) pour l'épaisseur de gras ($r = 0,20$ pour l'appareil en mode-A et $r = 0,21$ et $0,42$ pour l'appareil en mode-B) avec 32 moutons. Ces valeurs pour le gras n'étaient pas meilleures que celles obtenues pour la surface de l'œil de longe ($r = 0,15$ et $0,55$, mode-B seulement).

Pour leur part, Young *et al.* (1992) ont établi la répétabilité des mesures de gras, mais aussi du LD, avec un appareil en temps réel (Aloka SSD-210 DXII). Pour ce faire, un opérateur expérimenté a mesuré, à deux reprises, les mêmes 150 sujets (50 agnelles de 7,5 mois; 50 béliers de 11 mois et 50 agneaux de 4,5 mois) soit à l'aide d'un curseur intégré à l'appareil, soit à partir d'images enregistrées et évaluées grâce à un logiciel d'analyse d'images. Un opérateur sans expérience a également participé aux mesures des 50 agnelles (deux reprises). Les auteurs ont obtenu, pour les différents essais, des valeurs entre 0,68 et 0,80 pour le gras dorsal et entre 0,50 et 0,83 pour l'épaisseur du LD.

Enfin, Hopkins *et al.* (1993) ont vérifié la répétabilité des mesures aux ultrasons au cours de deux essais différents, chaque fois sur une quinzaine d'agneaux. Les animaux étaient mesurés à deux reprises, le même jour. Dans l'essai 1, les animaux pesaient en moyenne 42 kg tandis que dans l'essai 2, ils en pesaient 29 kg. Les valeurs de répétabilité ont été meilleures pour les mesures de gras et du GR (GR : 0,72 et 0,86 vs gras dorsal : 0,57 et 0,73, pour les essais 1 et 2). Pour ce qui est du LD, les mesures ont été moins répétables (épaisseur : 0,68 et 0,29 vs largeur : 0,36 et 0,51, pour les essais 1 et 2). Ces résultats vont de pairs avec ceux obtenus par Herring *et al.* (1994) chez le bovin. La largeur du muscle serait plus difficile à déterminer avec précision sur les images. Il semblerait également que les mesures d'épaisseurs de gras soient plus stables chez les animaux plus petits et que ce soit l'inverse pour l'épaisseur du muscle (Hopkins *et al.*, 1993).

Donc, la répétabilité des mesures aux ultrasons est généralement bonne, et ce, pour les deux types d'appareil (mode-A et B). Cependant, celle-ci varie en fonction du tissu évalué. De manière générale, les valeurs de répétabilité sont meilleures pour les épaisseurs de gras et de tissus totale (GR), que pour l'épaisseur du LD. La largeur et la surface du LD seraient les moins répétables. Pour le gras et le GR, les valeurs oscilleraient autour de 0,8 tandis que pour l'épaisseur du LD (B), les coefficients seraient plutôt autour de 0,6. Enfin, pour la surface et la largeur, les corrélations sont souvent inférieures ou égales à 0,5.

2.2.4. Facteurs qui affectent l'exactitude et la répétabilité des mesures

Les erreurs peuvent être divisées en deux grandes catégories, les erreurs liées à la prise des mesures aux ultrasons et les erreurs liées à la mesure sur la carcasse.

Les erreurs effectuées lors de la mesure sur l'animal vivant peuvent provenir de plusieurs sources. La calibration des appareils est un facteur intrinsèque qui peut affecter l'exactitude des mesures. L'exactitude des mesures peut aussi changer en fonction du stress de l'animal ainsi que du site de mesure. Évidemment, tous les facteurs qui altèrent la qualité et la netteté des images prises à l'aide de l'échographe peuvent nuire à l'exactitude et à la répétabilité des mesures (technique de mesure : tonte et utilisation de *gel pad*). De plus, le fait de prendre une seconde mesure à un même site pourrait peut-être améliorer la justesse de l'évaluation. L'effet « opérateur » est également une cause importante de variations entre les mesures prises par un même opérateur ou par des opérateurs différents sur le même animal. Ces divergences seraient en lien avec l'expérience de l'opérateur et avec la façon de prendre les mesures et d'interpréter les images. Enfin, tel que mentionné précédemment, la précision des mesures diffère entre les tissus, mais aussi avec la variation de l'épaisseur des tissus mesurés.

2.2.4.1. Type d'appareil et calibration

Au début des années 80, des échographes en mode-A ont été adaptés afin de faciliter la prise de mesures chez les moutons. En effet, l'utilisation de sondes plus petites a permis d'obtenir un contact avec la peau suffisant pour la prise de bonnes images par la simple séparation de la laine. La précision des appareils a également été améliorée, augmentant

leur résolution à 0,5 mm (Gooden *et al.*, 1980). Toutefois, seul le mode-B permet d'estimer la surface de l'œil de longe (Stouffer, 1991). Et comme ce type d'appareil produit une image des tissus, contrairement au mode-A, il permettrait de faire une meilleure interprétation, notamment au niveau des différentes couches de gras. Cependant, cet avantage pourrait devenir un inconvénient (voir section 2.2.4.5).

La précision des différents appareils semble relativement constante (Alliston et Barker, 1981; Cameron et Smith, 1985; Fortin et Shrestha, 1986). Toutefois, Allen (1990) rapporte des travaux de Simm (1986) indiquant que le Vetscan et le Technicare seraient plus précis que le Scanogram, tous trois des échographes en temps réel. Évidemment, la qualité des appareils s'améliore au fil des ans, permettant ainsi l'obtention de meilleurs résultats.

L'ajustement de l'appareil (contraste, luminosité ...) doit permettre d'obtenir les meilleures images possibles, en terme de clarté et de définition. Une attention particulière doit donc être portée aux différents ajustements de l'appareil avant le début de chaque séance. Une mauvaise mise au point pourra entraîner la prise de mesures faussées. Par exemple, l'intensité des images pourrait engendrer des artéfacts en donnant l'impression que les animaux sont plus gras qu'ils ne le sont en réalité. Par ailleurs, les ajustements doivent être, autant que possible, normalisés afin d'éviter l'introduction de biais entre les animaux et les différentes sessions de mesure.

Aussi, il est primordial que chaque appareil soit calibré de façon adéquate. Il est possible de valider la calibration des échographes à l'aide de petits blocs, de dimensions connues, conçus à cette fin.

La calibration intrinsèque des appareils en temps réel entraîne une légère surestimation du gras (Brethour, 1992; Robinson *et al.*, 1992). Effectivement, ce type d'échographe est calibré en fonction de la vitesse moyenne du gras et du muscle ($(1\,480\text{ m/s} + 1\,620\text{ m/s})/2 = 550\text{ m/s}$). Ainsi, l'épaisseur de gras réelle représente environ 96 % de ce qui est mesuré par l'appareil (Robinson *et al.*, 1992). L'effet contraire s'observe au niveau du muscle qui lui, est légèrement sous-estimé.

2.2.4.2. *Position et stress de l'animal*

Le muscle, de par sa propriété de se contracter, est beaucoup plus difficile à mesurer avec précision sur un animal vivant. Le stress et la position de l'animal lors de la mesure sont autant de facteurs pouvant faire varier les dimensions de l'œil de longe. L'animal doit donc se tenir debout, la tête naturellement relevée. La position doit aussi être normalisée entre chaque animal afin d'éviter de biaiser les mesures d'un animal à l'autre.

Certains sites de mesure seraient moins affectés par les mouvements et la position de l'animal. En effet, les mesures au niveau lombaire sont reconnues pour être plus stables.

Dans leur expérience, Young *et al.* (1992) ont mesuré trois groupes de 50 sujets chacun. Pour l'un des groupes, plusieurs mesures étaient effectuées tandis que pour les deux autres, seules les épaisseurs de gras et de muscle LD étaient évaluées. Pour ce premier groupe, le temps de mesure, et donc de contention, était trois fois celui de la vitesse « terrain » (10 agneau/h vs 30 agneau/h), ce qui aurait rendu les animaux plus impatients. Ainsi, les répétabilités pour les épaisseurs de gras et du LD ont été de 0,63 et 0,77 pour le groupe « lent » tandis que pour les autres groupes, ces valeurs ont été de 0,82 à 0,84 et de 0,87 à 0,95. Les auteurs mentionnent également que les variations de tempérament entre les races pourraient affecter la prise des mesures.

2.2.4.3. *Sites de mesure*

Le choix du site de mesure est un facteur déterminant. Les sites de mesure sélectionnés doivent être à des endroits pratiques et pouvoir être déterminés explicitement. La localisation du site doit être basée sur des références anatomiques facilement identifiables afin de permettre la standardisation de la mesure. La facilité avec laquelle le site est repéré pourra donc jouer un rôle important dans la préférence d'un site par rapport à un autre. Les mesures doivent aussi être facilement reproductibles, et ce, autant sur l'animal vivant que sur la carcasse (Wilson, 1992; Starck *et al.*, 2001). Les mesures au niveau des dernières côtes sont les plus utilisées principalement pour ces raisons (Alliston, 1983).

De plus, l'interprétation des images à un site donné doit être facile. Par exemple, tel que mentionné précédemment, la présence de petits muscles difficiles à distinguer à proximité du LD pourrait biaiser la mesure de l'œil de longe (Stanford *et al.*, 1995). Par ailleurs, la limite entre le gras et le muscle serait plus facilement discernable que celle entre le gras et l'os. En effet, Turlington (1990) a validé que la mesure de gras prise avec un échographe en temps réel au-dessus du LD entre la 12^e et la 13^e côte, au $\frac{3}{4}$ de sa surface, était une mesure plus précise que celle faite directement au-dessus de la ligne médiane à ce même site ou au niveau de la 4^e vertèbre du sacrum ($r = 0,63$ vs $0,48$ et $0,42$). Ces résultats, obtenus auprès de 162 agneaux âgés de 17 semaines, pourraient, d'après Turlington (1990), être dus à la plus grande difficulté à interpréter les images pour les mesures au-dessus de la colonne vertébrale. Par contre, il est également possible que la coupe longitudinale de la carcasse, requise pour mesurer le gras au-dessus de la colonne vertébrale, ait entraîné le bris du gras, faussant ainsi les résultats.

Par ailleurs, Thompson *et al.* (1977) ont comparé les mesures de gras prises au niveau de la 12^e côte, avec le Scanogram (mode-B), à celles effectuées à l'épaule (près du garrot) et au niveau du coccyx. Ils ont obtenu des corrélations comparables, ultrasons vs carcasse, pour les mesures thoraciques et celles dans la région coccygienne ($r = 0,74$ et $0,64$), tandis que la valeur de la corrélation au niveau de l'épaule était non significative. Selon eux, les difficultés à déterminer la limite entre le gras et le muscle à l'épaule, en raison de couches de gras intercalées au muscle, ont réduit l'exactitude de ces mesures de gras.

Miles *et al.* (1972), dans leur étude chez les bovins, rapportent que la limite du longissimus est mieux définie dans la région lombaire que thoracique.

Fernández *et al.* (1998) ont comparé les mesures au niveau thoracique avec celles effectuées entre la 3^e et la 4^e vertèbres lombaires. Ils ont trouvé que les mesures de gras au niveau thoracique étaient les plus précises avec des corrélations de $0,90$ et $0,92$ comparativement à $-0,21$ et $0,20$ (ns) pour les mesures au niveau lombaire. À l'inverse, les mesures d'épaisseur du LD entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires étaient mieux corrélées avec les mesures correspondantes sur la carcasse que celles à la dernière côte ($r = -0,13$ et $-0,35$

ns vs $r = 0,49$ et $0,76$). Ces faibles corrélations au niveau thoracique sont, par contre, les plus faibles rapportées dans la littérature consultée. De plus, Delfa *et al.* (1991) ont obtenu une bien meilleure corrélation ($r = 0,87$) entre l'épaisseur de gras mesurée sur la carcasse et celle estimée à l'aide d'ultrasons entre la 3^e et 4^e lombaire. La validité des résultats de Fernández *et al.* (1998) serait donc à réévaluer en raison du faible nombre d'agneaux utilisé.

Selon Jensen (1977), cité par Stanford *et al.* (1995), les mesures de l'épaisseur de gras et de la surface du LD seraient plus précises au niveau de la première lombaire ($r = 0,74$ et $0,79$, respectivement) comparativement à celles entre la 12^e et la 13^e côte.

Les corrélations entre les mesures aux ultrasons répétées (répétabilités) ou avec celles prises directement sur la carcasse (précision) peuvent donc varier d'un site à l'autre. Cependant, ces valeurs sont déjà très variables entre les recherches, pour un même site, et peu d'études ont comparé la précision des mêmes mesures (A, B et C) à différents sites.

Par ailleurs, les mesures transversales, perpendiculaires à la colonne vertébrale, sont les plus courantes chez le bœuf et l'agneau. Les mesures longitudinales (sonde parallèle à la colonne vertébrale) sont cependant très populaires chez le porc (Gresham *et al.*, 1994) et la précision des deux types de mesure, tel que rapporté par Moeller (2002), ne serait pas différente. Chez l'agneau, ces mesures sont toutefois peu connues et Berg *et al.* (1996) semblent les seuls à les avoir utilisées. Aucune étude n'a comparé ces deux types de mesure aux ultrasons chez l'agneau.

2.2.4.4. *Technique de mesure*

De manière générale, le site de mesure est repéré, tondu ou non, et enduit d'un liquide, le plus souvent de l'huile (minérale ou végétale), afin d'améliorer le contact entre la sonde et la peau de l'animal et, ainsi, faciliter le passage des ondes. L'utilisation d'adaptateur (*standoff* ou *gel pad*) courbé est la norme chez le porc (Youssao *et al.*, 2002) mais semble moins usuelle chez l'agneau. Les différentes variantes dans les façons de faire pourraient donc avoir un impact au niveau de la précision des mesures.

Tonte

D'abord, la présence de laine chez l'agneau serait un frein majeur au développement des mesures aux ultrasons au sein de cette espèce (Allen, 1990). La tonte ralentit de beaucoup les opérations. De plus, le fait de tondre ou non les agneaux pourrait affecter la qualité de l'image et la précision des mesures effectuées. La peau étant souvent exclue lors de l'interprétation de l'image, l'effet pourrait cependant être moins important dans ces circonstances. Apparemment, les sondes plus petites permettraient aussi d'obtenir un contact suffisant en séparant la laine (Gooden *et al.*, 1980). Par contre, lorsque la peau est incluse dans la mesure de gras, le fait de ne pas tondre pourrait avoir une influence marquée. D'un autre côté, lors de l'utilisation d'un *gel pad*, la tonte serait, à toute fin pratique, nécessaire, en raison de la difficulté à obtenir un bon contact avec l'animal autrement.

Bass et ses collaborateurs (1982) ont utilisé deux types d'appareils en mode-A, soit le AIDD, et le Body Composition Meter (BCM) pour mesurer l'engraissement de brebis âgées de 2 ans. Ils ont effectué des mesures de gras au niveau de la 13^e côte sur 20 animaux vivants et ont comparé leurs résultats à ceux obtenus directement sur les carcasses avec une règle. Les mesures aux ultrasons ont d'abord été réalisées sur les mêmes animaux non tondu puis tondu (très ras), afin de déterminer l'influence de la laine lors de la prise de mesures. Les corrélations étaient de 0,88 à 0,95 pour les brebis non tondues et de 0,87 à 0,93 pour les brebis tondues, avec les deux types d'appareils. Les auteurs en concluent donc que la précision est équivalente, que les animaux soient tondu ou non. Cependant, il pourrait en être autrement avec les appareils ayant des sondes plus larges. En effet, pour l'avoir utilisé au cours d'un essai précédent, les auteurs reconnaissent la nécessité de tondre les animaux pour obtenir un bon contact avec l'échographe Danscan (Bass *et al.*, 1982). Les plus jeunes sujets, en raison de la plus grande souplesse de leur peau (plus grande influence de la pression sur la sonde) (Purchas et Beach, 1981), pourraient aussi être plus affectés par la présence de laine.

McLaren *et al.* (1991) ont observé une amélioration des corrélations pour les mesures de gras avec un appareil en temps réel lorsqu'ils enlevaient de leurs analyses les valeurs obtenues sur des animaux non tondus. Cependant dans cette expérience, la peau était incluse dans les mesures de l'épaisseur de gras. Des 32 agneaux mesurés, 25 étaient tondus alors que 7 ne l'étaient pas. Globalement la corrélation entre les mesures de gras (carcasse vs ultrasons) était de 0,42 et le fait de ne pas tenir compte des animaux non tondus portait cette valeur à 0,59.

Le Tableau 2.2 montre que les corrélations calculées par Hopkins *et al.* (1996) entre les GR US et carcasse ont été nettement inférieures à celles rapportées par les autres chercheurs. Or, dans cet essai, contrairement aux autres études semblables, les animaux n'étaient pas tondus avant la prise des mesures par échographie. La présence de laine et la difficulté à obtenir un bon contact pourraient donc expliquer, en partie, la faible précision obtenue.

Utilisation d'adaptateur (standoff ou gel pad)

Afin de réduire les erreurs liées à la compression des tissus, McEwan *et al.* (1989) recommandent l'utilisation d'adaptateur lors de la prise de mesures à l'aide d'appareil à ultrasons. Binnie *et al.* (1995) concluent, quant à eux, que l'utilisation de « coussinets » courbés permet d'améliorer la définition des images et, notamment, de mieux distinguer les dimensions du muscle. Ces adaptateurs, faits d'eau ou d'un autre matériel flexible, que l'on place entre le transducteur et l'animal, épousent les contours de l'animal et permettent ainsi d'obtenir un meilleur contact sans déformer les tissus (Stouffer, 2004).

Les corrélations les plus faibles, rapportées dans la présente revue (Tableau 2.2), entre les mesures de gras avec un appareil en mode-B et celles effectuées sur la carcasse, ont été obtenues par Hopkins *et al.* (1993). Ces auteurs ont réalisé des mesures aux ultrasons (Aloka SSD500) et des mesures sur la carcasse sur 58 agneaux âgés entre 6 et 8 mois. Des mesures transversales ont été effectuées au niveau de la 12^e côte (A, B, C). Hopkins *et al.* (1993) mentionnent avoir employé de l'huile pour améliorer le contact entre la sonde et l'animal. Cependant, ils ne semblent pas avoir utilisé de *gel pad* pour respecter la courbure de l'animal. Ils ont également mesuré le GR, cette fois en plaçant la sonde parallèle à la

colonne vertébrale. Les coefficients de corrélation partielle, corrigée pour le poids, qu'ils ont obtenus pour le GR ont été bons ($r = 0,60$) mais ceux pour l'épaisseur de gras et pour les dimensions de l'œil de longe (A et B) ont été plutôt faibles ($r = 0,17$, $-0,15$ et $0,36$, respectivement). Tel que soulevé par McEwan *et al.* (1989) et Binnie *et al.* (1995), le fait que la sonde ait été placée directement sur l'animal, sans *gel pad*, a pu nécessiter plus de pression de la part de l'opérateur pour obtenir une image claire du LD et déformer les tissus. À l'opposé, la meilleure corrélation pour le GR pourrait s'expliquer par la position de la sonde, parallèle à la colonne, et par le relatif aplomb à ce niveau, facilitant ainsi l'obtention d'une image nette sans que trop de pression soit requise. Les répétabilités obtenues par Hopkins *et al.* (1993) dans leurs deux essais confirment également la plus grande stabilité du GR par rapport à l'épaisseur de gras ($0,72 < r < 0,86$ pour le GR et $0,57 < r < 0,73$ pour le gras). Gresham *et al.* (1992) mentionnent, dans leur étude chez le porc, que le fait de prendre les mesures avec la sonde parallèle à la colonne vertébrale élimine la nécessité d'utiliser un *gel pad*. Dans leur revue concernant cette même espèce, Youssao *et al.* (2002) rapportent également ce constat.

Ward *et al.* (1992) ont également obtenu une faible corrélation ($r = 0,40$) entre les épaisseurs du longissimus dorsi, au niveau de la 12^e côte, mesurées avec les ultrasons et directement sur la carcasse. Ils expliquent ce résultat par le fait qu'ils n'ont pas utilisé de *gel pad* pour éviter de déformer le muscle en cherchant à obtenir un meilleur contact avec la peau. Selon eux, la compression aurait été plus marquée chez les animaux plus gros (sous-estimation plus importante des US par rapport aux mesures carcasse à mesure que le LD devient plus épais).

Toutefois, aucune étude n'a réellement testé l'utilisation du *gel pad*, en comparaison avec les valeurs obtenues sans cet accessoire.

2.2.4.5. « Effet opérateur »

La prise de mesures à l'aide d'un appareil à ultrasons exige une bonne connaissance de la morphologie des tissus étudiés ainsi que de leur échogénicité. La qualité de l'image renvoyée par l'échographe et la répétabilité des mesures obtenues dépendront notamment

de la position de la sonde (au bon endroit !), de l'angle de pénétration des ondes et de la pression appliquée avec la sonde sur la peau. Tel que mentionné précédemment, un minimum de pression est requis pour l'obtention d'une image claire mais une pression excessive pourra modifier la forme et l'épaisseur des tissus. Toutefois, avec les appareils en temps réel, l'opérateur est en mesure d'ajuster la pression qu'il exerce afin d'obtenir une bonne image tout en déformant le moins possible le tissu (Starck *et al.*, 2001). Pour toutes ces raisons, l'opérateur joue un rôle majeur dans la précision des mesures.

Expérience de l'opérateur

Tel que mentionné précédemment (section 2.2.3), Purchas et Beach (1981) ont obtenu de bonnes corrélations pour les mesures de gras avec un échographe en mode-A (AIDD). Cependant, l'opérateur le plus expérimenté aurait été plus précis. Ce dernier surestimait, avec les US, toutes les mesures carcasse (pente = 1) tandis que tous les autres surestimaient légèrement les animaux plus maigres et sous-estimaient les plus gras avec les ultrasons (pente < 1). Cette erreur pourrait être la résultante d'un mauvais positionnement de la sonde au site de mesure et/ou de la pression appliquée sur la sonde lors de l'enregistrement de l'image. Selon les auteurs, la variation de la pression exercée sur la sonde par les opérateurs en serait la cause principale. Ce phénomène de compression serait encore plus problématique chez les agneaux par opposition aux adultes puisque leur gras serait très mou et leur peau plus souple. Les sujets plus gras seraient aussi davantage affectés. Pour valider ces affirmations, les auteurs ont refait des tests avec des animaux plus gras (gras de couverture entre 6 et 8 mm) et ont observé des variations importantes dans la mesure à ultrasons avec de faibles changements de pression sur la sonde par l'opérateur expérimenté. À l'opposé, la précision des mesures effectuées par des opérateurs avec peu d'expérience se serait améliorée lorsque ces derniers auraient porté plus d'attention à réduire la pression sur la sonde.

Ce facteur pourrait également expliquer, du moins en partie, l'obtention de pente supérieure à 1 entre les mesures de gras carcasse et US, tel que décrit à la section 2.2.2.1 et rapportée par plusieurs autres auteurs.

Les mesures prises à deux reprises par deux opérateurs, un avec et l'autre sans expérience, ont, pour leur part, montré que la mesure du LD était plus difficile à évaluer que celle du gras pour un opérateur sans expérience. En effet, Young *et al.* (1992) ont rapporté des corrélations de 0,68 et 0,69 pour la mesure de gras dorsal à la 13^e côte et de 0,83 et 0,50 pour la mesure de l'épaisseur de l'œil de longe, pour l'opérateur avec et sans expérience, respectivement. Selon ces auteurs, l'opérateur expérimenté aurait plus de facilité à obtenir une bonne image à la fois du gras et du muscle tandis que, pour l'opérateur inexpérimenté, l'obtention d'une image claire du muscle serait plus problématique. Selon eux, la pression déformerait de manière uniforme le gras mais pas le muscle, en raison de la présence des côtes. Ce tissu serait donc davantage déformé par la pression exercée sur la sonde. De plus, l'angle avec lequel la sonde est tenue sur l'animal pourrait biaiser la mesure du muscle plus que celle du gras, en raison de la forme complexe de celui-ci (Young *et al.*, 1992). Une étude chez le bovin confirme également la plus grande influence de l'expérience de l'opérateur sur la mesure du LD.

Interprétation de l'image

Parce qu'il projette une image plutôt que des pics, l'utilisation d'un appareil en mode-B laisserait place à plus d'interprétation de la part de l'opérateur.

Dans leurs essais, McLaren *et al.* (1991) ont évalué la reproductibilité des mesures aux ultrasons en temps réel sur 32 moutons entre 5 opérateurs. Ceux-ci utilisaient un *gel pad* pour la prise de mesures et la peau était incluse dans la mesure de gras. Dans le premier cas, les opérateurs enregistraient et mesuraient leurs propres images, capturées sur vidéo et tracées sur un papier, tandis que dans le deuxième cas, chacune des images des opérateurs étaient sélectionnées sur vidéo et mesurées par un opérateur indépendant très expérimenté. Les résultats indiquent que l'interprétation des images serait plus difficile que la capture de l'image elle-même. Effectivement, les corrélations entre les mesures prises et interprétées par chacun des opérateurs ont été faibles avec, pour le gras, 0,21 et, pour la surface du LD, 0,15. Lorsque les images étaient interprétées par un seul opérateur expérimenté, les corrélations étaient meilleures ($r = 0,42$ et $0,55$ pour le gras et le muscle, respectivement). D'après ces auteurs, l'automatisation de l'analyse des images (Glasbey *et al.*, 1996) et/ou la

prise de mesures nécessitant moins d'interprétation permettraient d'améliorer la précision de la technique. Les résultats obtenus par Herring *et al.* (1994), chez les bovins, vont dans le même sens.

Les erreurs d'interprétation de l'image s'expliqueraient notamment par la mauvaise qualité de l'image et/ou par une mauvaise connaissance de la morphologie des tissus. À ce sujet, Miles *et al.* (1972) mentionnent que les erreurs d'interprétation de l'image chez les bovins peuvent provenir de la difficulté à identifier les limites des tissus en raison des discontinuités (manques) dans l'impédance acoustique, l'incapacité à reconnaître les artefacts de réverbération ainsi que de l'omission de données sur les images lorsque la sonde n'est pas exactement perpendiculaire au site de mesure.

Enregistrement de l'image

Selon Young *et al.* (1992), la prise de l'image aurait davantage d'impact sur l'exactitude que l'interprétation des images elles-mêmes. Les répétabilités pour les mesures de gras et du LD prises sur les mêmes images par le même opérateur étaient supérieures à 0,95 tandis que celles des mesures effectuées sur des images différentes, toujours par le même opérateur, étaient de 0,80 pour le gras et 0,74 pour le muscle. Cependant, ces résultats sont moins probants que ceux des équipes de McLaren (1991) et de Herring (1994) puisque les images étaient toujours prises et interprétées par le même opérateur. Par contre, il va s'en dire que la capture des images est également une étape importante dans la prise de mesures aux ultrasons.

Position de l'opérateur

Nicol *et al.* (1988) ont étudié l'influence de la position de l'opérateur et du côté de l'animal sondé sur l'exactitude des mesures de gras US. Pour ce faire, ils ont mesuré 28 béliers âgés d'environ 1 an à l'aide de l'appareil AIDD (mode-A). Dans l'essai 1, deux opérateurs sondaient à deux reprises les animaux des deux côtés en se tenant toujours à droite de l'animal. Pour l'essai 2, 32 béliers ont été utilisés. Cette fois, l'opérateur se tenait soit à droite ou à gauche de l'animal et sondait les deux côtés, en commençant toujours par le

côté sur lequel il se tenait. Suite à l'abattage, le poids et les mesures correspondantes sur la carcasse étaient enregistrés.

Les demi-carcasses droites, pour l'essai 1, et droites et gauches en alternance, pour l'essai 2, ont été préparées pour être analysées chimiquement. Dans l'essai 1, les corrélations étaient bonnes. Cependant, elles étaient meilleures pour les mesures prises du côté gauche pour un des évaluateurs (gauche = 0,80 et droite = 0,68) tandis qu'elles étaient similaires entre les côtés pour l'autre opérateur (gauche et droite = 0,85). Les mesures effectuées du côté gauche de l'animal seraient aussi plus précises pour évaluer l'épaisseur de gras sur la carcasse et prédire le pourcentage de gras que celles du côté droit. L'expérience 2 a donc été menée dans le but de déterminer l'origine de ces différences entre les côtés. Ainsi, les auteurs ont pu établir que les corrélations entre les mesures US et carcasse étaient meilleures lorsque les mesures US étaient prises du côté opposé à celui sur lequel se tenait l'opérateur et lorsque celles-ci étaient effectuées en deuxième. Les auteurs expliquent ces résultats par le fait que des muscles différents seraient impliqués dans le maniement de la sonde lorsque la mesure est prise du côté opposé à la position de l'opérateur. Ces muscles seraient plus « précis » dans le déplacement de la sonde que ceux sollicités pour « appuyer » la sonde du côté sur lequel se tient l'opérateur. Donc, à la lumière de ces résultats, Nicol *et al.* (1988) croient que les mesures devraient être prises du côté gauche, lorsque l'opérateur se tient à droite de l'animal. Cependant, ils mentionnent que ces résultats concernent leurs opérateurs, qui étaient tous deux droitiers, et que ceux-ci pourraient différer d'un opérateur à l'autre.

En résumé, l'« effet opérateur » est sans doute la résultante de l'expérience de l'opérateur, se reflétant autant dans la capture des images que dans leur interprétation. Le soin attaché à la prise des images et des mesures est d'une grande importance. La précision de l'information obtenue à l'aide de mesures aux ultrasons est donc « entre les mains » de l'opérateur, ce dernier étant responsable d'obtenir une image juste et de l'interpréter au meilleur de ses connaissances (Starck *et al.*, 2001).

2.2.4.6. Mesures répétées

Nicol *et al.* (1988) croient que la prise d'une seconde mesure, du même côté, pourrait améliorer la justesse de l'évaluation de l'épaisseur des tissus à l'aide des ultrasons. Dans leur expérience, la deuxième mesure semblait plus précise que la première. Young *et al.* (1992) soutiennent, eux aussi, que la prise d'une mesure additionnelle pourrait améliorer la justesse de la technique. Comme leur étude a démontré que la prise d'images est plus problématique que l'interprétation, cette reprise devrait, selon eux, être effectuée sur une image différente. Contrairement à ce qu'ont avancé Nicol *et al.* (1988), ils croient que cette seconde mesure ne devrait pas être prise immédiatement sur le même animal puisque celle-ci serait biaisée par la « connaissance » de la première. Toutefois, le fait de mesurer deux fois de façon aléatoire les mêmes sujets doublerait le temps de mesure et donc les coûts. Bien qu'il soit préférable de séparer les mesures sur un même animal dans le temps, la capture d'images successives, par un repositionnement complet de la sonde sur l'animal, permettrait un minimum d'indépendance et serait acceptable (Starck *et al.*, 2001). Young *et al.* (1992) rapportent toutefois que cette démarche serait utile seulement dans les cas où les répétabilités sont faibles, ce qui ne semble pas être le cas, pour les épaisseurs de gras.

2.2.4.7. Épaisseur des tissus mesurés

Les faibles corrélations obtenues par Hopkins *et al.* (1993) entre les mesures US et carcasse pourraient également s'expliquer par les faibles valeurs d'épaisseur du gras dorsal dans la population étudiée (2,7 mm, carcasse) comparativement aux autres études citées au Tableau 2.2 (moyennes entre 3,3 à 5,9 mm). En effet, selon Thompson *et al.* (1977), Simm (1992) ainsi que Young et Deaker (1994), la moyenne et la variation de l'épaisseur des tissus évalués influenceraient la précision des mesures. De fait, la difficulté à discerner de faibles différences d'épaisseur (précision des appareils) et les erreurs d'interprétation des images seraient proportionnellement moins importantes lorsque l'épaisseur des tissus ou la variation augmentent.

Par ailleurs, plusieurs auteurs mentionnent que les appareils en mode-A seraient moins précis pour estimer l'épaisseur de gras dorsal chez les animaux très gras. Hopkins (1990) a effectué deux essais consécutifs, impliquant des agneaux dont l'épaisseur de gras entre la

12^e et la 13^e côte variait entre 2 et 18 mm. Les corrélations entre les mesures aux ultrasons et celles réalisées directement sur la carcasse ont été excellentes pour les deux essais ($r = 0,93$ et $0,95$). Les ÉTR⁷ de l'expérience 2 ont cependant été nettement inférieurs à ceux de l'expérience 1 (0,82 vs 2,09 mm). De plus, les pentes étaient de 1,13 pour l'expérience 2 et de 1,75 pour l'expérience 1, ce qui indique que pour l'expérience 1, les épaisseurs de gras étaient biaisées tandis qu'elles étaient relativement bien estimées pour l'expérience 2. Puisque les épaisseurs de gras dans l'expérience 2 étaient beaucoup plus faibles et moins variables (moyenne de 2,7 mm et une étendue de 3,5 mm) que celles de l'expérience 1 (moyennes entre 4,6 et 5,0 et des étendues entre 8 et 14 mm), l'auteur a réduit « artificiellement » l'écart entre les mesures afin d'obtenir des épaisseur de gras variant entre 1,5 et 5 mm. Ainsi, il est parvenu à réduire les ÉTR à 1,05 mm et la pente à 1,26 ($r = 0,96$). L'auteur croit que l'utilisation d'un appareil en temps réel augmenterait la précision pour des animaux plus gras. Selon lui, la présence de couches superposées de gras chez les sujets très gras rendrait difficile l'interprétation des données avec les appareils en mode-A. En traversant les différentes couches de gras, le parcours des ondes serait brisé, ce qui créerait un pic semblable à celui qu'on aurait obtenu à l'interface gras-muscle, sans toutefois correspondre à cette interface (Hopkins, 1990).

Nicol et Parratt (1984) ont obtenus des résultats similaires. Dans leur étude, la majorité des béliers testés ($n = 38$) avait plus de 30 % de gras (analyses chimiques). Les auteurs ont donc obtenu un coefficient de régression de 0,38 pour les mesures aux ultrasons (AIDD – mode-A), coefficient correspondant à la pente de la droite entre les mesure US et les mesures réalisées directement sur la carcasse entre les 12^e-13^e côtes. Ils auraient donc sous-estimé les lectures réelles de gras. Eux aussi attribuent ce manque de précision au phénomène de superposition du gras. Moeller (2002) rapporte également le même phénomène avec les appareils en mode-A chez le porc.

Enfin, le fait de prendre en compte l'épaisseur de la peau dans la mesure du gras permettrait d'obtenir une précision équivalente (Kempster *et al.*, 1982) tout en facilitant l'interprétation des images. En effet, il est plus facile de distinguer l'interface sonde/peau que l'interface

⁷ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression.

peau/gras (Alliston, 1983). De plus, l'épaisseur de la peau serait relativement constante (3 mm) et varierait par aussi peu qu'un millimètre d'un animal à l'autre (Gooden *et al.*, 1980). L'épaisseur des tissus mesurés serait donc plus importante, réduisant par la même occasion l'erreur relative.

2.2.4.1. *Effet de la race et du sexe*

Évidemment, les différences d'épaisseur des tissus entre les animaux de sexes et de races différentes pourraient avoir une influence sur la précision. À ce sujet, Hopkins (1990) n'ont toutefois observé aucune différence entre les races au niveau de l'exactitude des mesures. Cependant, dans cette expérience, les épaisseurs de gras moyennes étaient similaires entre les races étudiées. Fernández *et al.* (1997) ont également analysé les biais des mesures US (biais = mesure carcasse – mesure US) entre les races et les sexes. Des mesures de gras et du LD (épaisseur et surface) étaient effectuées à l'aide d'un échographe en temps réel sur trois groupes de 20 agneaux de races Manchego, Merino et Ile de France x Merino (22 et 28 kg). Ces auteurs n'ont pas noté de différence de précision entre les mesures de gras et du LD, et ce, malgré le fait qu'il y ait des variations entre les races pour les paramètres mesurés (US et carcasse). Par contre, une plus grande erreur était faite lors de l'estimation de l'épaisseur de gras de couverture chez les femelles comparativement aux mâles. En effet, la différence entre les mesures carcasses et US, en valeur absolue, était de 0,68 mm pour les mâles et de 1,07 mm pour les femelles. Ces dernières étaient sensiblement plus grasses que les mâles lors de la mesure US (3,88 vs 3,60 mm), mais cet écart semblait plus prononcé avec les mesures effectuées sur la carcasse (3,72 vs 3,17 mm). Les auteurs ne commentent toutefois pas les causes de ces variations. Hopkins *et al.* (1996) ont, eux aussi, observé un effet du sexe sur la relation entre le GR mesuré sur la carcasse et celui évalué à l'aide des ultrasons. Les femelles seraient encore une fois la cause de l'imprécision. Chez ces dernières, une différence significative entre les mesures US et carcasse existait tandis que ce n'était pas le cas pour les mâles. De plus, les mâles étaient plus maigres que les femelles lorsque évalués par ultrasons (13,9 vs 15,8 mm) mais semblaient similaires une fois abattus (14,6 vs 14,4 mm). Aussi, lorsque inclus dans une régression, le sexe et le poids expliquaient la majorité de la variation pour le GR carcasse (GRus non significatif dans le modèle). Encore une fois, peu d'explications sont données.

2.2.4.2. Mesures réalisées sur la carcasse

Comme la répétabilité entre deux mesures aux ultrasons prises par un opérateur expérimenté est généralement très bonne, les différences observées entre ce type de mesures et celles réalisées directement sur la carcasse ne seraient pas uniquement causées par les effets « opérateur » ou « technique ». De fait, la comparaison entre des mesures réalisées sur un animal vivant et celles effectuées sur la carcasse implique inévitablement une erreur, indépendante de la technique de mesure utilisée.

Les erreurs effectuées lors de la mesure sur la carcasse découlent notamment de la déformation des carcasses causée par les « traitements » post-abattage tels que l'enlèvement de la peau, la pendaison, la manutention et la découpe de la carcasse ainsi que par la rigidité cadavérique (Miles *et al.*, 1972; Kempster *et al.*, 1982).

Enlèvement de la peau

L'enlèvement de la peau est une étape cruciale de l'abattage puisqu'à ce moment, il peut arriver que du gras soit littéralement arraché de la carcasse, ce qui biaise la mesure de gras évaluée subséquemment (Young et Deaker, 1994). Selon Temple *et al.* (1965), des différences de plus de 5 mm peuvent être attribuables à l'arrachement de gras lors de cette opération chez les bovins. Robinson *et al.* (1992) mentionnent également que l'enlèvement de la peau peut engendrer l'expansion du gras en raison de la traction exercée sur ce tissu.

McLaren *et al.* (1991) ont comparé l'exactitude des mesures aux ultrasons chez les porcs, les bovins et les moutons. Les corrélations entre les mesures de gras effectuées à l'aide d'un appareil à ultrasons et celles réalisées directement sur la carcasse étaient nettement meilleures chez les porcs ($0,74 < r < 0,87$) que chez les bovins et les ovins, pour qui les corrélations étaient non significatives ($r < 0,42$). Les auteurs expliquent ces variations, entre autres, par le fait que la peau doit être retirée lors de l'abattage des ruminants, ce qui n'est pas le cas pour les porcs. Le soin apporté à cette manipulation peut donc faire la différence entre l'obtention de bonnes et de mauvaises corrélations. Des variations importantes pourraient aussi exister entre les différentes techniques d'enlèvement de la peau (décollement manuel, mécanique ou insufflation d'air). Le décollement manuel et

mécanique risqueraient d'endommager davantage la surface des carcasses (coupures au niveau des muscles et enlèvement de gras) que lorsque l'insufflation d'air est employée (Severini *et al.*, 1994). Toutefois, certains craignent que l'insufflation d'air modifie l'apparence des carcasses, paraissant plus rondes, en raison d'infiltrations d'air entre les couches de gras sous-cutané (Severini, 1996). Dans tous les cas, les dimensions du gras peuvent être affectées.

Pendaison

La pendaison des carcasses pendant le refroidissement aurait un impact majeur sur les mesures effectuées sur ces dernières. En effet, le fait que les carcasses soient pendues par les jarrets ferait descendre le gras dorsal vers le bas, ce qui donnerait l'impression que les agneaux sont plus gras qu'ils l'étaient en position debout (Turlington, 1990; Robinson *et al.*, 1992). Turlington (1990) a évalué l'effet de la pendaison des carcasses en mesurant 25 porcs vivants puis leurs demi-carcasses, une maintenue en position debout et l'autre pendue. Les résultats ont montré que les épaisseurs de gras dorsal des porcs vivants et mesurées sur les carcasses debout n'étaient pas différentes (3,12 et 3,09 cm) mais que celles des carcasses pendues étaient supérieures d'environ 2 mm (3,34 cm). Près de 99 % des mesures sur les carcasses debout variaient par moins de 1 mm par rapport aux mesures *in vivo* tandis que cette valeur était de près de 2 mm pour les carcasses suspendues. Toutefois, les mesures sur les carcasses debout étaient effectuées du même côté que sur l'animal vivant tandis que ce sont les demi-carcasses du côté opposé qui étaient suspendues.

La pendaison et/ou l'expansion du gras causée par l'enlèvement de la peau affecteraient davantage les animaux plus gras et c'est pourquoi la sous-estimation serait plus importante chez ces derniers, tels que décrit par Robinson *et al.* (1992).

La pendaison affecterait également les muscles, de la longe notamment. Temple *et al.* (1965) avancent même qu'il y aurait déplacement du site sondé d'environ 5 cm par rapport au squelette en raison de la pendaison des carcasses des bovins. Turlington (1990) a aussi mesuré des différences pour la surface de l'œil de longe entre les mesures sur les porcs vivants et celles sur les carcasses maintenues en position debout et pendues (34,62, 34,00 et 35,76, respectivement). Pour les carcasses suspendues, 85 % des surfaces des longes

mesurées à l'aide des ultrasons variaient par moins de 2,6 cm² avec les mesures sur la carcasse. Par contre, avec les carcasses debout, 100 % des mesures de surface du LD étaient comprises à l'intérieur de $\pm 1,6$ cm².

Manutention et découpe des carcasses

Le gras chaud est très malléable, il est donc important d'éviter de trop manipuler les carcasses avant leur refroidissement complet. Ainsi, la température à laquelle sont prises les mesures pourrait avoir une influence. Cependant, chez l'agneau, le gras, même refroidi, serait un tissu plutôt mou. La déformation de celui-ci, lors des manipulations suivant l'abattage, risque de modifier l'épaisseur mesurée sur la carcasse. Lors de la découpe des carcasses, notamment, l'intégrité de la couche de gras dorsal pourrait être particulièrement affecté (Young et Deaker, 1994). Le LD pourrait tout autant être affecté par la manutention des carcasses pendant le refroidissement.

Rigidité cadavérique

La *rigor mortis* ou rigidité cadavérique modifierait les dimensions des tissus musculaires. En effet, la forme du longissimus dorsi changerait au cours des processus post-abattage. Plusieurs auteurs font référence à ce phénomène sans toutefois pouvoir chiffrer son ampleur (Miles *et al.*, 1972; Kempster *et al.*, 1982; Fortin et Shrestha, 1986; Hopkins *et al.*, 1993).

Sites de mesure

Il est généralement nécessaire de couper la carcasse pour pouvoir mesurer les tissus. Il est donc impératif de bien repérer le site et positionner la scie de façon à respecter le plus possible l'endroit auquel a été prise la mesure sur l'animal vivant. Avec la sonde, l'opérateur a tout le loisir de se repositionner correctement. Cependant, sur la carcasse, il est pratiquement impossible de reprendre une coupe ne passant pas exactement au bon endroit. Ce genre d'erreur pourrait donc entraîner certaines variations au niveau des mesures sur la carcasse (Young et Deaker, 1994).

2.2.5. Conclusions sur l'exactitude et la répétabilité des mesures

Selon Young *et al.* (1992), pour améliorer la répétabilité et l'exactitude des mesures aux ultrasons, il faut maximiser la variation inter-animal tout en minimisant la variation intra-animal.

Une alimentation permettant des gains élevés en gras et en muscle ou la prise de mesures à un stade de maturité plus avancé sont autant d'éléments favorisant l'accroissement de la variation entre les animaux. De plus, le choix du site de mesure pourrait également jouer un rôle. En effet, Young et Deaker (1994) rapporte la faible variation observée pour le gras dorsal entre la 12^e et la 13^e côte par rapport au GR, par exemple. Dans la même ordre d'idée, Fortin et Shrestha (1986) ont observé une plus grande variation pour les mesures de gras prises en s'éloignant davantage de la colonne vertébrale (50 mm vs 25 mm).

La réduction de l'erreur liée à la mesure (variation intra-animal) passerait, quant à elle, par l'acquisition d'expérience dans la prise et l'interprétation d'images par l'opérateur ainsi que par le bon déroulement des séances de mesures (rapidité et rigueur dans la prise des mesures), et où la manipulation des ovins se ferait de manière à réduire le stress des animaux au minimum (Young *et al.*, 1992). L'utilisation d'adaptateur permettant de limiter la compression des tissus et d'obtenir une meilleure qualité d'images pourrait aussi permettre de diminuer les erreurs de mesures. Aussi, le fait d'inclure la peau dans la mesure du gras pourrait réduire les erreurs d'interprétation tout en augmentant la variation de la mesure.

2.3. MÉTHODES DE PRÉDICTION DE LA COMPOSITION DE LA CARCASSE

L'utilisation de mesures sur l'animal vivant (*in vivo*), des ultrasons notamment, vise à fournir des informations « anatomiques » qui, lorsque utilisées en association avec d'autres mesures, permettront de décrire précisément la composition des carcasses, de prédire les différences génétiques entre les individus en ce qui a trait à la qualité de leur carcasse et, par le fait même, d'identifier les individus les plus améliorateurs (Wilson, 1992).

Les mesures *in vivo* sont une alternative aux mesures réalisées sur les carcasses puisque celles-ci, bien qu'elles constituent une source d'informations importante au sein des programmes d'amélioration génétique, possèdent deux inconvénients majeurs. Le premier, et non le moindre, vient du fait que, pour être mesuré, l'animal doit être abattu. Les mesures

de cet animal sont donc utiles aux parents (vivants) de celui-ci et non à l'animal lui-même ! Ces mesures sur les descendants servent à élaborer ce qu'on appelle un *test sur la progéniture*. Ces tests sont toutefois très coûteux, en argent et en temps puisque plusieurs sujets doivent être abattus et mesurés afin d'obtenir un degré de précision acceptable pour l'évaluation génétique d'un bélier donné. De plus, la prise de ces données à l'abattoir ou dans les salles de découpe nécessite une excellente coopération entre les intervenants, ce qui peut être problématique. Le transfert des données entre les deux parties introduit aussi une source d'erreur supplémentaire (Wilson, 1992).

Il existe plusieurs moyens d'estimer la composition d'un animal ou d'une carcasse. Pour un animal vivant, il est possible de se baser sur la conformation et/ou la condition de chair de ce dernier pour juger de l'importance de sa masse musculaire et adipeuse. Le poids vif est également lié à la quantité de viande. Certaines mesures physiques prises sur l'animal peuvent aussi être des indicateurs de la croissance musculaire et osseuse, ainsi que de la déposition de gras de celui-ci. Évidemment, les ultrasons font partie des méthodes potentielles pour prédire la composition des animaux d'élevage. D'autres techniques plus sophistiquées existent, par exemple l'absorptiométrie aux rayons X. Cependant, comme ces méthodes impliquent souvent l'utilisation d'appareils coûteux, peu portatifs et compliqués, elles sont de peu d'intérêt pour le travail à la ferme dans le cadre de programme de sélection génétique.

Tel que mentionné précédemment, des mesures peuvent être effectuées directement sur la carcasse. La conformation est largement utilisée dans les systèmes de classification. Des mesures linéaires peuvent également être prises sur l'ensemble ou une partie de la carcasse (longueur de la carcasse, longueur d'un os en particulier ...). L'épaisseur de certains tissus à différents endroits sur la carcasse est généralement considérée, tel est le cas du GR qui est à la base du système canadien de classification des agneaux. Les mesures de gras et de muscle LD au niveau de la longe sont aussi réalisées chez les porcs et les bovins. Chez les ovins, la mesure de gras dorsal entre la 12^e et la 13^e côte est effectuée lors de la classification des ovins aux États-Unis (USDA, 1992). Ces mesures sur la carcasse servent donc de points de référence pour établir les sites de mesures potentiellement intéressants,

c'est-à-dire représentatifs de l'apparence générale d'une carcasse. En fait, si une mesure sur la carcasse n'apporte aucune information sur la composition de cette dernière, il est inutile de tenter d'effectuer cette mesure sur l'animal vivant. Les mesures sur la carcasse permettent aussi, avec la composition, de juger de la précision d'une technique de mesures *in vivo*.

Évidemment, toutes ces méthodes ne sont pas mutuellement exclusives et leur combinaison peut permettre d'améliorer la précision avec laquelle la composition d'une carcasse est estimée.

Il faut aussi être conscient qu'un nombre important de facteurs doit être pris en considération puisqu'ils peuvent influencer l'exactitude des mesures et donc la prédiction de la composition des carcasses. Il est ainsi difficile de comparer l'exactitude de différentes techniques sur la base des résultats recueillis dans la littérature. Selon Simm (1987) et Allen (1990), plusieurs facteurs rendent les comparaisons boiteuses. Les études comparant des méthodes différentes sur un même lot d'animaux sont rares. Et comme la précision des méthodes peut varier en fonction de la composition des carcasses des animaux utilisés dans les différentes expériences (animaux de races, sexes et poids variables, régimes et alimentation différentes) il est difficile de statuer sur la meilleure méthode en se basant sur ces études. L'habileté et l'expérience des opérateurs pour chacune des méthodes et entre les différentes études peuvent également faire varier la précision. De plus, le choix de la variable dépendante dans les équations de prédiction (quantité ou pourcentage de tissus, rendement aux différentes découpes) varie énormément d'une étude à l'autre et la façon de l'obtenir peut être difficilement répétable. Enfin, le choix, dans la présentation des résultats, d'utiliser les R^2 plutôt que les ÉTR peut compliquer les comparaisons. Effectivement, les coefficients de détermination seraient dépendants de la variation observée pour une variable donnée, ce qui, selon Allen (1990), pourrait induire le lecteur en erreur lors des comparaisons inter-études. Dans ce cas, il serait préférable d'utiliser les ÉTR. Les ÉTR sont une mesure de la variation, pour la variable que l'on veut prédire, qui demeure inexpliquée parmi les individus qui ont une même valeur pour la variable mesurée. Toutefois, l'interprétation doit se faire avec prudence et la robustesse d'une technique utilisée dans

différentes conditions ou avec plusieurs opérateurs pourrait être plus importante que la précision en elle-même (Allen, 1990).

Dans le même ordre d'idée, le choix d'une technique est également fonction de l'utilisation qu'on veut faire de l'instrument étudié. Dans le cadre d'un programme de sélection génétique à la ferme, la technique doit, d'abord et avant tout, être peu coûteuse, simple, rapide et « portable ». Évidemment, un minimum de précision est requis, cependant, ce critère ne viendra pas nécessairement en premier. Dans le cas qui nous concerne, la méthode devra, tout de même, être assez précise pour permettre de classer les animaux en fonction de leur potentiel génétique. À ce sujet, Nicol et Parratt (1984) sont confiants que les mesures US, associées au poids vif, permettent d'obtenir un gain génétique supérieure à une sélection basée uniquement sur le poids vif. En effet, ils ont classé les animaux en fonction des mesures US et du poids et le différentiel de sélection qu'ils ont obtenu passait de 0,75 pour le poids vif seul à 0,95 en ajoutant les mesures US. Évidemment, plus précise sera l'évaluation des paramètres, plus rapide sera l'amélioration des caractères sélectionnés.

2.3.1. Poids vif

Le poids vif est une variable intéressante pour prédire la composition de la carcasse des animaux. Lors de la croissance, le poids et la proportion de gras augmentent alors que le pourcentage de muscle diminue. Selon Simm (1992), le poids expliquerait la majeure partie de la variation observée dans la composition des carcasses d'animaux de races, sexes et âges comparables. Évidemment, le poids permet de déterminer précisément le poids des différents tissus, puisque ces variables sont interreliées (le poids de la carcasse correspond à la somme des poids des tissus) (Simm, 1987). Toutefois, toujours d'après ce même auteur, le poids à jeun serait un meilleur indicateur de la composition de la carcasse en raison de l'importance que peut prendre le contenu digestif des animaux. Le poids est donc souvent utilisé comme point de comparaison dans les études visant à évaluer la précision d'autres techniques d'estimation de la composition. Pour cette raison, les valeurs des coefficients de détermination calculées pour le poids dans les différentes expériences citées plus bas ne seront pas reprises dans cette section mais plutôt dans leurs sections respectives.

2.3.2. Mesures physiques

Les mesures physiques prises sur l'animal vivant ont surtout été utilisées avant l'avènement des nouvelles technologies permettant de prédire la composition des animaux *in vivo*. Ce type de mesure s'est avéré être de peu d'utilité chez les agneaux de sexes, races et âges différents. Stanford *et al.* (1998) rapportent que l'emploi des mesures linéaires (hauteur au garrot, longueur du corps, circonférence thoracique...) pour prédire la composition devrait se limiter aux animaux ayant peu de tissus adipeux sous-cutanés. En effet, les mesures physiques ne permettent pas de faire la distinction entre le gras et le muscle, elles seraient donc utiles seulement pour des groupes d'animaux homogènes pour le gras de couverture. De plus, les moyens employés pour réaliser ce type de mesure (règle, ruban à mesurer...) rendraient la technique encore moins précise (mouvement des animaux, longueur de la laine). L'étude de Berg *et al.* (1996) a également démontré que les mesures physiques (hauteur à l'épaule, circonférence thoracique, longueur de l'arrière-train) étaient de peu d'intérêt pour prédire le rendement en viande maigre.

Il y a aussi les cotes d'appréciation subjectives sur l'animal vivant qui peuvent être utilisées pour prédire la composition des carcasses. Nicol et Parratt (1984) ont comparé l'habileté de six juges à prédire le niveau d'engraissement de 28 béliers Border Leicester (note de 1 à 10). Les évaluateurs identifiaient le bélier le plus gras et lui attribuaient la note 10, après quoi ils évaluaient les autres béliers en comparaison à celui-ci. Les corrélations entre les cotes attribuées par les juges et la composition en gras était de 0,83. Cependant, les corrélations étaient très variables entre les différents évaluateurs ($0,48 < r < 0,89$).

Des équations de régression ont aussi été construites à partir des cotes d'appréciation subjectives dans le but de prédire le poids de maigre contenu dans la carcasse [estimé à partir du poids de la carcasse froide et du pourcentage de gras (analyses chimiques)]. Les coefficients de détermination (R^2) de l'équation incluant le poids vif et les cotes attribuées par les juges variaient de 0,62 à 0,76. Les auteurs se sont également intéressés à savoir si ce mode d'évaluation de la composition permettait de discriminer les animaux entre eux afin d'établir ceux faisant partie du 10 % supérieur. À lui seul, le poids vif permettait de classer les animaux avec une efficacité de 33 %, c'est-à-dire que, après avoir classé les animaux

selon leur poids, 1 bélier sur 3 avait réellement une quantité de maigre estimé supérieur (top 10 %). En ajoutant les cotes des juges, la précision augmentait à 66 %. Ainsi, le différentiel de sélection passait de 0,75 pour le poids vif seul à 0,95 avec l'ajout des cotes d'appréciation. Toutefois, il faut se rappeler que, dans cette étude, la composition était estimée à partir d'analyses chimiques. En s'appuyant sur ces résultats ainsi que sur ceux de Bass *et al.* (1982), les auteurs en sont arrivés à la conclusion qu'un juge expérimenté était apte à estimer le pourcentage de gras des carcasses. Par contre, ces mesures demeurent très subjectives et variables d'un juge à un autre.

2.3.3. Mesures aux ultrasons

Encore plus important que d'être une représentation exacte et précise des mesures réelles d'épaisseur ou de surface de l'œil de longe ou de l'épaisseur du gras sur l'animal vivant, les mesures aux ultrasons doivent permettre de prédire adéquatement la composition⁸ de la carcasse. De fait, des 30 agneaux ayant servi à tracer les courbes entre les proportions de gras et les épaisseurs de gras dans l'expérience de Gooden *et al.* (1980), 7 mesures correspondaient parfaitement entre les ultrasons et celles prises directement sur la carcasse et sept autres variaient par moins de 1 mm. Cependant, ces 14 mesures ne se rapprochaient pas plus des droites de régression que les autres mesures moins « exactes ». Ainsi, l'exactitude des mesures d'épaisseur de gras ne serait pas, à elle seule, garante d'une bonne prédiction de la composition de la carcasse.

Les mesures aux ultrasons sont couramment utilisées pour prédire la composition des animaux de ferme *in vivo*. Par contre, chez les ovins, les conclusions concernant le potentiel de la technique sont mitigées. Les épaisseurs de gras sont les mesures les plus étudiées, et seraient les plus utiles pour prédire le gras, mais aussi le rendement en viande maigre. En ce qui concerne les mesures au niveau du LD, les résultats seraient peu concluants.

⁸ Par composition, on entend les proportions des différents tissus, soit le gras, le muscle et les os.

2.3.3.1. Prédiction du poids des coupes et de la quantité de viande maigre

Le poids vif expliquerait la majorité de la variation observée pour la quantité de maigre. Les épaisseurs de gras et de muscle pourraient, par ailleurs, apporter une certaine précision à la prédiction de la quantité de viande maigre.

Les travaux de Moody *et al.* (1965) ont toutefois été peu concluants. Dans leur étude, les poids de différents muscles du gigot ou partie de muscle de la longe (tranche de 1,5 pouces au niveau de la 6^e lombaire) ont été reliés avec les mesures de surface de l'œil de longe à la 1^{ère} lombaire, US et directement sur la carcasse. Pour les différents muscles, les corrélations oscillaient entre 0,29 et 0,48 pour la surface réelle (carcasse) et entre 0,19 et 0,35 pour la surface déterminée à l'aide de l'échographe, ce qui est plutôt faible. Le poids de la tranche du LD au niveau de la 6^e lombaire était faiblement corrélé avec la surface de ce même muscle, avec des corrélations de 0,33 et 0,29 (surface carcasse et ultrasons, respectivement). Malgré ces faibles corrélations, les auteurs concluaient tout de même qu'il y a un avantage pratique à utiliser les mesures aux ultrasons. Toutefois, ces résultats sont à prendre avec parcimonie puisque l'appareil utilisé à l'époque n'avait certainement pas la précision des appareils plus récents.

La première étude à avoir évalué la composition par dissection chez l'agneau a été réalisée par Thompson *et al.* (1977). Ces chercheurs ont effectué des mesures sur 23 béliers qu'ils ont, par la suite, disséqués (gras, muscle, os et tissus conjonctifs). Le poids s'est avéré être le meilleur indicateur de la quantité de muscle ($R^2 = 0,83$, ÉTR = 0,37) et aucune autre mesure ne permettait d'améliorer de façon significative cette précision.

Les recherches de Jones *et al.* (1982) n'ont également pas réussi à les persuader de l'utilité des mesures aux ultrasons. Trente-huit moutons, âgés d'environ 12 mois, ont été sondés à trois sites (10^e et 13^e côtes et au-dessus du gluteus medius (croupe), à 2,5 cm de la colonne). La moyenne des épaisseurs de gras aux différents sites a été utilisée dans les équations de prédiction de la composition obtenue par dissection. L'épaisseur de gras comptait pour seulement 18 % de la variation observée au niveau de la quantité de maigre de la demi-carcasse, tandis que le poids expliquait, à lui seul, 73 % de la variation. L'ajout

de mesures US au poids ne permettait donc pas d'améliorer la précision de l'équation pour prédire la quantité de maigre.

Par ailleurs, Nicol et Parratt (1984) auraient observé une certaine amélioration de la prédiction par l'ajout des mesures aux ultrasons dans leurs équations. Dans leur essai, ils ont cherché à prédire le poids de viande maigre, contenu dans la carcasse d'animaux plus âgés (environ 1 an), estimé à partir du poids de la carcasse froide et du pourcentage de gras obtenu par analyses chimiques. Les coefficients de détermination (R^2) de l'équation incluant le poids vif et les mesures aux ultrasons en mode-A (gras dorsal et GR) se situaient entre 0,67 et 0,72 ($1,24 < \text{ÉTR} < 1,34$). Le poids vif (à jeun) seul comptait cependant pour 59 % de la variation observée pour le poids de maigre (estimé).

Fortin et Shrestha (1986), pour leur part, considèrent le poids vif comme étant la plus importante mesure pour prédire la quantité de maigre. Malgré un léger effet significatif des mesures du LD, selon eux, le potentiel des mesures aux ultrasons serait négligeable. Ces auteurs ont évalué, trois jours avant l'abattage (PV = 37,3 kg, âge = 110 à 123 jours), 273 agneaux mâles issus de trois souches synthétiques (croisement avec plusieurs races). Différents sites de mesure ont été testés avec deux appareils en mode-B (Krautkramer et Scanogram). La quantité de viande désossée et parée était déterminée à partir de certaines coupes (épaule, longe courte, carré et gigot raccourci). Des équations de régression étaient alors développées pour chacun des sites de mesure, combinés avec le poids lors de la mesure ou le poids de la carcasse.

Le poids lors de la mesure contribuait à expliquer 76 % de la variation au niveau du poids de viande désossée et parée. Cette valeur était de 82 % pour le poids à l'abattage. L'ajout des mesures de gras (US et carcasse) n'a apporté aucune précision au modèle. Cependant, l'épaisseur du LD aurait permis d'augmenter la valeur des R^2 de façon significative ($0,77 < R^2 < 0,79$ pour les ultrasons et $0,82 < R^2 < 0,89$ pour les mesures carcasses). Il est cependant important de mentionner que, dans cette étude, il existait très peu de variation au niveau de la quantité de viande parée et désossée ($\text{ÉT} = 0,5$ kg).

Un essai sur 50 béliers de race Suffolk, réalisé par Simm (1987), a donné des résultats comparables. Les béliers étaient abattus vers 180 jours, à un poids de 72,8 kg et leur demi-carcasse était disséquée (gras, muscle et os). Les méthodes à l'étude étaient le poids vif, l'échographie en mode-B (trois appareils différents) et la tomодensitométrie aux rayons X. Les mesures étaient réalisées au niveau de la 13^e côte et de la 3^e lombaire.

Les résultats ont montré que le poids et l'âge expliquaient 55 % de la variation observée pour la quantité de muscle ($\text{ÉTR} = 0,623$). L'ajout au modèle des dimensions du LD (surface et épaisseur) et/ou de l'épaisseur de gras mesurées à l'aide des différents appareils à ultrasons améliorait sensiblement la précision ($0,58 < R^2 < 0,63$; $0,576 < \text{ÉTR} < 0,614$). Évidemment, les données prises avec l'appareil à rayons X apportaient le plus de précision ($R^2 = 0,73$ et $\text{ÉTR} = 0,496$, incluant le poids et l'âge).

Pour leur part, Young et Deaker (1994) ont établi que les corrélations étaient faibles entre la quantité de muscles de la carcasse et l'épaisseur du LD, l'épaisseur de gras et le GR mais que la mesure du LD était la mesure la plus corrélée ($r = 0,32, 0,22$ et $0,26$, pour l'épaisseur de muscle, l'épaisseur de gras et le GR). Ces résultats ont été obtenus sur 76 agneaux mâles d'environ 6 mois. L'épaisseur maximale du LD et l'épaisseur de gras au niveau de l'extrémité latérale du muscle ont été mesurées au niveau de la dernière côte. Le GR a également été estimée à 11 cm de la colonne vertébrale, au niveau de la 13^e côte. Pour établir le poids de viande maigre, le quartier arrière (longe et gigot) de chaque carcasse a été désossé et broyé afin d'estimer la composition chimique en gras. Le poids des os de cette partie a été déterminé puis le pourcentage de gras a été prédit en fonction du pourcentage de gras analysé précédemment ($Y = 1,071x - 4,4$; $r = 0,99$). Le poids de maigre a donc pu être déterminé par différence. Étrangement, les mesures sur la carcasse ont été moins précises que les mesures sur l'animal vivant pour prédire la quantité de maigre ($r = 0,26, 0,03$ et $0,18$, pour B, C et GR sur la carcasse). Toutefois, pour le gras dorsal, il est important de mentionner que les auteurs n'ont pas effectué la mesure au même niveau au-dessus du LD sur l'animal vivant et sur la carcasse, ce qui pourrait expliquer, en partie, les différences observées. Aussi, les différentes manipulations de la carcasse pourraient avoir eu un impact négatif sur la relation entre les mesures carcasse et la composition (voir section 2.2.4.2).

Berg *et al.* (1996) ont aussi évalué le potentiel de différentes mesures *in vivo* pour prédire la composition des carcasses. Des mesures aux ultrasons longitudinales (Aloka) ont donc été enregistrées en plaçant la sonde au centre de la dernière côte sur 106 agneaux de marché (PV = 52,5 kg). Les images étaient analysées ultérieurement et la moyenne de plusieurs épaisseurs (3 à 5) de gras et de muscle était calculée. Après l'abattage, les carcasses étaient découpées et les coupes primaires parées à 0,31 cm de gras de couverture. Les pièces de découpe primaire étaient désossées, pesées puis disséquées (maigre, gras sous-cutané et intermusculaire et os). Suite à la dissection, les tissus maigres étaient analysés chimiquement afin d'en déterminer la composition en gras. Ainsi, la quantité de maigre sans gras était établie.

Tel que démontré dans plusieurs études précédemment citées, le poids était bien corrélé avec les quantités de maigre ($r = 0,77$ et $0,74$, maigre et maigre sans gras, respectivement). Les épaisseurs du LD avaient également de meilleures corrélations avec la composition en maigre, lorsque exprimée en kilogramme ($r = 0,40$ et $r = 0,36$ pour la quantité de maigre et de maigre sans gras) plutôt qu'en pourcentage (voir section suivante). Par contre, les corrélations entre l'épaisseur de gras et la quantité de maigre et de maigre sans gras étaient non significatives ($r = 0,12$ et $0,04$). La combinaison du poids et des mesures aux ultrasons (gras et muscle) permettait d'obtenir des R^2 de 0,54 pour la quantité de tissus maigre (gras US non significatif) et de 0,49 pour la quantité de maigre sans gras (poids non significatif).

Enfin, des résultats comparables ont été obtenus par Puntilla *et al.* (2002) avec 141 agneaux Finnish Landrace. En effet, ils ont montré que le poids et l'épaisseur du LD US, au niveau de la 3^e lombaire, étaient les meilleurs indicateurs du poids de tissus maigres ($R^2 = 0,51$).

2.3.3.2. Prédiction des rendements à la découpe et en viande maigre

Lorsque exprimé en pourcentage plutôt qu'en kilogramme, c'est l'épaisseur du gras qui serait le meilleur indicateur de la composition en viande maigre de la carcasse d'agneau. Le poids vif et, dans une moindre mesure, l'épaisseur et la surface du LD joueraient des rôles secondaires pour prédire le rendement en viande (%).

Dans leur étude, Thompson *et al.* (1977) ont mesuré des corrélations non significatives pour le poids vif, la surface du LD au niveau thoracique et les mesures de gras dorsal avec le pourcentage de viande maigre disséquée ($r = -0,07$, $-0,07$ et $-0,09$). Ces mesures ne permettaient donc pas d'expliquer la variation dans le pourcentage en viande maigre des carcasses. Il est important de mentionner que, dans cette expérience, la précision des mesures de gras était bonne ($r = 0,74$) mais que celle de la surface du LD était non significative (corrélation non présentée). Par contre, même la relation entre le contenu en gras de la carcasse et l'épaisseur de gras à la 12^e côte était faible ($R^2 = 0,36$ et $0,30$, pour la quantité et le pourcentage). Le fait que les mesures de gras dorsal étaient effectuées à 1 et 2 cm de la colonne a pu empêcher de déceler suffisamment de variation d'épaisseur pour prédire précisément la composition.

Kempster *et al.* (1982) ont mesuré l'épaisseur de gras et la surface de l'œil de longe au niveau de la 13^e côte sur deux groupes d'agneaux croisés, l'un constitué de 147 agneaux (PV = 43,5 kg et âge = 267 jours) et l'autre de 254 (PV = 44,5 kg et âge = 239 jours). Les appareils utilisés étaient deux appareils en mode-B. Les agneaux étaient abattus et les demi-carcasses disséquées. Les résultats de Kempster *et al.* (1982) tendent à démontrer que l'ajout de la mesure US de la surface du LD n'améliorait pas la précision de la prédiction de la composition (%) des carcasses (lorsque le poids vif est inclus dans le modèle). L'équation contenant la combinaison des variables mesurées par le Scanogram avec le poids expliquait, en effet, 31 % de la variation au niveau de la proportion de maigre tandis qu'avec le Danscanner, cette valeur était de 16 %, ce qui est à peine meilleur que la combinaison du poids vif et de la surface du gras (surface de gras au-dessus du LD, de la colonne vertébrale à la limite latéral du muscle) seulement. Avec les mesures effectuées directement sur la carcasse, le R^2 des équations s'était par contre amélioré de 0,10 à 0,20.

Cuthbertson *et al.* (1984) s'accordent pour dire que les mesures de gras seraient de meilleurs indicateurs du pourcentage de maigre, déterminé par dissection, que les mesures de muscle. En effet, leurs résultats ont démontré qu'il existait une corrélation négative entre l'épaisseur de gras et le pourcentage de maigre de la carcasse ($-0,31 > r > -0,70$; dans 2 troupeaux et avec 3 différents échographes). La relation entre la surface du LD et la

proportion de muscle était cependant moins évidente ($+0,45 > r > -0,64$). Par contre, l'ajout de ces mesures au modèle incluant le poids et l'âge, pour prédire le pourcentage de maigre, n'améliorait pas de façon significative la précision ($1,45 < \text{ÉTR} < 1,97$ pour les mesures de gras US et $1,34 < \text{ÉTR} < 1,91$ pour la surface du LD). Dans cette étude, les différentes mesures avaient été réalisées sur 40 agneaux issus de deux troupeaux distincts (20/troupeau) et âgés en moyenne de 155 et 168 jours (troupeau 1 et 2) avec un appareil en mode-A et deux appareils en mode-B.

Les résultats de Cameron et Smith (1985), obtenus par dissection, ont été peu probants. En effet, les mesures prises avec le Scanogram se sont avérées de peu d'utilité dans la prédiction de la proportion de maigre tandis qu'avec le Danscanner, la surface du gras au-dessus du LD donnait de meilleurs résultats que les épaisseurs de gras et de muscle dans l'équation de prédiction. Pour les analyses, l'âge et le poids lors de la mesure étaient utilisés comme covariables.

Pour ce qui est de prédire le pourcentage de maigre (viande désossée et parée), Fortin et Shrestha (1986) ont déterminé que le poids vif lors de la mesure n'était pas utile. Par ailleurs, cette variable expliquait 76 % de la variation pour la quantité de ce tissu. L'ajout des mesures de gras (US et carcasse) n'a apporté aucune précision au modèle. Par contre, les mesures de l'épaisseur du LD amélioreraient légèrement la prédiction de la proportion de viande désossée et parée, cependant, les R^2 des équations étaient inférieurs à 0,01.

Simm (1987) a obtenu des précisions moindres pour prédire le pourcentage de muscle en comparaison avec celles obtenues pour la quantité, mais dans le même ordre de grandeur. Dans ce cas, le R^2 de l'équation incluant le poids et l'âge était de 0,13 et augmentait aux alentours de 0,40 avec les mesures à l'échographie et à 0,60 avec un appareil à rayon X. Selon lui, les mesures aux ultrasons amélioreraient donc également la précision pour prédire la proportion de maigre.

Edwards *et al.* (1989) ont voulu établir la relation qui existe entre les mesures aux ultrasons (temps réel) entre les 12^e et 13^e côtes et différents rendements à la découpe. Trente

carcasses d'agneaux mâles ont ainsi été découpés en coupes primaires (épaule, carré, longe, gigot et flanc) et commerciales parées à différents niveaux (0,64 ou 0,25 cm de gras). Les rendements ont été calculés sur la base du poids de la carcasse chaude.

Globalement, les auteurs ont observé des corrélations moyennes entre les mesures de gras à ultrasons et les rendements des découpes plus élaborées : -0,45, -0,49 et -0,53 pour les deux découpes commerciales (parées à 0,64 cm et 0,25 cm) et commerciale « spéciale » (parée à 0,25 cm), respectivement. Les mesures de gras réalisées directement sur la carcasse ont, par ailleurs, donné des corrélations plus élevées (-0,54, -0,61 et -0,64 pour les deux découpes commerciales (0,64 et 0,25 cm) et la commerciale « spéciale »). La surface de l'œil de longe entre la 12^e et la 13^e côte était, pour sa part, très peu corrélée avec les rendements à la découpe, avec des valeurs de corrélations non significatives de 0,25, 0,23 et 0,32, pour les trois mêmes rendements. Dans cette étude, l'équation de prédiction combinant l'épaisseur de gras et la surface de l'œil de longe US permettait d'expliquer 41 % de la variation observée pour la découpe commerciale « spéciale » parée à 0,25 cm (ÉTR = 1,49). Le fait d'enlever la variable « surface de l'œil de longe » réduisait significativement la précision ($R^2 = 0,29$, ÉTR = 1,60). Selon eux, le fait d'inclure le gras interne dans le poids de la carcasse chaude pourrait empêcher les mesures de gras sous-cutané d'expliquer les variations de rendement, et ce, en raison de l'importance du gras interne dans le calcul de ceux-ci et de la grande variabilité de la proportion de gras viscéral retrouvée chez des animaux de races différentes. Par ailleurs, relativement peu de variations existaient au niveau des différents rendements (ÉT = 1,21 à 1,97). De plus, l'amélioration de la précision des mesures US pourrait améliorer le potentiel des mesures. En effet, les auteurs ont obtenu de faibles corrélations entre les mesures US et carcasse (voir Tableau 2.2).

Dans une étude menée sur un vaste échantillon d'agneaux de races, de sexes et de poids variables, Stanford et ses collaborateurs (1995) ont conclu que les mesures de gras, surtout, et de muscle effectuées à l'aide d'appareil à ultrasons, combinées avec le poids et l'âge, pouvaient expliquer environ la moitié de la variation associée aux rendements en maigre et en viande vendable chez l'agneau, telle qu'évaluée au sein du système canadien de classification de l'agneau. Selon eux, ces résultats démontrent que les mesures aux ultrasons sont utiles pour identifier les agneaux possédant les caractéristiques recherchées

par l'industrie. Ils ont en effet mesuré l'épaisseur de gras dorsal ainsi que les dimensions de l'œil de longe (épaisseur, largeur et surface) au niveau de la 1^e lombaire (derrière la 13^e côte) de 1 162 agneaux à l'aide d'un appareil à échographie en temps réel (Aloka). Les animaux évalués étaient âgés entre 3 et 15 mois et leurs poids allaient de 32,5 à 70,2 kg. Les rendements en viande vendable (RVV) et en viande maigre (RVM) des carcasses ont été estimés à partir des équations développées par Jones *et al.* (1992; 1996).

$$\text{RVV} = 78,92 - 0,51 \text{ GR} + 1,25 \text{ Cote de conformation moyenne}$$

$$\text{RVM} = 65,8 - 0,074 \text{ Poids carcasse chaude} - 0,432 (6,38 + 0,88 \text{ GR})$$

Pour un sous échantillon d'animaux, le RVV réel a également été obtenu suite à la découpe et au parage (< 0,64 cm de gras) de certaines coupes (épaule carrée, longe, carré et gigot semi-désossé).

À elle seule, l'épaisseur de gras dorsal mesurée à l'échographie expliquait 64 % de la variation observée pour le RVV réel des agneaux de race à viande (seule variable significative dans le modèle incluant le poids, les dimensions du LD et l'âge). Pour ce qui est du RVV estimé avec l'équation de Jones *et al.* (1996), l'épaisseur de gras comptait pour 22 des 37 % obtenus avec le modèle précédemment décrit. Dans l'équation de prédiction du RVM, le R² partiel attribué au gras dorsal était de 0,32 tandis que celui du modèle global était de 0,48. Les dimensions de l'œil de longe, quant à elles, apportaient moins de précision au modèle, avec des R² partiels inférieurs ou égaux à 0,10. Les mesures aux ultrasons étaient les variables les plus importantes dans la prédiction du RVM et du RVV, et expliquaient davantage de variation que le poids et l'âge.

Dans cette étude, l'épaisseur de l'œil de longe avait une influence négative sur les rendements en viande maigre et vendable (équations) mais positive avec le GR. Les auteurs soulignent, toutefois, que le calcul des rendements donne beaucoup de poids au gras et peu au muscle. Finalement, la largeur et la surface de l'œil de longe comptaient également peu dans la prédiction des rendements.

Hopkins *et al.* (1996) ont, eux aussi, évalué le potentiel des mesures aux ultrasons pour déterminer divers rendements en viande chez l'agneau. Pour ce faire, ils ont mesuré et abattu 86 femelles et 84 castrats, vers 6 à 8 mois d'âge. Dans cette étude, les mesures de

gras et du LD étaient prises à la 12^e côte avec un appareil en temps réel. Ces mesures, ainsi que le GR, ont aussi été prises sur les carcasses. Deux types de rendements en viande vendable étaient alors déterminés : A) longe désossée et parties du gigot désossées; B) œil de longe et parties du gigot désossées.

La relation entre les mesures de gras à ultrasons et les rendements A et B était moyenne. L'épaisseur de gras apportait, avec le poids vif, une amélioration à la prédiction des rendements à l'étude, chez les femelles et les mâles ($0,38 < R^2 < 0,43$ et $1,80 < \text{ÉTR} < 2,21$). Le poids expliquait seulement 15 à 19 % de la variation des rendements pour les deux sexes mais perdait de son importance chez les femelles avec l'ajout des mesures US. Pour celles-ci, l'équation combinant le poids et l'épaisseur de gras mesurée sur la carcasse prédisait mieux le rendement B que les US ($R^2 = 0,57$ et $\text{ÉTR} = 1,52$, poids non significatif). L'ajout des dimensions du muscle n'avait pas d'effet significatif sur les coefficients de détermination des équations (poids + Gras US). Hopkins *et al.* (1996) en sont donc venus à la conclusion que les mesures de gras effectuées à l'aide des ultrasons étaient utiles pour prédire les rendements en viande et que le poids, pour sa part, était de peu d'intérêt avec ce type de rendement.

Berg *et al.* (1996) ont obtenu des résultats similaires. Leurs résultats ont effectivement montré que les mesures de gras US étaient mieux corrélées avec le pourcentage de maigre et le pourcentage de tissus sans gras que les mesures du LD US [$r = -0,50$ vs $-0,09$ (ns) pour le pourcentage de maigre et $r = -0,50$ et $-0,07$ (ns) pour le pourcentage de tissus sans gras]. Le poids n'était pas non plus relié avec les proportions de tissus maigres. La combinaison du poids et des mesures aux ultrasons (gras et muscle) permettait seulement d'obtenir des R^2 de 0,26 pour prédire le pourcentage de maigre et de 0,25 pour prédire le pourcentage de tissus maigres sans gras. Dans ces équations, seules les mesures de gras étaient significatives.

Enfin, Puntilla *et al.* (2002) ont aussi démontré que la valeur de prédiction de l'épaisseur de gras US gagnait en importance lorsque le maigre était exprimé en pourcentage ($R^2 = 0,28$, pour l'équation incluant les mesures US et le poids).

2.3.3.3. Prédiction de la quantité de gras

Les mesures d'épaisseurs de gras et du GR permettent généralement de bien estimer la quantité de gras, exprimée en kilogramme, retrouvée dans les carcasses. Les mesures de l'épaisseur du muscle LD, seraient, évidemment, moins influentes dans les équations de prédiction de la quantité de gras. Aussi, le poids prendrait moins d'importance dans les équations visant à prédire le gras (kg) plutôt que le muscle (kg).

Dans leur étude de 1965, Moody *et al.* n'ont toutefois pas obtenu de bonnes corrélations ($r \sim 0,30$) entre les mesures de gras à la 13^e côte et la quantité de gras de la carcasse parée. Encore une fois, il faut garder en tête que l'échographe utilisé pour cet essai était possiblement moins précis que ceux utilisés depuis le début des années '80.

Pour leur part, Thompson *et al.* (1977) ont déterminé que le poids était le meilleur indicateur de la quantité de gras disséqué de la carcasse ($r = 0,60$). Cependant, la mesure de gras dorsal au niveau thoracique étant modérément corrélée avec la quantité de tissus adipeux ($r = 0,60$), l'ajout de cette variable a permis d'obtenir le meilleur modèle ($R^2 = 0,54$, ÉTR = 0,55).

Dans leur étude, Bass *et al.* (1982) ont obtenu des résultats comparables. Le poids vif avant l'abattage comptait, à lui seul, pour 83 % du contenu en gras déterminé par analyses chimiques. Toutefois, l'ajout des mesures aux ultrasons augmentait significativement la précision de la prédiction ($85,3 < R^2 < 88,8$).

Jones *et al.* (1982) ont, quant à eux, obtenu des résultats peu prometteurs avec 38 moutons âgés d'environ 12 mois. L'épaisseur de gras moyen (10^e et 13^e côtes et au-dessus du *gluteus medius*), comptait pour seulement 13 % de la variation observée au niveau de la quantité de gras de la demi-carcasse. Le poids, lui, expliquait, 33 % de la variation. L'ajout des mesures US dans le modèle incluant le poids n'a pas permis d'augmenter la précision des équations pour le poids de tissus adipeux. Selon les auteurs, le faible état de chair des animaux a pu nuire à l'obtention de meilleures corrélations. En effet, le pourcentage de gras

moyen de ces animaux était de 19,9 %. Malheureusement, les mesures correspondantes sur la carcasse n'ont pas été effectuées, la précision des mesures US n'a donc pu être établie.

Leymaster *et al.* (1985) ont, eux aussi, évalué le potentiel des mesures de gras effectuées à l'aide du Scanogram pour déterminer la composition des carcasses. Ils ont mesuré l'épaisseur de gras (incluant la peau) à la dernière côte, 0, 4, 8 et 14 cm de la médiane chez 37 Suffolk pesant autour de 73 kg. Les agneaux étaient ensuite abattus et la composition chimique des carcasses décongelées déterminée par analyses chimiques. Leurs résultats ont montré que les mesures au niveau thoracique avaient un effet significatif sur la prédiction du contenu en gras seulement. Cependant, certaines autres mesures US (à la 3^e vertèbre coccygienne) se sont révélées encore plus utiles (influence pour le gras, la protéine et les cendres). Associée avec le poids vif et la mesure au niveau du coccyx, la mesure à la dernière côte (14 cm, semblable au GR), comptait pour 31 % de la variation du gras. Ici non plus, les auteurs n'ont pas effectué les mesures correspondantes sur la carcasse. La précision des mesures US, dans cette étude, est donc inconnue.

Delfa *et al.* (1991) ont également obtenu de bonnes corrélations entre les mesures de gras prises à la 4^e lombaire et la quantité de gras contenue dans la carcasse (mesurée par dissection) chez 14 brebis âgées de 3 ans ($r = 0,63$). L'ajout de la mesure du LD faisait grimper la corrélation à 0,82. La mesure de gras sur la carcasse seule était toutefois aussi précise que les deux mesures US réunies ($r = 0,81$).

Dans leur expérience, Young et Deaker (1994) ont établi que le GR, la mesure de gras et l'épaisseur du LD US étaient corrélées avec la quantité de gras ($r = 0,67$, 0,58 et 0,48, respectivement). Dans ce cas, les mesures sur la carcasse auraient été moins précises que les mesures sur l'animal vivant, sauf pour le GR, pour prédire la quantité de tissus adipeux, avec des corrélations de 0,67, 0,44 et 0,28, pour le GR et les épaisseurs de gras et de muscle. Tel que discuté précédemment, la manipulation des carcasses aurait toutefois pu altérer l'intégrité des tissus sur la carcasse.

2.3.3.4. Prédiction du pourcentage de gras

Tout comme pour la quantité, les mesures de gras et de tissus totales US seraient utiles dans la prédiction du pourcentage de gras des agneaux. Le poids vif et la mesure du LD seraient, par ailleurs, de peu d'utilité.

Les résultats de Thompson *et al.* (1977) vont dans ce sens. Dans leur étude, les mesures de gras US étaient les premières variables à entrer dans le modèle de prédiction du pourcentage de gras ($r = 0,55$). Le poids n'apportait pas d'amélioration significative de la prédiction et la meilleure équation avait un coefficient de détermination de 0,30 (ÉTR = 3,88).

Gooden *et al.* (1980) ont également établi que la relation entre les mesures de gras entre les 12^e et 13^e côtes (appareil en mode-A) et le pourcentage de gras de la carcasse, obtenu par analyses chimiques, était bonne. En effet, ils ont calculé des corrélations de 0,76 pour les mesures aux ultrasons et de 0,80 pour les mesures directement sur la carcasse avec la proportion de gras de la carcasse.

À leur tour, Purchas et Beach (1981) ont évalué la composition chimique des agneaux sondés entre la 12^e et la 13^e côte. Les cinq opérateurs ont obtenu des corrélations de 0,77 à 0,83 entre l'épaisseur de gras US et le pourcentage de gras déterminé par analyses chimiques. La mesure sur la carcasse était légèrement mieux corrélée avec la composition ($r = 0,88$), indiquant, selon eux, que la précision des mesures US pourrait être améliorée.

Avec des animaux adultes, Nicol et Parratt (1984) ont calculé une bonne corrélation entre les mesures de gras US et le pourcentage de gras obtenu suite à des analyses chimiques ($r = 0,68$; ÉTR = 2,91). La corrélation était tout de même meilleure avec la mesure sur la carcasse ($r = 0,76$; ÉTR = 2,49).

En 1988, Nicol et ses collaborateurs ont effectué des mesures aux ultrasons sur 32 béliers âgés d'environ 1 an à l'aide de l'appareil AIDD (mode-A) au niveau de la 12^e côte, des deux côtés de l'animal. Dans cette étude, l'épaisseur de gras US était bien reliée avec la

proportion de gras de la carcasse, avec des corrélations entre 0,66 à 0,74 en fonction du côté de mesure et de la position de l'opérateur par rapport à la mesure (Nicol *et al.*, 1988).

McEwan *et al.* (1989) ont aussi obtenu des résultats encourageants. Ils ont analysé chimiquement la composition de 30 agneaux âgés de 15 mois, préalablement sondés à l'aide de deux appareils à ultrasons. Les dimensions de l'œil de longe (A et B) et le GR ont été évalués avec l'Aloka (mode-B) tandis que l'épaisseur de gras a été estimée avec le AIDD (mode-A). Les résultats obtenus ont montré, dans un premier temps, que le poids vif comptait pour 44 % de la variation du pourcentage de gras. En ajoutant l'épaisseur de gras, le R^2 était amélioré significativement ($R^2 = 0,67$ et ÉTR = 2,36). Le GR, pour sa part, venait en deuxième, avec une augmentation de 8 % de la variation explicable ($R^2 = 0,52$ et ÉTR = 2,87). Cependant, l'ajout de mesures US rendait négligeable l'apport du poids vif dans le modèle. De fait, lorsque les mesures aux ultrasons étaient prises seules, elles permettaient de prédire la proportion de gras avec une précision de 0,64 et 0,47 (gras dorsal et GR). Les mêmes mesures sur la carcasse seraient toutefois plus précises ($R^2 = 0,78$ et 0,72 pour l'épaisseur de gras et le GR, respectivement).

Dans le même ordre d'idée, dans son expérience de 1990, Hopkins a disséqué 213 demi-carcasses afin de déterminer avec quelle précision les mesures US de l'épaisseur de gras permettaient d'estimer le pourcentage de gras de la carcasse disséquée. Le R^2 de l'équation construite sur la base de mesures de gras dorsal réalisées entre la 12^e et la 13^e côte à l'aide d'un appareil en mode-A était de 0,62 (ÉTR = 2,83; $n = 117$). Le poids vif, quant à lui, expliquait 38 % de la variation observée pour la proportion de gras de la carcasse et l'ajout de cette variable au modèle précédent n'améliorerait pas la précision de l'estimé ($R^2 = 0,62$; ÉTR = 2,83). L'auteur considère que la relation est suffisante pour permettre d'améliorer le caractère (proportion de gras et/ou épaisseur de gras sur la carcasse).

Enfin, Ramsey *et al.* (1991) ont obtenu de très bons résultats avec la mesure US du GR. En effet, lorsqu'ils ont tenté de relier cette mesure avec le pourcentage de gras analysé chimiquement de 147 agneaux, ils ont calculé des corrélations de 0,74 et 0,80 pour le GR mesuré entre les dernières côtes ou directement sur la 12^e côte.

2.3.3.5. Prédiction de la mesure GR de la classification

Les mesures aux ultrasons permettraient de prédire avec une précision moyenne la mesure GR à l'abattoir qui, elle, sert à estimer la composition des carcasses dans le système canadien de classification des agneaux. En effet, Stanford *et al.* (1995) ont montré que le poids et les mesures de gras et du LD au niveau de la 1^{ère} lombaire permettaient d'expliquer environ 50 % de la variation notée pour le GR. Dans le même ordre d'idées, Fernandes (2000a) a établi une corrélation de 0,54 entre les mesures de gras dorsal US à la dernière côte et le GR mesuré sur la carcasse. Les coefficients de corrélation entre l'épaisseur du gras de couverture et le GR, mesurés sur la carcasse, seraient plutôt entre 0,6 à 0,8 (Waldron *et al.*, 1992; Hopkins *et al.*, 1995; Kenney *et al.*, 1995; Kenney, 1996).

2.3.4. Mesures sur la carcasse

Quelques résultats concernant l'utilité des mesures effectuées directement sur la carcasse pour évaluer la composition de celle-ci ont été décrits précédemment à titre de comparaison avec les mesures aux ultrasons. Cependant, plusieurs études ont évalué les mesures sur la carcasse uniquement, en regard à la prédiction de la composition. Ces études servent souvent de référence pour l'établissement de sites de mesure potentiels qu'il serait intéressant de transposer sur l'animal vivant, via les mesures par échographie par exemple.

De façon plus globale, Fortin (1980) rapporte que les mesures de gras dorsal sur la carcasse fournissent, en plus d'une indication de l'état d'engraissement des carcasses à un site précis, une mesure indirecte de la quantité de tissus adipeux mais aussi de tissus musculaires de la carcasse entière.

Plus spécifiquement, une des premières études du genre a été menée par Pálsson (1939) et impliquait 11 agneaux de 4,5 mois (Poids carcasse = 18 kg) et 5 castrats âgés de 13 mois (Poids carcasse = 27 kg). Plusieurs mesures de gras étaient effectuées sur les carcasses, notamment C (mesures de gras au-dessus du LD entre la 12^e et la 13^e côte) et J [l'épaisseur maximale de gras entre la 12^e et la 13^e côte latéralement au LD (ressemble au GR)]. Les corrélations entre ces mesures et la quantité de gras disséquée étaient bonnes (0,70 à 0,94 et

0,82 pour C et J, respectivement). Les dimensions du muscle (B : épaisseur et A : largeur) étaient cependant moins liées avec la quantité de maigre (dissection). En effet, des corrélations de 0,67 et 0,47 ont été calculées pour A et B, respectivement. Cependant, seule la corrélation entre A et la quantité de maigre était significative. Évidemment, le faible nombre d'animaux de différentes races a pu nuire à l'obtention de meilleurs résultats.

L'utilisation du GR au sein du système canadien de classification, notamment, découle d'études démontrant l'utilité de cette mesure pour prédire la composition des carcasses. En effet, Kirton et Johnson (1979) ont mesuré des corrélations de 0,73 et 0,74 entre le GR (carcasse chaude et froide) et le pourcentage de gras déterminé par analyses chimiques ($r = 0,42$, corrigée pour le poids de la carcasse). La corrélation entre la mesure de gras dorsal entre la 12^e et la 13^e côte et le pourcentage de gras était de 0,72 ($r = 0,47$, ajusté pour le poids de la carcasse). Exprimés en kilogramme, les corrélations avec le gras étaient, pour le GR (carcasse chaude et froide), entre 0,79 et 0,81 et, pour l'épaisseur de gras, de 0,75 ($r = 0,45 - 0,46$ et 0,53 après ajustement). Ces résultats ont été recueillis sur 314 agneaux dont le poids carcasse moyen était de 14,4 kg et le pourcentage de gras de 29 %. Les mesures de C et de J (mesure semblable au GR) ainsi que des analyses chimiques ont été répétées pour 2 213 agneaux et les corrélations obtenues étaient similaires ($0,76 < r < 0,81$ et $0,68 < r < 0,73$ pour J et C, respectivement). En combinant le poids de la carcasse froide et le GR, il était possible d'expliquer 61 % de la variation observée pour le pourcentage de gras. Le poids du gras périrénal et la mesure de gras dorsal ont également été ajoutés au modèle. Le R^2 était alors passé à 0,84. Le poids seul donnait un R^2 de 0,53. Cependant, après l'ajout des autres variables, le poids devenait nettement moins significatif. Donc, selon les auteurs, le poids de la carcasse, puisqu'il est toujours enregistré, avec le GR ou la mesure de gras dorsal, selon la disponibilité des équipements de lecture, permettraient de bien prédire la composition (%) en gras des carcasses d'agneaux. Les auteurs mentionnent qu'il est généralement accepté que la mesure GR est moins précise que celle du gras dorsal en valeur absolue. Cependant, en terme d'erreur relative, une erreur de 1 mm pour une mesure de gras de 4 mm équivaldrait à une erreur de 2,5 mm sur une mesure GR de 10 mm. De plus, le GR et gras dorsal sont bien corrélés entre eux ($0,71 < r < 0,78$). Par

ailleurs, les résultats de Kirton et Johnson (1979) ont démontré que le GR était aussi précis que le gras de couverture pour prédire le niveau d'engraissement (%) des carcasses.

Pour leur part, Nicol et Parratt (1984) ont obtenu des corrélations de 0,60 (ÉTR = 1,72) et de 0,76 (ÉTR = 2,49) entre les mesures de gras (C) et la quantité et le pourcentage de gras déterminés par analyses chimiques, respectivement, sur 38 béliers d'environ 1 an. Cette relation était, par ailleurs, quelque peu meilleure pour le GR ($r = 0,77$ et $0,79$; ÉTR = 1,36 et 2,39, pour la quantité et le pourcentage de gras).

Dans leur revue concernant les différentes méthodes utilisées pour prédire la composition des carcasses, Hedrick (1983) rapporte que la surface du muscle LD serait mieux corrélée avec la quantité de maigre qu'avec le pourcentage. Il mentionne également que la mesure de gras au niveau de la 12^e côte au-dessus du LD ($\frac{3}{4}$ de la distance entre la médiane et l'extrémité du muscle) est la plus courante et que, tel que montré par Ringkob *et al.* (1964), celle-ci est liée à l'état d'engraissement des carcasses d'agneaux (Hedrick, 1983).

Dans une étude à grande échelle menée auprès de 2 808 agneaux, Kempster *et al.* (1986) ont cherché à déterminer la précision de diverses techniques utilisées pour prédire la composition des carcasses en fonction de la race et du sexe. Plusieurs méthodes *ex vivo* ont été utilisées, notamment des évaluations visuelles et subjectives (estimation de la couverture de gras et du pourcentage de gras sous-cutané, estimation de la quantité de gras viscéral et évaluation de la conformation globale et de celle du gigot) et des mesures objectives (différentes mesures linéaires sur la carcasse ainsi que les mesures au niveau de la 12^e côte correspondant à A, B et C). Afin de relier les différentes mesures à la composition des carcasses, celles-ci ont été disséquées de façon à obtenir le poids des tissus suivants : maigre, gras sous-cutané, gras intermusculaire, os et parures. De toutes les mesures effectuées sur la carcasse, l'estimation visuelle du pourcentage de gras sous-cutané est celle qui, en association avec le poids de la carcasse, permettait de mieux prédire la composition (%maigre et %gras), suivi de près par la mesure de l'épaisseur de gras (C) au niveau de la 12^e côte (ÉTR = 3,16, 3,46 et 3,00 pour le %maigre et 3,66, 4,10 et 3,55 pour le %gras, pour les essais I, II et III).

Enfin, une autre étude importante, menée sur 1 260 carcasses, a confirmé que les mesures de l'épaisseur de gras et du GR étaient équivalentes entre elles et toutes deux plus utiles que celles de la surface ou de l'épaisseur de l'œil de longe (Jones *et al.*, 1992). Dans cette étude, le GR était mesuré entre la 12^e et la 13^e côte à l'aide d'une sonde Hennessy. Les mesures d'épaisseur de gras et du GR étaient moyennement corrélées avec la proportion de maigre (dissection; g/kg) avec des coefficients de 0,51 à 0,54 pour le gras dorsal et de 0,56 à 0,57 pour le GR, selon les sexes. Ces mêmes mesures étaient toutefois mieux reliées avec la proportion de gras ($0,59 < r < 0,60$ pour le gras dorsal et $0,57 < r < 0,66$ pour le GR). La surface de l'œil de longe obtenue avec un planimètre était, quant à elle, peu corrélée avec le maigre (g/kg) ($0,05 < r < 0,13$). Les résultats n'étaient guère plus concluants pour les proportions de gras, avec des coefficients de corrélation de 0,08 à 0,20 entre la mesure carcasse et le pourcentage de gras disséqué. Dans les deux cas, les mesures de l'épaisseur du muscle (Hennessy), entre la 12^e et la 13^e côte, n'améliorait pas la prédiction de la composition comparativement aux mesures de gras seules. L'ajout du poids de la carcasse chaude dans l'équation pour prédire le maigre apportait peu de précision, bien que significative, à l'estimé ($R^2 = 0,51$ avec l'épaisseur de gras mesurée avec la sonde Hennessy et $R^2 = 0,53$ après l'ajout du poids). Les résultats obtenus par Hopkins *et al.* (1995) allaient dans le même sens, à l'exception que, dans leur étude, la surface du muscle avait une légère influence positive sur la prédiction de différents rendements en viande ($0,61 < R^2 < 0,73$ pour le poids de la carcasse chaude (PCC) et le GR; $0,53 < R^2 < 0,63$ pour le PCC et la mesure de gras dorsal et $0,65 < R^2 < 0,81$ pour le PCC, le GR et la surface du muscle).

2.3.5. Facteurs qui influencent la prédiction de la composition des carcasses

Les facteurs affectant la précision des mesures aux ultrasons peuvent évidemment affecter la prédiction de la composition des carcasses déterminée sur la base de ces mesures. Toutefois, le choix du site de mesure, représentatif du niveau d'engraissement global des carcasses, joue un rôle déterminant. L'état d'engraissement des carcasses ou plutôt la distribution des réserves adipeuses dans la carcasse pourrait également influencer le

potentiel de prédiction des mesures US. Enfin, la race et le sexe, par des variations au niveau de la déposition des tissus, pourraient faire varier les équations de prédiction.

2.3.5.1. Sites de mesure

Le choix du site de mesure est d'une importance capitale. Les mesures à un site donné doivent, effectivement, être reconnues pour être bien corrélées avec la composition afin que celles-ci permettent de prédire avec le plus d'exactitude possible la proportion de muscle et de gras contenue de la carcasse entière (Wilson, 1992).

D'après Kempster *et al.* (1982), l'intérêt des mesures de gras et d'épaisseur du LD entre la 12^e et la 13^e côte est discutable en raison des valeurs de ÉTR élevées dans les équations de prédiction du pourcentage de viande maigre. Selon les auteurs, les mesures dans la région thoracique sont d'une utilité limitée pour prédire la composition de l'ensemble d'une carcasse. Ainsi, il y aurait possiblement avantage à étudier d'autres sites de mesure afin de mieux représenter l'ensemble de la carcasse.

Par ailleurs, Fortin et Shrestha (1986) n'ont observé aucune différence de précision entre les mesures aux ultrasons effectuées à la dernière côte et à 10 cm de cette côte (lombaire) pour prédire la quantité ($R^2 = 0,76$) et le rendement en viande désossée et parée ($R^2 < 0,01$). Toutefois, la combinaison des mesures US aux deux sites fournissait une meilleure prédiction.

Dans la même veine, malgré de faibles R^2 , souvent plus d'une mesure de gras entraient significativement dans les modèles développés par Leymaster *et al.* (1985). Selon les auteurs, ceci signifierait que les mesures aux différents sites, dans ce cas-ci à la dernière côte et à la 3^e vertèbre coccygienne, apportaient de l'information complémentaire et donc que la déposition de gras se ferait de façon différente et indépendante à ces endroits. Ainsi, Leymaster *et al.* (1985), tout comme Kempster *et al.* (1982), encouragent l'investigation à des sites autres que celui de la dernière côte. La prise de mesures à plus d'un site pourrait donc permettre de mieux prédire la composition globale des carcasses.

Enfin, tel que démontré à la section 2.3.4, il ne fait aucun doute que le GR, mesuré à l'aide des ultrasons, possède un potentiel intéressant pour prédire la composition, malgré le fait qu'il soit encore peu exploité de cette façon.

2.3.5.2. Composition de la carcasse

La technologie des ultrasons est largement répandue dans l'industrie porcine. Plus récemment, son utilisation a pris de l'ampleur en production bovine. Les résultats mitigés chez l'ovin limite toutefois la popularité des mesures aux ultrasons. En effet, la précision des mesures aux ultrasons serait nettement meilleure chez le porc que chez le bovin ou l'agneau. La précision de ce type de mesure serait en grande partie dépendante de l'importance du gras sous-cutané. Les mesures aux ultrasons gagneraient donc en précision avec l'augmentation de la quantité relative de gras sous-cutané contenue dans la carcasse. Chez le porc, des 22,8 % de gras retrouvé dans la carcasse, environ 16 % correspondrait à du gras sous-cutané tandis que chez l'agneau, moins de 12 % des 25,6 % de gras total seraient logés sous l'épiderme (Simm, 1987) (Tableau 2.4).

Tableau 2.4. Importance relative des différents tissus en fonction de l'espèce animale

Tissus	Proportions (%)		
	<i>Mouton</i>	<i>Boeuf</i>	<i>Porc</i>
Maigre	56,1	60,3	52,1
Gras total	25,6	22,2	22,8
- Gras sous-cutané	11,5	7,9	16,1
- Gras intermusculaire	11,0	12,9	5,0
- Gras viscéral	3,1	1,4	1,6

Tiré de Simm (1987)

Les meilleurs niveaux de précision seraient également obtenus lorsque les animaux sont plus gras (épaisseur de gras dorsal et pourcentage de gras) ou encore lorsque la variation est importante entre les sujets (Simm, 1992). À ce sujet, Leymaster (1985) ainsi que Young et Deaker (1994) rapportent que la faible valeur et le peu de variations observées pour l'épaisseur du gras à la 13^e côte empêchent de discerner les différences au niveau de la

composition de la carcasse. C'est pour cette raison qu'ils ont évalué le potentiel de mesures alternatives telles que le GR. Également, Simm (1987) explique ses bons résultats avec les ultrasons par le fait qu'il existait une importante variation entre les animaux utilisés et que les niveaux d'engraissement étaient élevés, et ce, en raison du niveau d'alimentation. En effet, les animaux étaient alimentés à volonté afin de leur permettre d'exprimer leur plein potentiel génétique. Selon lui, la faible précision de prédiction de la composition des carcasses souvent rapportée pour des mesures aux ultrasons pourrait être contrée par des méthodes de régie et d'alimentation permettant d'accentuer les variations entre les individus. L'auteur mentionne également qu'il ne semble pas y avoir d'interaction entre les facteurs génétiques et environnementaux.

Un autre facteur à considérer est la stabilité de la relation entre les mesures aux ultrasons et le niveau d'engraissement des animaux. À cet effet, Bennett *et al.* (1988a) mentionnent que la relation entre le GR et le pourcentage de gras, estimée à partir d'analyses chimiques, ne changerait pas avec l'accroissement du niveau d'engraissement. Ainsi, des corrélations entre 0,50 et 0,75 ont été obtenues pour des agneaux ayant des concentrations de gras comprises entre 179 et 326 g/kg.

2.3.5.3. *Effet de la race et du sexe*

Pour être utilisables à grande échelle, les équations de prédiction de la composition des carcasses doivent être indépendantes de la race et du sexe de l'animal. Pour rencontrer cette exigence, la distribution du gras sous-cutané et la relation qui existe entre ce type de gras et la quantité de gras et de muscle contenu dans la carcasse doit être similaire entre les différentes races (Wood et MacFie, 1980) et les sexes. Chez le bovin, la race est considérée comme un facteur important, rendant impossible l'utilisation d'une seule équation entre les races (Kempster *et al.*, 1976b). Kempster *et al.* (1976a) rapportent que Carpenter et ses collaborateurs ont, en 1969, établi qu'il était avantageux d'utiliser des équations de prédiction différentes pour prédire le rendement à la découpe entre les sexes chez l'agneau. Toutefois, dans leur étude, Kempster *et al.* (1976a) ont montré que l'utilisation d'équations différentes en fonction de la race améliorerait peu la précision de l'estimation du pourcentage de maigre chez l'agneau. Cependant, les pentes des équations entre le gras dorsal et le

pourcentage de maigre variaient de -0,65 à -1,58. L'analyse de ces valeurs ne semble toutefois pas avoir été effectuée. Wood et Macfie (1980) ont également observé de très faibles variations de la précision des équations construites en fonction des races. Par contre, dans leur étude, ils ont utilisé les poids de tissus (maigre et gras) plutôt que les pourcentages comme variables dépendantes. Selon eux, les différences existant entre des races très différentes (deux races maternelles et deux races paternelles), au niveau de la conformation et de la maturité, à des poids de carcasses entre 15 et 21 kg, n'influenceraient pas suffisamment la distribution des tissus pour invalider des équations basées sur des mesures d'épaisseurs de gras dorsal effectuées sur la carcasse. Les équations développées pour prédire la quantité de maigre avaient des R^2 autour de 0,85 lorsqu'elles incluaient le poids vif et différentes mesures de gras seules ou combinées (C et J entre la 12^e et la 13^e côte sur la carcasse). Cependant, dans ces équations, le poids expliquait la majorité de la variation pour la quantité de maigre ($R^2 = 0,74$). Le fait de construire des courbes différentes pour les quatre races étudiées, avec comme variables explicatives le poids de la carcasse et l'épaisseur de gras dorsal (C), faisait varier le coefficient de détermination de 0,846 à 0,859 pour la quantité de maigre, de 0,789 à 0,811 pour la quantité de gras sous-cutané et de 0,830 à 0,854 pour la quantité de gras total (intermusculaire et sous-cutané). Avec l'épaisseur de gras « J » (similaire au GR), la précision des équations serait encore moins influencée par la race. Toutefois, les auteurs ont mesuré des différences importantes pour le ratio gras périrénal : gras de la carcasse (sous-cutané + intermusculaire) entre les races maternelles et paternelles (Wood et MacFie, 1980). Lorsque le gras viscéral est inclus dans la quantité de gras à prédire, la race pourrait alors avoir un impact différent. Il aurait été intéressant que les auteurs analysent les valeurs des coefficients a et b pour les équations entre les races plutôt que les R^2 seulement.

Pour sa part, Kenney (1996) a établi que la relation entre le GR et l'épaisseur de gras dorsal mesurés sur la carcasse variait entre les races et les sexes étudiés.

Chez le porc, Hicks *et al.* (1998) rapportent la présence de biais en fonction du sexe et de la race, engendrant une sous-estimation de la prédiction du maigre chez les races maigres et une surestimation chez les races grasses. Ces biais seraient dus à des différences dans la distribution du gras et du maigre entre les carcasses d'animaux de génotypes et de sexes différents et pourraient être minimisés par la combinaison de différentes mesures.

2.3.6. Conclusions sur la prédiction de la composition des carcasses

Bien qu'il soit difficile de tirer des conclusions définitives, certains points ressortent des études visant à déterminer le potentiel des mesures aux ultrasons pour prédire la composition de celle-ci.

De manière générale, les résultats des différentes études démontrent que le poids des tissus maigres est plus facile à prédire avec précision que leur proportion. Ils confirment également que le poids prend plus d'importance dans la prédiction du maigre exprimé en kilogramme plutôt qu'en pourcentage. Le poids compterait, en effet, pour la majorité de la variation observée pour la quantité de maigre. L'épaisseur de muscle pourrait, par ailleurs, apporter une certaine précision à la prédiction du maigre en terme de kilogramme et, dans une moindre proportion, en terme de pourcentage. L'épaisseur du gras serait toutefois un meilleur indicateur du pourcentage de maigre que l'épaisseur du LD.

Pour ce qui est de la composition en gras, les mesures de gras permettraient généralement d'estimer assez précisément la proportion et la quantité de gras retrouvées dans les carcasses (corrélation supérieure à 0,60). Le poids compterait peu dans la prédiction du pourcentage par rapport à la quantité. Cependant, en comparaison avec le tissu maigre, le poids prendrait nettement moins d'importance pour prédire la composition en gras (% et kg). Donc, bien que l'on accorde spontanément beaucoup d'importance à l'épaisseur ou à la surface du LD, le gras serait le facteur primordial à considérer, pour par sa stabilité et la plus grande facilité avec laquelle on peut le mesurer, mais aussi pour son utilité dans la prédiction de la composition.

Les équations de prédiction de la composition peuvent être influencées par la distribution des tissus et, donc, par les variations entre les animaux. Il est cependant plus pratique de pouvoir utiliser une seule équation pour l'ensemble de la population. C'est pourquoi il est primordial de considérer l'impact du sexe et de la race dans l'évaluation des équations visant à prédire la composition.

2.4. UTILISATION DES MESURES AUX ULTRASONS POUR AMÉLIORER LA QUALITÉ DES CARCASSES

Pour qu'une éventuelle sélection génétique sur la qualité des carcasses puisse être efficace avec l'utilisation des mesures aux ultrasons, il est impératif que les sites de mesure sondés soient sous le contrôle de la génétique et démontrent suffisamment de variation (Wilson, 1992).

Les valeurs d'héritabilité des caractères de croissance et de qualité de la carcasse sont généralement modérées. Selon Simm et Dingwall (1989), les valeurs d'héritabilité du poids et des mesures de gras US et du LD seraient respectivement de 0,24, 0,23 et 0,22. Les héritabilités obtenues par Cameron et Bracken (1992) sont quelque peu meilleures pour les mesures US vers 150 jours (0,20, 0,35 et 0,43, pour le poids, le gras et le LD US). Puntilla *et al.* (2002) ont établi des héritabilités comparables pour l'épaisseur de gras et de l'épaisseur du LD US (0,39 et 0,46) mais supérieures pour le poids (0,44). Enfin, d'après les travaux de Fernandes *et al.* (2004), ces valeurs varieraient dépendamment si on utilise l'âge ou le poids comme covariables. À poids constant, les héritabilités pour les épaisseurs de gras et de muscle seraient toutes deux de 0,29 tandis qu'à un âge constant, celles-ci seraient de 0,38 et 0,35. Avec de telles héritabilités, on pourrait donc s'attendre à observer des changements de l'ordre de 1,0 à 1,5 % de la moyenne du caractère sélectionné par année (Smith, 1984).

La sélection sur la base du gain de poids, qui est courante pour les races paternelles, engendrerait une augmentation du niveau d'engraissement et une réduction du rendement en maigre, à un âge donné (Simm, 1987). En effet, à âge fixe, il existerait une corrélation génétique positive entre le poids (et le gain) et la quantité ou proportion de gras, et une corrélation génétique négative entre le poids et le pourcentage de maigre. À l'inverse, la sélection favorisant la proportion de maigre pourrait réduire le poids des carcasses à un même âge. Plusieurs paramètres doivent donc être considérés dans le but de permettre l'amélioration de la qualité des carcasses tout en maintenant les performances de croissance. En conciliant les contributions optimales, via les coefficients appropriés, du poids vif et des mesures aux ultrasons prises sur l'animal vivant, les indices de sélection

pourraient permettre d'obtenir des changements considérables et profitables pour l'industrie (Simm, 1987).

La Figure 2.4. illustre la réponse prévue lors d'une sélection basée sur l'utilisation d'un indice donnant la valeur économique de +3 au maigre et de -1 au gras (Simm et Dingwall, 1989). Dans les faits, l'indice de croissance en maigre se définit comme suit :

$$0,103 \text{ Poids vif (PV)} + 0,257 \text{ Épaisseur de muscle US (Mus)} - 0,406 \text{ Épaisseur de gras US (Gus)}.$$

Ainsi, il est possible de mieux comprendre l'effet de la sélection pour le poids vif seulement par rapport à celle pour le poids et les différentes mesures aux ultrasons sur les quantités de gras et de maigre de la carcasse (Figure 2.4).

La sélection pendant 9 ans, dans un troupeau Suffolk de 250 brebis, basée sur l'indice de croissance en maigre précédemment décrit a mené à une variation significative des paramètres sélectionnés (+4,88 kg, -1,1 mm et +2,8 mm; pour le poids vif, l'épaisseur de gras et du LD US) et à une augmentation substantielle du rendement en viande maigre des carcasses (+38 à 41 g/kg de maigre et -46 à -50 g/kg de gras) (Lewis *et al.*, 1999; Simm *et al.*, 2002). Les mesures aux ultrasons à l'origine de cette amélioration de la qualité des carcasses étaient effectuées entre la 3^e et la 4^e vertèbres lombaires.

Pour Cameron et Bracken (1992), une sélection de trois ans orientée vers la réduction des mesures de gras dorsal US entre les 12^e-13^e côtes, à un poids vif donné, aurait entraîné une augmentation du rendement en maigre de 13,5 g/kg et une réduction du gras de la carcasse des agneaux de 13,8 g/kg.

Les résultats cités plus hauts ne sont que quelques exemples du progrès réalisable par l'addition des mesures aux ultrasons aux programmes de sélection génétique de troupeaux de moutons (Bennett *et al.*, 1988b; Kadim *et al.*, 1989; McEwan *et al.*, 1990; Fennessy *et al.*, 1992; Bishop, 1993; Solis-Ramirez *et al.*, 1993). Plusieurs utilisent même déjà ce type de mesure sur le terrain. Le Tableau 2.5 passe en revue les différents sites utilisés au sein des programmes de sélection génétique utilisés à travers le monde.

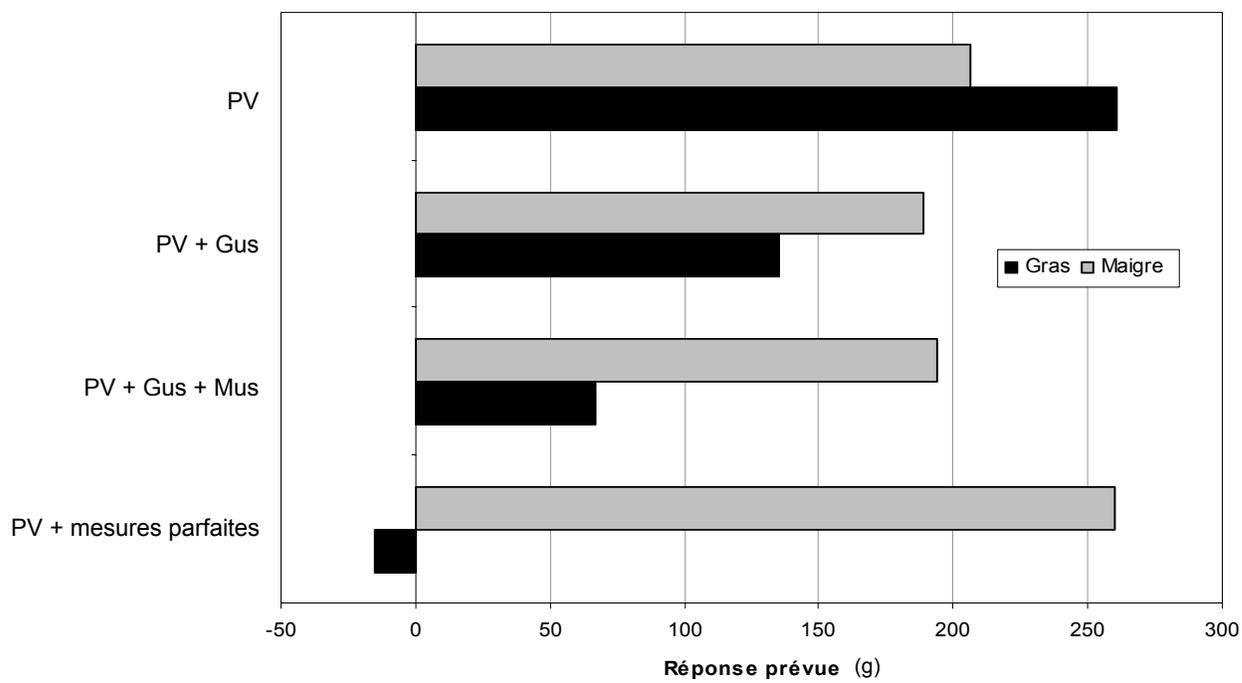


Figure 2.4. Réponse à la sélection attendue pour la quantité de gras et de maigre basée sur différentes combinaisons de mesures (PV : Poids vif; Gus : Épaisseur de gras US; Mus : Épaisseur de muscle US; Mesures parfaites : mesures permettant de prédire parfaitement la composition de la carcasse)

Adapté de Simm et Dingwall (1989)

Tableau 2.5. Mesures et sites de mesure utilisés au sein de programmes nationaux de sélection génétique visant l'amélioration de la composition des carcasses d'agneaux par l'utilisation des ultrasons

Début	Pays	Programme	Site de mesure	Mesures	Références
1979	Danemark	Central Ram Test	1 ^e lombaire	C et LA	Jensen, 1990
1980	Australie	Lambplan	12 ^e côte	C	Atkins <i>et al.</i> , 1991
1981	N-Z	Animalplan	13 ^e côte	C	Davis et Fennessy, 1996
1985	Finlande	Central Ram Test	1 ^e lombaire	LA	Puntilla et Nylander, 1993
1986	G-B	SheepBreeder	3 ^e lombaire	C et B	Simm, 1992
1992	Norvège	Central Ram Test	1 ^e lombaire	C et LA	Puntilla et Nylander, 1993
	Canada				
1999	- Ontario	GenOvis	12 ^e -13 ^e côtes	C et B	Kennedy, 2001 (comm. pers.)
1995	- Alberta	WSSR	3 ^e lombaire	C et B	Gallivan, 2001 (comm. pers.)

C : Épaisseur du gras dorsal

LA : Surface du muscle (*longissimus dorsi*)

B : Épaisseur du muscle

Adapté de Stanford *et al.* (1998)

Plus près de chez nous, en Ontario, les intervenants ont déjà implanté les mesures d'ultrasons à la ferme, ajoutant ainsi une dimension « qualité de la carcasse » à leur évaluation génétique. Les généticiens Jim Wilton et Jane Tosh, du Centre for Genetic Improvement of Livestock (CGIL) de l'Université de Guelph, ont développé et utilisé un modèle statistique pour calculer des ÉPD⁹ pour les caractères d'épaisseurs de gras dorsal et de l'œil de longe. Les chercheurs du CGIL ont également développé un nouvel indice « terminal »¹⁰ qui regroupe l'information des ÉPD pour le poids à la naissance, le poids à 50 j, le gain entre 50 et 100 j ainsi que les ÉPD pour les mesures aux ultrasons entre 80 et 120 j (Tosh et Wilton, 2002). L'utilisation de cet indice permettrait d'optimiser la croissance tout en augmentant le contenu en viande maigre de la carcasse, tel qu'illustré à la Figure 2.5.

L'avenir nous permettra d'évaluer les changements réels observés auprès des ovins sélectionnés sur la base de cet indice.

⁹ ÉPD : Écart prévu chez les descendants – Estimation de la valeur génétique qu'un animal transmet à sa descendance.

¹⁰ $IST = -1,07 \text{ ÉPD}_{\text{Pds né dir}} + 1,08 \text{ ÉPD}_{\text{Pds 50j dir}} + 1,29 \text{ ÉPD}_{\text{Gain}} - 1,58 \text{ ÉPD}_{\text{Gus}} + 0,92 \text{ ÉPD}_{\text{Mus}}$.

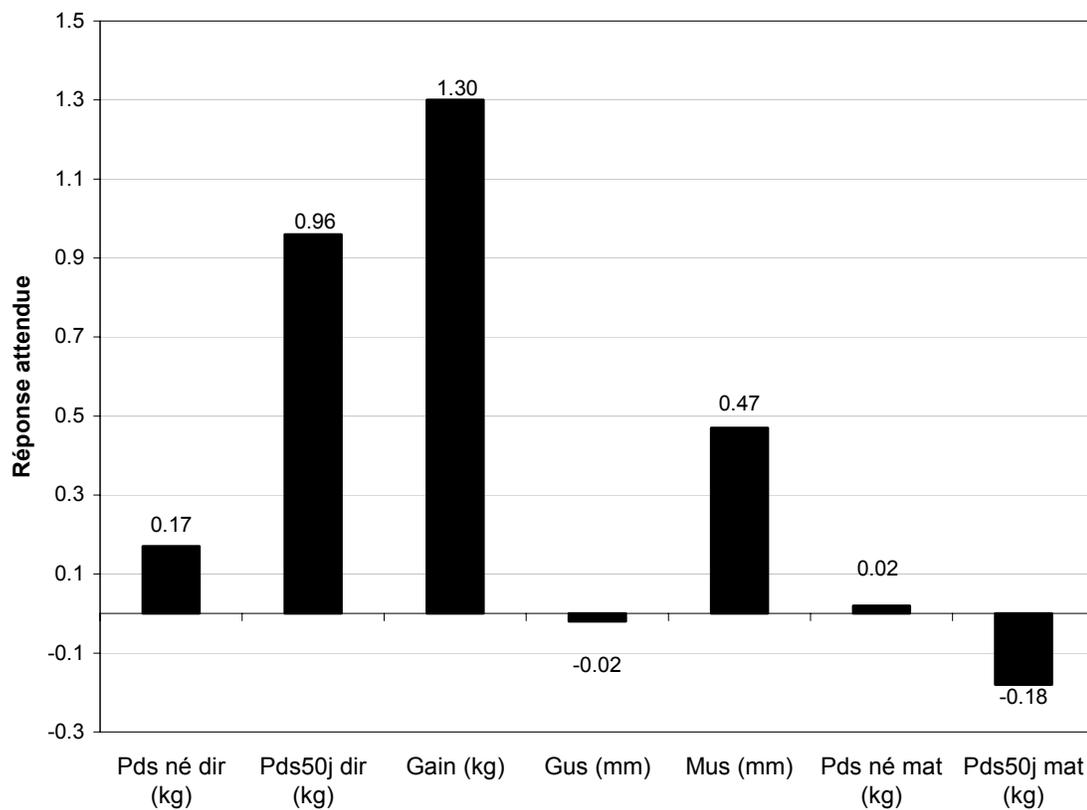


Figure 2.5. Réponse anticipée chez la descendance avec l'utilisation d'un bélier 5 % supérieur pour l'indice terminale (IST)

(Pds né dir / Pds né mat : ÉPD pour le poids à la naissance direct et maternel; Pds50j dir / Pds50j mat : ÉPD pour le poids à 50 j direct et maternel; Gain : ÉPD pour le gain entre 50 et 100; GUS : ÉPD pour la mesure de gras dorsal aux ultrasons entre 80 et 120 j et MUS : ÉPD pour la mesure de l'œil de longe aux ultrasons entre 80 et 120 j)

2.5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les mesures aux ultrasons, prises avec rigueur, pourraient être suffisamment liées avec la composition des carcasses, en gras notamment, pour permettre, via une sélection génétique raisonnée, l'amélioration de la qualité des carcasses des agneaux.

Cependant, les recherches concernant l'utilisation des ultrasons *in vivo* pour estimer la composition des carcasses des agneaux sont relativement peu nombreuses et arrivent souvent à des conclusions contradictoires. Plusieurs sites de mesure sont utilisés, que ce soit au sein des programmes d'évaluation génétique déjà en place ou dans la littérature, et peu d'études se sont arrêtées à comparer leur précision. De plus, certaines mesures comme le GR méritent qu'on leur accorde davantage d'attention. La façon de prendre les mesures pourrait également être raffinée. Aussi, comme on retrouve au Québec une multitude de races aux caractéristiques variées, il est essentiel de déterminer la précision des mesures en fonction de la race et aussi du sexe des animaux. Selon Kempster *et al.* (1982), il importe, pour quiconque envisage utiliser un appareil à ultrasons, de réaliser des essais impliquant la prises de données sur la carcasse afin d'établir la précision et l'utilité des mesures dans les conditions réelles dans lesquelles l'appareil est utilisé. Pour toutes ces raisons, cette technique doit faire l'objet d'investigations plus poussées en vue d'être adaptée à la réalité des élevages québécois.

2.6. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif de cette étude est de valider l'utilisation de diverses mesures échographiques prises sur l'animal vivant comme méthode d'estimation *in vivo* de la composition en viande maigre et en gras des carcasses d'agneaux lourds. Cette étude permettra : 1) évaluer l'exactitude des mesures aux ultrasons de gras dorsal et de l'épaisseur de l'œil de longe à différents sites [entre les 12^e-13^e côtes (transversale) et 3^e-4^e vertèbres lombaires (transversale et longitudinale)] et de la mesure GR (longitudinale); 2) évaluer la capacité de ces mesures, prises avant l'abattage, à estimer la composition des carcasses; 3) déterminer le ou les sites de mesure présentant le plus d'intérêt du point de vue de leur précision ainsi que de leur potentiel d'application pratique ; 4) d'estimer l'effet de la race, du sexe et de la

magnitude des mesures sur la précision des ultrasons et 5) établir la relation entre la race, le sexe et la prédiction de la composition des carcasses.

2.7. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

- a) Les mesures aux ultrasons effectuées dans la région thoracique, entre les 12^e-13^e côtes, sont un bon indicateur de la composition de la carcasse (gras et muscle) mais sont moins stables et précises que celles réalisées au niveau lombaire (entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires);
- b) La surface de l'œil de longe, lorsque évaluée au niveau lombaire, est la seule mesure de surface corrélée avec le rendement de la carcasse;
- c) La mesure GR effectuée à l'aide des ultrasons permet de prédire le rendement en viande de la carcasse avec la même précision que lorsque cette même mesure est prise directement sur la carcasse, à l'abattoir;
- d) La mesure GR améliore la précision de la prédiction du rendement en viande de la carcasse.

2.8. RÉFÉRENCES

- Allen, P. 1990. New approaches to measuring body composition in live meat animals. Dans: J.D. Wood and A.V. Fisher (éds.). Reducing fat in meat animals. p. 201-254. Elsevier, London, U.K.
- Alliston, J.C. 1983. Evaluation of carcass quality in the live animal. Dans: W. Haresign (éd.). Sheep Production. p. 75-95. Butterworths, London, U.K.
- Alliston, J.C. et J.D. Barker. 1981. The use of two ultrasonic machines (Danscanner and Scanogram) for the prediction of body composition crossbred lambs. Anim. Prod. 32: 375.
- Ball, R.O., N.N. Aziz, P. Sharpe et W. McCutcheon. 1995. Reproductive efficiency, feedlot performance, and carcass composition of lambs from prolific and standard breeds of sheep, Département of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Guelph, ON.
- Bass, J.J., E.G. Woods et W.D. Paulsen. 1982. A comparison of three ultrasonic machines (Danscan, AIDD (NZ) and Body Composition Meter) and subjective fat and conformation scores for predicting chemical composition of live sheep. J. Agric. Sci. 99: 529-532.

- Bennett, G.L., H.H. Meyer et A.H. Kirton. 1988a. Effect of average carcass fat concentration on correlations among lamb carcass measurements. *Anim. Prod.* 47: 369-377.
- Bennett, G.L., H.H. Meyer et A.H. Kirton. 1988b. Effects of selection for divergent ultrasonic fat depth in rams on progeny fatness. *Anim. Prod.* 47: 379-386.
- Berg, E.P., M.K. Neary, J.C. Forrest, D.L. Thomas et R.G. Kauffman. 1996. Assessment of lamb carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths. *J. Anim. Sci.* 74: 2672-2678.
- Binnie, D.B., R.J. Farmer et J.N. Clarke. 1995. Ultrasonic scanning of lamb carcasses for non-destructive carcass quality measurements. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 55: 111-113.
- Bishop, S.C. 1993. Selection for predicted carcass lean content in Scottish Blackface sheep. *Anim. Prod.* 56: 379-386.
- Brethour, J.R. 1992. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 1039-1044.
- Cameron, N.D. et J. Bracken. 1992. Selection for carcass lean content in a terminal sire breed of sheep. *Anim. Prod.* 54: 367-377.
- Cameron, N.D. et C. Smith. 1985. Estimation of carcass leanness in young rams. *Anim. Prod.* 40: 303-308.
- Cuthbertson, A., D. Croston et D.W. Jones. 1984. In vivo estimation of lamb carcass composition and lean tissue growth rate. Dans: D. Lister (éd.). *In vivo measurement of body composition in meat animals*. p. 163-166. Elsevier applied science, London, U.K.
- Delfa, R., A. Teixeira, I. Blasco et F. Colomer-Rocher. 1991. Ultrasonic estimates of fat thickness, C measurement and longissimus dorsi depth in Rasa Aragonesa ewes with same body condition score. *Options Méditerranéennes Série Séminaires*: 25-30.
- Edwards, J.W., R.C. Cannell et R.P. Garret. 1989. Using ultrasound, linear measurements and live fat thickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. *J. Anim. Sci.* 67: 3322-3330.
- Fennessy, P.F., W.E. Bain, G. G.J. et P.D. Johnstone. 1992. Carcass characteristics of progeny from ram lambs selected for high or low ultrasonic backfat thickness. *N.Z. J. Agric. Res.* 35: 177-183.

- Fernandes, T. 2000a. Genetic parameter estimates for ultrasound-measured carcass traits in sheep. M.Sc. Thesis, University of Guelph, Guelph, ON.
- Fernandes, T.L. 2000b. Real-time ultrasound program. Ontario Sheep News, 13: 11-12.
- Fernandes, T.L., J.W. Wilton et J.J. Tosh. 2004. Estimates of genetic parameters for ultrasound-measured carcass traits in sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 361-365.
- Fernández, C., L. Gallego et A. Quintanilla. 1997. Lamb fat thickness and longissimus muscle area measured by a computerized ultrasonic system. *Small Rum. Res.* 26: 277-282.
- Fernández, C., A. García, H. Vergara et L. Gallego. 1998. Using ultrasound to determine fat thickness and longissimus dorsi area on Manchego lambs of different live weight. *Small Rum. Res.* 27: 159-165.
- Fortin, A. 1980. Fat thickness measured with three ultrasonic instruments on live ram lambs as predictors of cutability. *Can. J. Anim. Sci.* 60: 857-867.
- Fortin, A. et J.N.B. Shrestha. 1986. In vivo estimation of carcass meat by ultrasound in ram lambs slaughtered at an average live weight of 37 kg. *Anim. Prod.* 43: 469-475.
- Glasbey, C.A., I. Abdalla et G. Simm. 1996. Towards automatic interpretation of sheep ultrasound scans. *Anim. Sci.* 62: 309-315.
- Gooden, J.M., A.D. Beach et R.W. Purchas. 1980. Measurement of subcutaneous backfat depth in live lambs with an ultrasonic probe. *N. Z. J. Agric. Res.* 23: 161-165.
- Greiner, S.P., G.H. Rouse, D.E. Wilson, L.V. Cundiff et T.L. Wheeler. 2003. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 81: 676-682.
- Gresham, J.D., S.R. McPeake, J.K. Bernard et H.H. Henderson. 1992. Commercial adaptation of ultrasonography to predict pork carcass composition from live animal and carcass measurements. *J. Anim. Sci.* 70: 631-639.
- Gresham, J.D., S.R. McPeake, J.K. Bernard, M.J. Riemann, R.W. Wyatt et H.H. Henderson. 1994. Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan. *J. Anim. Sci.* 72: 1409-1416.
- Hedrick, H.B. 1983. Methods of estimating live animal and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 57: 1316-1326.
- Hedrick, W.R., D.L. Hykes et D.E. Starchman. 2005. Ultrasound physics and instrumentation. 4th éd. Elsevier Mosby, St. Louis, Missouri, 445 pp.

- Herring, W.O., D.C. Miller, J.K. Bertrand et L.L. Benyshek. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 72: 2216-2226.
- Hicks, C., A.P. Schinckel, J.C. Forrest, J.T. Akridge, J.R. Wagner et W. Chen. 1998. Biases associated with genotype and sex prediction of fat-free lean mass and carcass value in hogs. *J. Anim. Sci.* 76: 2221-2234.
- Hopkins, D.L. 1990. The use of ultrasound to predict fatness in lambs. *Meat Sci.* 27: 275-281.
- Hopkins, D.L., D.G. Hall et A.F. Luff. 1996. Lamb carcass characteristics. 3. Describing changes in carcasses of growing lambs using real-time ultrasound and the use of these measurements for estimating the yield of saleable meat. *Aust. J. Exp. Agric.* 36: 37-43.
- Hopkins, D.L., K.L. Pirlo, A.H.K. Roberts et A.S. Beattie. 1993. Changes in fat depths and muscle dimensions in growing lambs as measured by real-time ultrasound. *Aust. J. Exp. Agric.* 33: 707-712.
- Hopkins, D.L., J.S.A. Wotton, D.J. Gamble et W.R. Atkinson. 1995. Lamb carcass characteristics. 2. Estimation of the percentage of saleable cuts for carcasses prepared as 'trim' and traditional cuts using carcass weight, fat depth, eye muscle area, sex, and conformation score. *Aust. J. Exp. Agric.* 35: 161-169.
- Houghton, P.L. et L.M. Turlington. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *J. Anim. Sci.* 70: 930-941.
- Jones, S.D.M., L.E. Jeremiah, A.K.W. Tong, W.M. Robertson et L.L. Gibson. 1992. Estimation of lamb carcass composition using an electronic probe, a visual scoring system and carcass measurements. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 237-244.
- Jones, S.D.M., W.M. Robertson, M.A. Price et T. Coupland. 1996. The prediction of saleable meat yield in lamb carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 76: 49-53.
- Kadim, I.T., R.W. Purchas, A.L. Rae et R.A. Barton. 1989. Carcass characteristics of Southdown rams from high and low backfat selection lines. *N. Z. J. Agric. Res.* 32: 181-191.
- Kempster, A.J., D. Arnall, J.C. Alliston et J.D. Barker. 1982. An evaluation of two ultrasonic machines (Scanogram and Danscanner) for predicting the body composition of live sheep. *Anim. Prod.* 34: 249-255.
- Kempster, A.J., P.R. Avis, A. Cuthbertson et G. Harrington. 1976a. Prediction of the lean content of lamb carcasses of different breed types. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 86: 23-34.

- Kempster, A.J., A. Cuthbertson et G. Harrington. 1976b. Fat distribution in steer carcasses of different breeds and crosses. *Anim. Prod.* 23: 25-34.
- Kempster, A.J., D.W. Jones et B.T. Wolf. 1986. A comparison of alternative methods for predicting the carcass composition of crossbred lambs of different breeds breeds and crosses. *Meat Sci.* 18: 89-110.
- Kenney, P.A. 1996. Effects of genotype and sex on relationship between GR and C measurements of fatness in second cross lambs. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 21: 196-199.
- Kenney, P.A., M.E. Goddard et L.P. Thatcher. 1995. Genetic parameters for terminal sires estimated using data of progeny from Border Leicester X Merino ewes. *Aust. J. Agric. Res.* 46: 703-719.
- Kirton, A.H. et D.L. Johnson. 1979. Interrelationships between GR and other lamb carcass fatness measurements. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 39: 195-201.
- Kirton, A.H., E.G. Woods et D.M. Duganzich. 1984. Predicting the fatness of lamb carcasses from carcass wall thickness measured by ruler or by a total depth indicator (TDI). *Livest. Prod. Sci.* 11: 185-194.
- Lewis, R.M., G.C. Emmans, G. Simm, W.S. Dingwall, J. FitzSimons, J.C. Fraser et J.E. Donbavand. 1999. The consequences of index selection on carcass composition in Suffolk sheep. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.* 1999: 46.
- Leymaster, K.A., H.J. Mersmann et T.G. Jenkins. 1985. Prediction of the chemical composition of sheep by use of ultrasound. *J. Anim. Sci.* 61: 165-172.
- McEwan, J.C., J.N. Clarke, M.A. Knowler et M. Wheeler. 1989. Ultrasonic fat depths in Romney lambs and hoggets from lines selected for different production traits. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 49: 113-119.
- McEwan, J.C., P.F. Fennessy, G.J. Greer, W.E. Bain et G.D. Bruce. 1990. Effects of selection for ultrasonic backfat depth on carcass growth and composition in sheep. *Proc. Aust. Assoc. Anim. Breed. Genet.* 8: 323-326.
- McLaren, D.G., J. Novakofski, D.F. Parrett, L.L. Lo., S.D. Singh, K.R. Neumann et F.K. McKeith. 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.
- Miles, C.A., R.W. Pomeroy et J.M. Harries. 1972. Some factors affecting reproductibility in ultrasonic scanning of animals. *Anim. Prod.* 15: 239-249.
- Moeller, S.J. 2002. Evolution and use of ultrasonic technology in swine industry. *J. Anim. Sci.* 80: E19-E27.

- Moeller, S.J. et L.L. Christian. 1998. 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.* 76: 2503-2514.
- Moody, W.G., S.E. Zobrisky, C.V. Ross et H.D. Naumann. 1965. Ultrasonic estimates of fat thickness and longissimus dorsi area in lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 24: 364-367.
- Nicol, A.M., N.P. Jay et P.R. Beatson. 1988. A comparison of ultrasound backfat measurements on sheep. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 48: 33-36.
- Nicol, A.M. et A.C. Parratt. 1984. Methods of ranking two-tooth rams for fat free carcass growth rate. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 44: 253-256.
- Pálsson, H. 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to scottish breeds and crosses. I. *J. Agric. Sci.* 29: 544-626.
- Pomar, C., J. Rivest, P. Jean dit Bailleul et M. Marcoux. 2001. Predicting loin-eye area from ultrasound and grading probe measurements of fat and muscle depths in pork carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 429-434.
- Puntila, M.L., K. Mäki et O. Rintala. 2002. Assessment of carcass composition based on ultrasonic measurements and EUROP conformation class of live lambs. *J. Anim. Breed. Genet.* 119: 367-378.
- Purchas, R.W. et A.D. Beach. 1981. Between-operator repeatability of fat depth measurements made on live sheep and lambs with an ultrasonic probe. *N. Z. J. Exp. Agric.* 9: 213-220.
- Ramsey, C.B., A.H. Kirton, B. Hogg et J.L. Dobbie. 1991. Ultrasonic, needle, and carcass measurements for predicting chemical composition of lamb carcasses. *J. Anim. Sci.* 69: 3655-3664.
- Robinson, D.L., C.A. McDonald, K. Hammond et J.W. Turner. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: Assessment and accuracy of sonographers. *J. Anim. Sci.* 70: 1667-1676.
- Severini, M. 1996. Assisting pelt removal by air inflation. *Meat Int.* 6: 39-41.
- Severini, M., M. Trevisani et A.R. Loschi. 1994. Pelt removal in lambs: the issue of air inflation. *Meat Focus Int.* Novembre: 449-451.
- Shelton, M., G.C. Smith et F. Orts. 1977. Predicting carcass cutability of Rambouillet rams using live animal traits. *J. Anim. Sci.* 44: 333-337.
- Simm, G. 1983. The use of ultrasound to predict the carcass composition of live cattle - a review. *Anim. Breed. Abst.* 51: 853-875.

- Simm, G. 1987. Carcass evaluation in sheep breeding programmes. Dans: I.F.M. Marai and J.B. Owen (éds.). *New techniques in sheep production*. p. 125-144. Buttersworth, London, U.K.
- Simm, G. 1992. Selection for lean meat production in sheep. Dans: A.W. Speedy (éd.). *Progress in sheep and goat research*. p. 193-215. CAB International, Edinburg.
- Simm, G. et W.S. Dingwall. 1989. Selection indices for lean meat production in sheep. *Livest. Prod. Sci.* 21: 223-233.
- Simm, G., R.M. Lewis, B. Grundy et W.S. Dingwall. 2002. Response to selection for lean growth in sheep. *Anim. Sci.* 74: 39-50.
- Smith, C. 1984. Rates of genetic change in farm livestock. *Res. Dev. Agric.* 1: 79-85.
- Smith, M.T., J.W. Oltjen, H.G. Dolezal, D.R. Gill et B.D. Behrens. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat tickness and longissimus muscle area in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 70: 29-37.
- Solis-Ramirez, J., H.T. Blair et R.W. Purchas. 1993. Direct and correlated responses to selection for high or low ultrasonic backfat in depth in Southdown sheep. *N. Z. J. Agric. Res.* 36: 133-141.
- Stanford, K., I. Clark et S.D.M. Jones. 1995. Use of ultrasound in prediction of carcass characteristics in lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 75: 185-189.
- Stanford, K., D.M. Jones et M.A. Price. 1998. Methods of predicting lamb carcass composition : A review. *Small Rum. Res.* 29: 241-254.
- Starck, J.M., M.W. Dietz et T. Piersma. 2001. The assessment of body composition and other parameters by ultrasound scanning. Dans: J.R. Speakman (éd.). *Body composition analysis of animals - A handbook of non-destructive methods*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Stouffer, J.R. 1991. Using ultrasound to objectively evaluate composition and quality of livestock. Dans: *Proc. of 21st Century concepts important to meat-animal evaluation*, Madison, WI. p. 49-53.
- Stouffer, J.R. 2004. History of ultrasound in animal science. *J. Ultrasound Med.* 23: 577-584.
- Temple, R.S., C.B. Ramsey et T.B. Patterson. 1965. Errors in ultrasonic evaluation of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 24: 282 (Abstract).
- Thompson, J.M. et A.J. Ball. 1997. Genetics of meat quality. Dans: L. Piper and A. Ruvinsky (éds.). *The Genetics of Sheep*. p. 523-535. CAB International.

- Thompson, J.M., W.A. Pattie et R.M. Butterfield. 1977. An evaluation of the «Scanogram» as an ultrasonic aid in assessing carcass composition of live sheep. *Aust. J. Exp. Agri. Anim. Husb.* 17: 251-255.
- Tosh, J.J. et J.W. Wilton. 2002. A terminal-sire index for selecting rams. *Can. J. Anim. Sci.* 82: 591-593.
- Turlington, L.M. 1990. Live animal evaluation of swine and sheep using ultrasonics. M.Sc. Thesis, Kansas State Univ., Manhattan, KS.
- USDA. 1992. Standards for grades of lamb, yearling mutton and mutton carcasses and standards for grades of slaughter lambs, yearlings and sheep. *Fed. Reg.* 57: 21338-21351.
- Waldner, D.N., M.E. Dikeman, R.R. Schalles, W.G. Olson, P.L. Houghton, J.A. Unruh et L.R. Corah. 1992. Validation of real-time ultrasound technology for predicting fat thickness, longissimus muscle area, and composition of Brangus bulls from 4 months to 2 years of age. *J. Anim. Sci.* 70: 3044-3054.
- Waldron, D.F., J.N. Clarke, A.L. Rae, A.H. Kirton et G.L. Bennett. 1992. Genetic and phenotypic parameter estimates for selection to improve lamb carcass traits. *N. Z. J. Agric. Res.* 35: 287-298.
- Ward, B.G., R.W. Purchas et A.Y. Abdullah. 1992. The value of ultrasound in assessing the leg muscling of lambs. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 52: 33-36.
- Wilson, D.E. 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. *J. Anim. Sci.* 70: 973-983.
- Wood, J.D. et H.J.H. MacFie. 1980. The significance of breed in prediction of lamb carcass composition from fat thickness measurements. *Anim. Prod.* 31: 315-319.
- Young, M.J. et J.M. Deaker. 1994. Ultrasound measurements predict estimated adipose and muscle weights better than carcass measurements. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 54: 215-217.
- Young, M.J., J.M. Deaker et C.M. Logan. 1992. Factors affecting repeatability of tissue depth determination by real-time ultrasound in sheep. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 52: 37-39.
- Youssao, A.K.I., V. Verleyen et P.L. Leroy. 2002. Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. *Ann. Méd. Vét.* 146: 19-26.

CHAPITRE 3

UTILISATION DES MESURES AUX ULTRASONS POUR ESTIMER LA COMPOSITION DES CARCASSES CHEZ L'AGNEAU LOURD

3.1. INTRODUCTION

Les mesures aux ultrasons, basées sur l'estimation des dimensions de l'œil de longe et de l'épaisseur du gras dorsal, sont largement utilisées depuis plusieurs années au sein de programmes d'évaluation génétique chez les porcs et les bovins afin de permettre l'amélioration de la qualité des carcasses (Moeller, 2002; Williams, 2002). La technique est également utilisée chez les ovins dans quelques pays comme la Grande-Bretagne, la Nouvelle-Zélande, l'Australie et le Canada (Stanford *et al.*, 1998). Par contre, le potentiel de la technique chez les ovins soulève encore plusieurs interrogations.

En effet, les recherches élaborées concernant l'utilisation des ultrasons pour estimer la composition des carcasses chez l'agneau sont peu nombreuses, les sites sondés diffèrent et peu de données sont disponibles pour comparer la précision de ces mesures entre elles. Le site le plus commun chez l'agneau est situé entre la 12^e et la 13^e côte, au-dessus du LD (Wilson, 1992). Cependant, la région lombaire a aussi fait l'objet d'investigations et les mesures à la 3^e vertèbre (Simm, 1987; Fernández *et al.*, 1998) semblent les plus utilisées. L'épaisseur totale de tissus à la 12^e côte, à 11 cm de la colonne vertébrale (GR) est aussi une mesure potentiellement intéressante mais encore peu exploitée jusqu'à maintenant (McEwan *et al.*, 1989; Ramsey *et al.*, 1991; Hopkins *et al.*, 1993). Cette mesure, effectuée à l'aide d'une réglette, est incluse dans les systèmes de classification des carcasses au Canada, en Australie et en Nouvelle-Zélande dans le but de prédire le rendement en viande maigre. Outre les sites de mesure, il y a aussi la façon d'obtenir les images qui peut différer. Les mesures de gras et de muscle se font généralement en plaçant la sonde perpendiculairement à la colonne vertébrale. Cependant, chez le porc, les mesures

longitudinales, prises parallèlement à la colonne, sont aussi utilisées (Gresham *et al.*, 1994). Cette façon de faire est n'a jamais été évaluée chez les ovins et mériterait qu'on s'y intéresse davantage.

Les études concernant la précision des ultrasons chez les ovins arrivent à des conclusions souvent contradictoires. Ainsi, les corrélations entre l'épaisseur de gras entre les 12^e-13^e côtes prise à l'aide d'appareils à ultrasons en temps réel, sur l'animal vivant avant l'abattage et celle mesurée sur la carcasse varient de 0,17 à 0,93 (Stouffer, 1991; Hopkins *et al.*, 1993; Binnie *et al.*, 1995). Pour l'épaisseur du longissimus dorsi, les corrélations divergent tout autant, passant de -0,35 à 0,94 (Binnie *et al.*, 1995; Fernández *et al.*, 1998).

L'utilité des mesures aux ultrasons pour prédire la composition des carcasses, du maigre notamment, est toute aussi controversée. De manière générale, les proportions de gras se prédisent toutefois avec plus de précision que celles de maigre. Dans la littérature, les corrélations entre les mesures de gras dorsal à ultrasons et le pourcentage de gras oscillent autour de 0,8 (Gooden *et al.*, 1980; McEwan *et al.*, 1989; Hopkins, 1990) tandis que celles entre la surface ou l'épaisseur du longissimus dorsi et le rendement en maigre sont souvent non significatives (Edwards *et al.*, 1989; Berg *et al.*, 1996).

Enfin, l'influence de la race et du sexe sur la précision des ultrasons et la prédiction de la composition des carcasses est peu documentée. Certains auteurs rapportent toutefois la présence de biais relatif à la race et/ou au sexe des animaux chez les ovins (Hopkins *et al.*, 1996; Kenney, 1996; Fernández *et al.*, 1997) et les porcs (Hicks *et al.*, 1998). Comme la composition en gras et en muscle des carcasses varie avec la race et le sexe des moutons, il est donc essentiel de valider l'impact de ces facteurs sur la précision des mesures et celle des équations de prédiction.

L'objectif de cette étude était de valider l'utilisation de diverses mesures échographiques prises sur l'animal vivant comme méthode d'estimation *in vivo* de la composition en viande maigre et en gras des carcasses d'agneaux lourds. Cette étude visait : 1) évaluer l'exactitude des mesures aux ultrasons de gras dorsal et de l'épaisseur de l'œil de longe à différents sites

[entre les 12^e-13^e côtes (transversale) et 3^e-4^e vertèbres lombaires (transversale et longitudinale)] et de la mesure GR (longitudinale); 2) évaluer la capacité de ces mesures, prises avant l'abattage, à estimer la composition des carcasses; 3) déterminer le ou les sites de mesure présentant le plus d'intérêt du point de vue de leur précision ainsi que de leur potentiel d'application pratique ; 4) d'estimer l'effet de la race, du sexe et de la magnitude des mesures sur la précision des ultrasons et 5) établir la relation entre la race, le sexe et la prédiction de la composition des carcasses.

3.2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

3.2.1. Sélection des animaux et conditions d'élevage

Un total de 263 femelles, 128 Suffolk (SU) et 135 Dorset (DP), ont été synchronisées à l'aide d'éponges vaginales (Veramix®, Pharmacia Animal Health, Orangeville, ON, Canada) et de PMSG (Folligon®, Intervet Canada Ltd, Whitby, ON, Canada) chez neuf producteurs ovins du Québec. Les saillies ont ainsi été regroupées afin d'obtenir un groupe uniforme (âge et poids au sevrage) de 144 agneaux, lesquels ont été sevrés vers 55 jours d'âge.

Vers 65 jours d'âge, 72 agneaux SU (36 mâles et 36 femelles) et 72 agneaux DP (36 mâles et 36 femelles) ont été sélectionnés et acheminés dans une station d'épreuve provinciale. Les 144 agneaux ont alors été séparés selon un dispositif factoriel 2x2x4 en fonction de leur sexe (M et F), de leur race (SU et DP) et des strates de poids (à jeun) à l'abattage (36-39 kg, 41-44 kg, 46-49 kg et 51-54 kg). Les strates de poids d'abattage ciblées représentent les catégories de poids de l'agneau lourd au Québec. Les agneaux ont été répartis dans 18 enclos à raison de 8 agneaux par enclos. Les mâles et les femelles ont été placés dans des parquets distincts. Dans chaque parquet, on retrouvait donc 8 agneaux d'un même sexe, 4 de chaque race dont 1 des 4 strates de poids d'abattage. Les agneaux ont été regroupés de façon à uniformiser leur poids à l'intérieur de chaque enclos au début de l'expérimentation.

Les agneaux ont reçu une moulée commerciale complète cubée de type « croissance » (18 % de protéine; énergie métabolisable de 2,76 Mcal/kg) à volonté jusqu'à environ 35 kg et une moulée dite de « finition » (15 % de protéine; énergie métabolisable de

2,79 Mcal/kg), à volonté également, pour le reste de leur croissance. Un fourrage sec de bonne qualité leur a également été servi à volonté. La quantité de concentrés servie par parquet a été mesurée quotidiennement et les refus ont été pesés au moins une fois par semaine.

3.2.2. Mesures réalisées sur l'animal vivant

Des mesures aux ultrasons ont été réalisées à l'aide d'un appareil à ultrasons en temps réel (Ultrascan50, Alliance Médicale Inc., Montréal, QC, Canada) muni d'une sonde linéaire 3,5 Mhz de 120 mm. Ces mesures ainsi que la pesée ont été effectuées de façon hebdomadaire dès leur arrivée en station.

La procédure de collecte des données a été faite de la façon la plus uniforme possible entre chaque animal, et entre chaque session de mesure, afin de limiter l'introduction de biais lors des manipulations. Pour ce faire, les agneaux ont été immobilisés, en position debout, sur une table de préparation afin de standardiser la hauteur de la tête et la position des membres. Ainsi, la compression des tissus pouvant modifier l'aspect des différentes couches perceptibles à l'aide de l'appareil à ultrasons a été limitée au minimum. Les différents sites de mesure ont été rasés à l'aide d'une tondeuse chirurgicale (lame #40) avant chaque prise de mesures et recouverts d'une solution conductrice (huile minérale ou P-net, DGF, Pintendre, QC, Canada). Deux *gel pads* (Superflab, Mick Radio Nuclear Instruments, Bronx, NY, États-Unis), adaptés aux différentes mesures, ont été utilisés. Ces derniers étaient fixés par-dessus la sonde préalablement enduite de gel à ultrasons (Ecogel200, Eco-Med Pharmaceutical Inc., Mississauga, ON, Canada). L'utilisation des deux *gel pads*, l'un plat et l'autre courbé, facilitait le bon contact entre la sonde et la peau de l'animal et limitait la déformation des tissus par la pression de la sonde. Les *gel pads* contribuaient également à l'obtention d'images de meilleure qualité. Le *gel pad* plat était muni de guides (à 4 cm et 11 cm) afin de permettre la systématisation des mesures longitudinales et du GR.

Les mesures ont été prises, du côté gauche, à quatre sites sur l'animal vivant (Annexe A) : Épaisseur totale de tissus (GR) entre la 11^e et la 12^e côte, à 11 cm de la ligne dorsale

(mesure longitudinale); Épaisseur du gras de couverture et profondeur du muscle lonsissimus dorsi (LD) entre la 12^e et 13^e côte à 4 cm de la colonne vertébrale (mesure transversale); Épaisseur du gras de couverture et profondeur du LD entre la 3^e et 4^e vertèbre lombaire à 4 cm de la colonne (deux mesures : une transversale et l'autre longitudinale). Pour les mesures transversales, la sonde était placée perpendiculairement à la colonne vertébrale. Cette façon de faire permettait d'obtenir une image en coupe représentant la forme d'une côtelette (surface de l'œil de longe). Les mesures longitudinales, parallèles à la colonne vertébrale, permettaient d'avoir une image plus « globale » du LD sur sa longueur.

Une seule personne a réalisé les mesures aux ultrasons pour toute la durée de l'expérience. Les images étaient figées pour chacun des quatre sites puis les mesures étaient effectuées à l'aide du curseur. Les épaisseurs de gras et de muscle ont été mesurées selon la méthode décrite par Palsson (1939) : B étant la hauteur maximale du LD, perpendiculaire à la surface et C, l'épaisseur de gras de couverture au-dessus de B. La peau était incluse dans toutes les mesures de gras puisque ce tissu est difficilement dissociable du gras et que son discernement laisse place à trop d'interprétation. De plus, cette couche est mince (3 mm) et son épaisseur est relativement constante d'un animal à l'autre (< 1 mm de variation) lorsque ceux-ci sont adéquatement tondu (Gooden *et al.*, 1980). Nos résultats sont en accord avec ces observations (Moyenne = 3,5 mm; ÉT = 0,4 mm vers 110 j).

Le poids et les mesures aux ultrasons ont été enregistrés moins de 48 heures avant l'abattage de chaque animal.

3.2.3. Abattage

Les agneaux ont été abattus à jour fixe chaque semaine pour toute la durée de l'expérimentation. Une période de jeûne d'au moins 12 heures (entre 13 et 17 heures, selon l'heure d'abattage) a été imposée à tous les agneaux. Suite à ce jeûne, le poids des animaux a été enregistré une dernière fois (poids d'abattage cible = poids à jeun) avant l'abattage.

Les agneaux ont été abattus dans un abattoir commercial sous inspection fédérale. Suivant l'abattage, la peau était enlevée et la tête coupée au niveau de la première vertèbre cervicale

avant l'éviscération. Une attention particulière a été apportée à l'enlèvement de la peau afin de garder intact la couche de gras sous-cutané (combinaison de l'écorchage sur chevalet et sur rail). Chacune des carcasses était pesée à chaud avant d'être placée à une température de 4°C. Le gras périrénal était ensuite retiré de la carcasse et pesé. Le poids de la carcasse chaude a été obtenu en soustrayant le poids du gras périrénal au poids chaud préalablement enregistré. Le rendement carcasse correspond au poids de la carcasse chaude divisé par le poids vif (à jeun).

Après 24 heures de refroidissement, les carcasses ont été classifiées selon la méthode d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (1992). La musculature des épaules, de la longe et des gigots a été évaluée et une cote de conformation de 1 à 5 attribuée pour chaque partie (1 = faible musculature, 5 = forte musculature). À l'aide d'une réglette de métal, l'épaisseur totale de tissus était également mesurée, sur la 12^e côte à 11 cm de la ligne médiane (mesure GR). Le poids de la carcasse froide¹¹ était par la suite enregistré. Les rendements en viande vendable (RVV) et en viande maigre (RVM) ont été calculés selon les équations de Jones *et al.* (1992; 1996)¹². Enfin, les carcasses ont été découpées en deux longitudinalement et les demi-carcasses gauches ont été envoyées au Centre de recherche et de développement sur le bovins laitiers et le porc d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville.

3.2.4. Découpe, mesures réalisées sur la carcasse et dissection

Une fois arrivées au Centre de recherche, 5 jours après l'abattage, les demi-carcasses étaient pesées à nouveau. Les demi-carcasses ont été nettoyées des restes de gras périrénal et autres parures. Elles ont ensuite été découpées en coupes primaires (épaule, longe, gigot et flanc). Le poids de chaque coupe a été noté. Une coupe a été réalisée au niveau de la longe, juste derrière la 13^e côte (coupe parallèle à la côte) afin d'isoler la dernière côtelette. Cette côtelette a alors été digitalisée grâce à un numériseur d'images afin d'obtenir une

¹¹ Le poids de la carcasse froide n'incluait pas le gras périrénal. Comme des échantillons de muscle et de gras ont été prélevés sur le côté droit de la carcasse avant l'enregistrement du poids froid, ce poids était légèrement faussé d'environ 25-30 g.

¹² $RVV = 78,92 - 0,51 GR + 1,25$ Cote de conformation moyenne.
 $RVM = 65,8 - 0,074 Pds\ carcasse\ chaude - 0,432 (6,38 + 0,88 GR)$.

représentation de la surface entre la 12^e et la 13^e côte. Une seconde coupe a été effectuée entre les 3^e et 4^e vertèbres lombaires et une image de cette surface (région postérieure de la longe) a été enregistrée à l'aide du numériseur. Les mesures correspondant à celles réalisées sur l'animal vivant, soit l'épaisseur de gras ainsi que l'épaisseur et la surface du LD, ont été évaluées à l'aide de deux logiciels d'analyse d'images différents (Pomar *et al.*, 2001). Afin de valider la technique utilisée pour mesurer les tissus sur la carcasse (image numérisée), des mesures à la règle (épaisseur du LD et du gras) ont également été faites directement sur 57 des coupes entre les 12^e et 13^e côtes et entre les 3^e et 4^e vertèbres lombaires. Des tracés ont aussi été effectués sur un papier calque pour 26 coupes à chacun des deux sites et les surfaces de l'œil de longe ont pu être mesurées à l'aide d'un planimètre.

Les coupes primaires ont par la suite été parées afin d'obtenir une couche de gras de 0,6 cm (découpe commerciale - épaule, épaule carrée, longe, longe courte, carré, gigot, gigot semi-désossé et flanc). Les différents tissus (gras sous-cutané, intermusculaire et viscéral, muscle et os) ont ensuite été isolés par dissection et pesés individuellement pour chacune des coupes afin de déterminer la composition de la carcasse. Pour le cou et le flanc, les différents types de gras n'ont pas été séparés. Les poids du bout de la patte et du bout de la queue ont été inclus dans le poids des os du gigot. Pour les différentes analyses, le gras périrénal a été inclus dans le gras total.

3.2.5. Analyses statistiques

Les données US et carcasse ont été analysées à l'aide de la procédure MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 2001). Les trois sources de variation (facteurs) incluses dans le modèle statistique étaient le sexe, la race et le poids d'abattage. Compte tenu qu'un enclos ne contenait que des animaux d'un seul sexe, ce facteur a été testé en utilisant l'enclos comme unité expérimentale. Les deux autres facteurs et toutes les interactions ont été testés en utilisant l'animal comme unité expérimentale.

Les coefficients de corrélation de Pearson entre les mesures aux ultrasons aux différents sites et les mesures correspondantes sur la carcasse ont été calculés. L'option NO MISS a

été utilisée afin de restreindre l'analyse aux animaux ayant une donnée valide pour chaque paramètre, ce qui rend les comparaisons entre les différents sites et mesures possibles. Les coefficients de corrélation partielle ont également été calculés pour tenir compte de l'effet du poids et de l'âge des agneaux, ensemble et séparément, et ainsi déterminer l'influence de ces paramètres sur les corrélations entre les mesures US et carcasse.

Les corrélations entre les mesures effectuées à partir d'images numérisées et celles prises directement sur la carcasse ont également été établies afin de déterminer l'exactitude de cette technique de mesure « indirecte ».

Bien que les coefficients de corrélation démontrent l'intensité de la liaison existant entre deux variables, ils ne donnent pas d'indication sur le biais des mesures (sur ou sous-estimation des mesures réelles, par exemple) (Houghton et Turlington, 1992). Des analyses de concordance ont donc été effectuées pour établir l'exactitude des mesures aux ultrasons. Graphiquement, l'axe horizontal représente les mesures aux ultrasons et l'axe vertical, les mesures effectuées sur la carcasse. L'analyse de concordance évalue le degré de correspondance entre deux mesures effectuées sur un même échantillon. Pour ce faire, la variation entre chaque point et la ligne d'identité (droite de 45° passant par l'origine ou bissectrice) est établie (Lin, 1989).

La relation entre les mesures effectuées sur la carcasse et les mesures aux ultrasons a également été étudiée selon la méthode décrite par Theil (1966). La moyenne des carrés de l'erreur (mean square of prediction error – MSPE) a été décomposée en erreur de la tendance centrale (ETC), erreur de la régression (ER) et erreur due au bruit (ou erreur aléatoire) (EB), tel que proposé par Benchaar *et al.* (1998).

La présence d'un biais ne signifie pas pour autant l'inefficacité d'une technique. En effet, une certaine divergence entre les mesures peut exister à condition que celle-ci soit constante en direction et en magnitude. Pour répondre à cette exigence, la pente de la régression doit être égale à 1 (parallèle à la droite d'identité). Si le bruit n'est pas trop important (erreur aléatoire; dispersion des points autour de la droite de régression), l'erreur résiduelle correspond alors à l'erreur liée à la tendance centrale (écart entre la droite d'identité et la droite de régression). Ce biais peut alors facilement être corrigée en

additionnant la valeur de la différence moyenne (la moyenne des écarts entre chaque point et la droite d'identité) à chacune des valeurs des ultrasons.

Des équations de régression (procédure REG / STEPWISE) ont été développées afin de déterminer le potentiel des mesures US et carcasse pour prédire la composition des carcasses (sélection des variables significatives à partir de $P < 0,15$). Les coefficients de détermination présentés sont ceux ajustés pour tenir compte du nombre de paramètres dans le modèle. À partir des résultats donnés par la technique de sélection de variables « stepwise », des équations supplémentaires ont été construites en tenant compte de l'aspect plus « pratique » des combinaisons de mesures.

Pour déterminer l'impact du sexe et de la race sur la précision des mesures aux ultrasons, un modèle a été créé (procédure MIXED de SAS) avec comme variables dépendantes les mesures carcasse et comme variables indépendantes les mesures US étudiées, le sexe et la race ainsi que chacune des interactions possibles. Il en a été de même pour évaluer l'impact de ces deux facteurs sur la prédiction de la composition, cette fois en utilisant la composition comme variable dépendante. Avec ce modèle, une valeur significative pour l'interaction entre le sexe ou la race et les mesures US indique que les pentes sont hétérogènes pour le facteur (sexe, race) en question. S'il n'y a pas d'interaction et qu'un facteur est significatif, c'est l'ordonnée à l'origine qui est différente pour les niveaux du facteur.

3.3. RÉSULTATS

3.3.1. Données analysées

Cinq agneaux ont eu des problèmes de santé et/ou sont morts en cours d'expérimentation. Les données de 139 agneaux ont donc pu être utilisées pour l'analyse des performances de croissance, la découpe et la dissection. Les neuf premiers agneaux abattus au début de l'expérimentation ont une donnée manquante pour la mesure GR US puisque cette mesure a été effectuée entre la 12^e et la 13^e côte plutôt que entre la 11^e et la 12^e côte tel qu'établi par Kirton *et al.* (1984). Les mesures GR (carcasse) de quatre agneaux ont également été ignorées puisqu'elles dépassaient les 25 mm, limite supérieure de la règle utilisée pour la

classification. Enfin, pour deux autres agneaux (2^e semaine d'abattage, deux agneaux seulement), la mesure GR semblait aberrante par rapport au pourcentage de gras réel ainsi qu'aux mesures aux ultrasons; les GR ont donc été ignorés. Les valeurs des poids de la carcasse chaude de deux agneaux ont été mises de côté en raison d'une mauvaise calibration de la balance à l'abattoir. Ainsi, 137 données ont été utilisées pour le calcul du rendement de la carcasse ainsi que du rendement en viande maigre. De plus, en raison de la mauvaise qualité de la coupe longitudinale visant à séparer la carcasse en deux, il a été impossible de mesurer précisément l'épaisseur du gras et/ou du LD de plusieurs carcasses. Ainsi, environ 120 agneaux avaient des mesures de carcasses valides pour l'analyse de l'exactitude des mesures aux ultrasons.

3.3.2. Croissance, abattage et dissection

Les abréviations utilisées sont décrites au Tableau 3.1. Le Tableau 3.2 présente les moyennes, les écart-types, ainsi que les valeurs minimum et maximum des différents paramètres mesurés chez les agneaux durant leur croissance, à l'abattage et suite à la dissection.

Les deux races étudiées ont été choisies pour leurs différences au niveau de la croissance et la composition de la carcasse (Tableau 3.3). En effet, la race Dorset est de type maternelle et est caractérisée par une croissance plus lente et un niveau d'engraissement plus important. À l'opposé, la Suffolk est une race « à viande », à croissance plus rapide et plus maigre.

3.3.3. Précision des mesures aux ultrasons pour évaluer l'épaisseur des tissus

3.3.3.1. Corrélations

Les corrélations entre les mesures aux ultrasons effectuées sur l'animal vivant avant l'abattage et les mesures réalisées directement sur la carcasse sont présentées au Tableau 3.4. Les GR, estimés avec l'Ultrascan50 (GR_{us}) et mesurés avec la règle à l'abattoir (GR), sont fortement corrélés ($r = 0,83$; $P < 0,001$). Les épaisseurs de gras de couverture, évaluées aux niveaux thoracique et lombaire, sont elles aussi bien reliées aux mesures

Tableau 3.1. Abréviations des mesures effectuées à l'aide des ultrasons et directement sur la carcasse

Abréviations	Variables
GRus	GR (inclut la peau) – Ultrasons – Épaisseur totale de tissus à 11 cm de la colonne vertébrale, entre la 11 ^e et 12 ^e côte, mm
ÉGus-TT	Épaisseur de gras dorsal (inclut la peau) – Ultrasons – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, Transversale, mm
ÉGus-LT	Épaisseur de gras dorsal (inclut la peau) – Ultrasons – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, Transversale, mm
ÉGus-LL	Épaisseur de gras dorsal (inclut la peau) – Ultrasons – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, Longitudinale, mm
ÉMus-TT	Épaisseur de muscle (longissimus dorsi (LD)) – Ultrasons – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, Transversale, mm
ÉMus-LT	Épaisseur de muscle (LD) – Ultrasons – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, Transversale, mm
ÉMus-LL	Épaisseur du muscle (LD) – Ultrasons – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, Longitudinale, mm
ÉTOTus-TT	Somme des épaisseurs de gras dorsal (inclut la peau) et du LD (ÉGus-TT + ÉMus-TT) – Ultrasons – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, Transversale, mm
ÉTOTus-LT	Somme des épaisseurs de gras dorsal (inclut la peau) et du LD (ÉGus-LT + ÉMus-LT) – Ultrasons – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, Transversale, mm
ÉTOTus-LL	Somme des épaisseurs de gras dorsal (inclut la peau) et du LD (ÉGus-LL + ÉMus-LL) – Ultrasons – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, Longitudinale, mm
GR	Épaisseur totale de tissus mesurée à l'aide d'une règle à 11 cm de la colonne vertébrale au-dessus de la 12 ^e côte, mesure utilisée pour la classification des carcasses, mm
ÉGc-T	Épaisseur de gras dorsal – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm
ÉGc-L	Épaisseur de gras dorsal – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm
ÉMc-T	Épaisseur du LD – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm
ÉMc-L	Épaisseur du LD – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm
ÉTOTc-T	Somme des épaisseurs de gras dorsal et du LD (ÉGc-T + ÉMc-T) – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm
ÉTOTc-L	Somme des épaisseurs de gras dorsal et du LD (ÉGc-L + ÉMc-L) – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm
SMc-T	Surface du LD – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm ²

Tableau 3.1 (suite). Abréviations des mesures effectuées à l'aide des ultrasons et directement sur la carcasse

Abréviations	Variables
SMc-L	Surface du LD – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, à partir d'une image numérisée, mm ²
ÉGr-T (mm)	Épaisseur de gras dorsal – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, mesurée à l'aide d'une règle, mm
ÉGr-L (mm)	Épaisseur de gras dorsal – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, mesurée à l'aide d'une règle, mm
ÉMr-T (mm)	Épaisseur du LD – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, mesurée à l'aide d'une règle, mm
ÉMr-L (mm)	Épaisseur du LD – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, mesurée à l'aide d'une règle, mm
SMP-T	Surface du LD – Carcasse – Thoracique, entre la 12 ^e et la 13 ^e côte, coupe transversale, sur papier calque à l'aide d'un planimètre, mm ²
SMP-L	Surface du LD – Carcasse – Lombaire, entre la 3 ^e et la 4 ^e vertèbre lombaire, coupe transversale, sur papier calque à l'aide d'un planimètre, mm ²

Tableau 3.2. Moyennes, écarts-types, valeurs maximales et minimales des différents paramètres étudiés

Variabes¹	n	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
<u>Croissance & Abattage</u>					
Âge à l'entrée (j)	139	66,6	3,2	57,0	73,0
Poids à l'entrée (kg)	139	24,9	3,7	17,0	33,8
GRus (mm)	128	23,1	4,7	11,3	37,0
ÉGus-TT (mm)	139	8,2	1,9	4,1	15,9
ÉGus-LT (mm)	139	8,4	1,9	4,5	13,4
ÉGus-LL (mm)	139	8,5	1,9	4,2	13,8
ÉMus-TT (mm)	139	30,6	2,7	22,0	36,6
ÉMus-LT (mm)	139	30,8	2,6	23,4	37,4
ÉMus-LL (mm)	139	30,2	3,0	22,4	37,7
ÉTOTus-TT	139	35,3	4,0	23,4	46,5
ÉTOTus-LT	139	35,7	4,0	26,2	46,5
ÉTOTus-LL	139	35,2	4,4	25,5	48,0
Âge à l'abattage (j)	139	126,2	24,1	77,0	183,0
Poids d'abattage (kg)	139	45,6	6,1	33,3	55,8
Poids carcasse chaude (kg)	137	23,5	3,5	16,3	30,4
Rendement carcasse (%)	137	51,5	2,0	46,2	56,4
<u>Classification</u>					
GR (mm)	133	14,9	5,1	3,0	25,0
Cote de conformation moyenne	139	3,2	0,4	2,3	4,3
RVV	139	75,2	2,3	70,8	80,3
RVM	137	55,5	2,2	51,4	60,6
<u>Mesures sur la carcasse</u>					
ÉGc-T (mm)	122	5,9	2,7	0,9	13,1
ÉGc-L (mm)	122	7,4	4,0	1,5	17,9
ÉMc-T (mm)	125	33,5	2,6	27,4	40,1
ÉMc-L (mm)	125	33,7	3,0	26,3	42,3
ÉTOTc-T (mm)	122	39,4	3,8	29,9	48,4
ÉTOTc-L (mm)	121	41,0	5,0	30,7	56,8
SMc-T (mm ²)	124	1 604	177	1 133	1 963
SMc-L (mm ²)	123	1 647	225	1 136	2 213
ÉGr-T (mm)	57	8,7	2,9	4,0	17,0
ÉGr-L (mm)	57	10,2	3,9	3,0	19,0
ÉMr-T (mm)	57	34,1	3,2	28,0	41,5
ÉMr-L (mm)	57	34,1	3,3	27,0	43,5
SMp-T (mm ²)	26	1 652	203	1 200	2 060
SMp-L (mm ²)	26	1 730	192	1 485	2 100
<u>Composition</u>					
Gras (%)	136	26,0	5,8	11,0	40,5
Muscle (%)	136	55,2	3,8	45,0	66,9
Os (%)	136	18,1	2,4	12,2	23,9

¹ Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

Tableau 3.3. Performances de croissance et composition des carcasses en fonction du sexe et de la race des agneaux

Variables ¹	Femelle		Mâle		ETM ²	Effets ³		
	Dorset	Suffolk	Dorset	Suffolk		S	R	SxR
Âge à l'entrée (j)	67,4 (36) ⁴	66,6 (36)	66,5 (34)	65,6 (33)	0,6	NS	NS	NS
Poids à l'entrée (kg)	22,3 (36)	26,3 (36)	24,1 (34)	26,6 (33)	1,1	NS	***	**
GMQ (g/j)	334 (36)	437 (36)	433 (34)	529 (33)	11	***	***	NS
Âge à l'abattage (jrs)	148 (36)	122,1 (36)	124,5 (34)	108,7 (33)	3,7	***	***	NS
Poids d'abattage (kg)	45,5 (36)	45,8 (36)	45,8 (34)	45,4 (33)	1,1	NS	NS	NS
Poids carcasse (kg)	24,4 (35)	23,6 (35)	23,4 (34)	22,6 (33)	0,61	NS	NS	NS
GR (mm)	19,2 (32)	15,6 (36)	14,6 (34)	9,9 (31)	0,7	***	***	NS
ÉGc-T (mm)	8,0 (35)	6,0 (33)	5,6 (27)	3,6 (27)	0,4	***	***	NS
ÉMc-T (mm)	33,4 (35)	33,7 (34)	33,5 (28)	33,3 (28)	0,5	NS	NS	NS
SMc-T (cm ²)	1583,0 (35)	1633,0 (34)	1628,8 (28)	1567,4 (27)	35,3	NS	NS	NS
Gras (%)	31,4 (36)	26,9 (35)	24,6 (32)	20,4 (33)	0,8	***	***	NS
Muscle (%)	52,3 (36)	54,6 (35)	56,5 (32)	57,9 (33)	0,6	***	***	NS
Os (%)	15,8 (36)	17,9 (35)	18,3 (32)	20,9 (33)	0,3	***	***	NS

¹ Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

² Erreur-type de la moyenne.

³ S : Sexe; R : Race.

⁴ Nombre d'observations entre parenthèses.

* P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001.

Tableau 3.4. Coefficients de corrélation simple entre les mesures aux ultrasons et les mesures effectuées sur la carcasse à partir d'images numérisées (n = 100)

Variables ¹	GRus	ÉGus-TT	ÉGus-LT	ÉGus-LL	ÉMus-TT	ÉMus-LT	ÉMus-LL	GR	ÉGc-T	ÉGc-L	ÉMc-T	ÉMc-L	SMc-T	SMc-L
GRus	1,00	0,72***	0,74***	0,76***	0,56***	0,54***	0,62***	0,83***	0,73***	0,68***	0,07	0,11	0,20*	0,13
ÉGus-TT		1,00	0,89***	0,91***	0,36***	0,26**	0,30**	0,78***	0,81***	0,79***	-0,05	-0,15	-0,05	-0,18
ÉGus-LT			1,00	0,97***	0,34***	0,26**	0,32***	0,77***	0,76***	0,76***	-0,07	-0,12	0,01	-0,11
ÉGus-LL				1,00	0,35***	0,26**	0,32**	0,80***	0,80***	0,79***	-0,05	-0,13	0,02	-0,14
ÉMus-TT					1,00	0,76***	0,74***	0,48***	0,45***	0,38***	0,39***	0,45***	0,51***	0,48***
ÉMus-LT						1,00	0,92***	0,46***	0,33***	0,34***	0,36***	0,51***	0,57***	0,58***
ÉMus-LL							1,00	0,53***	0,37***	0,37***	0,36***	0,49***	0,54***	0,56***
GR								1,00	0,79***	0,77***	0,04	-0,02	0,13	0,02
ÉGc-T									1,00	0,80***	-0,07	-0,11	0,04	-0,06
ÉGc-L										1,00	-0,05	-0,29**	-0,03	-0,17
ÉMc-T											1,00	0,37***	0,74***	0,50***
ÉMc-L												1,00	0,59***	0,81***
SMc-T													1,00	0,75***
SMc-L														1,00

¹ Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

* P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001.

correspondantes sur la carcasse ($0,76 < r < 0,81$; $P < 0,001$). Ces mesures de gras US sont aussi bien corrélées avec le GR avec des coefficients de corrélation entre 0,77 à 0,80 ($P < 0,001$). Les corrélations varient peu entre les sites de mesure pour l'épaisseur de gras. Pour l'épaisseur du LD mesurée avec l'échographe, la corrélation avec la mesure sur la carcasse est plutôt faible ($r = 0,39$; au niveau des 12^e-13^e côtes et $r \sim 0,50$ au niveau des 3^e et 4^e vertèbres lombaires; $P < 0,001$). Pour sa part, la relation entre la surface de l'œil de longe évaluée sur la carcasse et les mesures d'épaisseurs du muscle prises à l'échographie aux deux sites est moyenne avec des corrélations qui se situent entre 0,51 et 0,58 ($P < 0,001$).

Une fois corrigées pour tenir compte de l'effet du poids, les corrélations partielles se rapportant à l'exactitude des mesures se sont maintenues dans le même ordre de grandeur que les corrélations simples (Tableau D.1., Annexe D). Les corrélations entre les mesures de gras et de muscle entre elles ont toutefois été influencées puisque la relation entre le poids, l'âge et la déposition des différents tissus est importante.

3.3.3.2. *Analyse de concordance*

Les résultats de l'analyse de concordance sont présentés au Tableau 3.5. Les représentations graphiques de ces relations se trouvent à l'Annexe B. Pour le GR, la pente est à peine différente de 1 puisque l'intervalle de confiance à 95 % s'étend de 0,80 à 0,99 (Tableau 3.5). Le biais de la régression est donc négligeable. Pour la mesure de gras dorsal entre la 12^e et la 13^e côte, la pente est supérieure à 1 ($1,21 \pm 0,13$ mm). Pour ces deux variables, la majeure partie de l'erreur est donc due à la tendance centrale et au bruit (>98 %). Après correction de la tendance centrale, le coefficient de concordance (Coeff. conc.) est nettement supérieur pour le GR (0,85). Pour la mesure ÉGus-TT, en soustrayant l'épaisseur de la peau (3,5 mm), le coefficient de concordance s'améliore également (0,73) et l'ordonnée à l'origine est égale à zéro ($0,04 \pm 0,70$) (Tableau 3.5 et Figure B.3 en annexe). Par contre, pour les mesures de gras dorsal au niveau lombaire, la pente est bien supérieure à 1.

Tableau 3.5. Coefficients de concordance entre les mesures aux ultrasons et les mesures correspondantes effectuées sur la carcasse à partir d'images numérisées¹

Variabes US²	Variabes Carcasse²	n	Origine	Pente (±ÉT)	ÉTR	CVe	Coeff. corr.	Coeff. conc.	ETC (%)	ER (%)	EB (%)	Diff. moy.
GRus	GR	123	-4,85	0,89± 0,10	2,36	15,2	0,85	0,36	90,29	0,35	9,36	7,29
GRus³	GR	123	1,50	0,89± 0,10	2,36	15,2	0,85	0,85	0,00	3,62	96,37	0,00
ÉGus-TT	ÉGc-T	122	-4,20	1,21± 0,13	1,41	23,8	0,85	0,52	73,61	1,99	24,40	2,43
ÉGus-TT⁴	ÉGc-T	122	0,04	1,21± 0,13	1,41	23,8	0,85	0,73	34,86	4,90	60,22	-1,06
ÉGus-LT	ÉGc-L	122	-6,97	1,68± 0,21	2,30	31,1	0,82	0,60	15,62	21,08	63,29	1,13
ÉGus-LL	ÉGc-L	122	-7,30	1,69± 0,20	2,19	29,6	0,84	0,61	20,34	22,34	57,30	1,29
ÉMus-TT	ÉMc-T	125	20,60	0,42± 0,15	2,33	7,0	0,43	0,29	47,03	16,54	36,41	-2,69
ÉMus-LT	ÉMc-L	125	13,42	0,66± 0,16	2,41	7,2	0,59	0,40	53,68	5,96	40,36	-2,75
ÉMus-LL	ÉMc-L	125	16,34	0,57± 0,14	2,43	7,2	0,58	0,35	61,26	8,58	30,15	-3,43
ÉTOTus-TT	ÉTOTc-T	122	10,26	0,74± 0,11	2,43	6,2	0,78	0,77	0,31	15,36	84,32	-0,14
ÉTOTus-LT	ÉTOTc-L	121	-1,94	1,09± 0,10	2,25	5,5	0,89	0,83	31,49	1,70	66,80	-1,53
ÉTOTus-LL	ÉTOTc-L	121	2,47	0,99± 0,09	2,25	5,5	0,89	0,81	45,41	0,03	54,56	-2,03

¹ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression ; CVe : Coefficient de variation des résidus ; ÉTR/moyenne (%) ; ETC : Erreur de la tendance centrale; ER : Erreur de la régression; EB : Erreur due au bruit.

² Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

³ Variable corrigée pour l'erreur à la tendance centrale (pente égale ou près de 1). La différence moyenne (Diff. moy.) entre chacun des points et la droite d'identité a été additionnée à la valeur mesurée à l'échographie.

⁴ Variable corrigée pour enlever l'épaisseur de la peau de la mesure de gras dorsal US (ÉGus-TT – 3,5, où 3,5 correspond à l'épaisseur moyenne de la peau (US), en millimètre, mesurée vers 110 j dans cette étude).

L'analyse de concordance a aussi été effectuée entre les épaisseurs totales mesurées grâce aux ultrasons (ÉTOTus) et mesurées sur la carcasse (ÉTOTc). Ainsi, on peut voir, au Tableau 3.5, qu'il y a plus d'imprécision au niveau thoracique (pente différente de 1) qu'au niveau lombaire. De plus, le coefficient de corrélation (Coeff. corr.) est de 0,78 pour les mesures entre les 12^e et 13^e côtes tandis qu'il est de 0,89 pour celles entre les 3^e et 4^e vertèbres lombaires. Les coefficients de concordance sont également supérieurs à 0,85 à ce niveau.

3.3.3.3. Effet du sexe et de la race

Il a été possible d'établir que ni la race ni le sexe n'avait d'effets significatifs sur l'exactitude des mesures US. Cependant, le sexe aurait tendance à faire varier l'exactitude de la mesure transversale de gras au niveau lombaire ($P = 0,08$), celle-ci étant plus précise pour les mâles que pour les femelles (pente = 1,15 vs 1,73 et $r = 0,54$ vs 0,60; Figure B.6, Annexe B). Ces résultats pourraient être liés à l'état d'engraissement plus important chez les femelles que chez les mâles. En effet, la magnitude des mesures sur la carcasse affecterait la précision des ultrasons. Le fait d'enlever les 32 agneaux possédant plus de 30 % de gras à la dissection (épaisseur de gras dorsal importante) fait cependant disparaître cette relation entre le sexe et l'exactitude des mesures.

L'analyse de concordance a également été refaite en excluant ces animaux très gras (Tableau 3.6). Ce faisant, l'exactitude de l'ensemble des mesures s'est améliorée (ÉTR). En effet, la majorité des pentes se sont rapprochée de 1 et la majeure partie de l'erreur est maintenant due à la tendance centrale et au bruit (erreur de régression < 5 %), à l'exception de l'épaisseur de muscle et l'épaisseur totale au niveau thoracique. Le même phénomène s'observe avec la représentation graphique de la relation entre le pourcentage de gras et les différences entre les mesures carcasse et US (Annexe B, Figures B.13 à B.18). Au niveau thoracique, la relation et la pente sont faibles (pente = $0,10 \pm 0,04$ et $R^2 = 0,15$), et encore davantage en considérant seulement les agneaux avec moins de 30 % de gras (pente = $0,07 \pm 0,06$ et $R^2 = 0,05$). Pour les mesures entre les 3^e et 4^e vertèbres lombaires, une relation plus forte a toutefois été obtenue ($R^2 \sim 0,40$ et pente = $0,28 \pm 0,06$ mm). Par contre, cette relation s'estompe avec l'exclusion des animaux très gras ($R^2 \sim 0,13$) et la

Tableau 3.6 Coefficients de concordance entre les mesures aux ultrasons et les mesures effectuées sur la carcasse chez les agneaux possédant moins de 30 % de gras à la dissection¹

Variables US ²	Variables carcasse ²	n	Origine	Pente (\pm ÉT)	ÉTR	CVe	Coeff. corr.	Coeff. conc.	ETC (%)	ER (%)	EB (%)	Diff. moy.
GRus	GR	92	-1,52	0,71 \pm 0,11	1,94	14,2	0,80	0,23	92,49	1,67	5,84	7,65
ÉGus-TT	ÉGc-T	88	-2,79	1,00 \pm 0,20	1,28	26,7	0,73	0,29	82,62	0,00	17,37	2,77
ÉGus-LT	ÉGc-L	89	-4,05	1,24 \pm 0,20	1,49	26,4	0,79	0,46	66,94	1,99	3,11	2,16
ÉGus-LL	ÉGc-L	89	-4,89	1,33 \pm 0,20	1,42	25,2	0,81	0,44	69,76	3,26	26,97	2,26
ÉMus-TT	ÉMc-T	91	19,34	0,46 \pm 0,20	2,40	7,2	0,45	0,25	58,21	10,29	31,49	-3,22
ÉMus-LT	ÉMc-L	91	8,22	0,84 \pm 0,17	2,11	6,2	0,72	0,41	72,18	1,01	26,81	-3,42
ÉMus-LL	ÉMc-L	91	11,55	0,75 \pm 0,15	2,10	6,2	0,72	0,35	79,03	2,19	18,77	-4,26
ÉTOTus-TT	ÉTOTc-T	88	13,52	0,65 \pm 0,15	2,40	6,3	0,68	0,67	2,30	18,82	78,87	-0,40
ÉTOTus-LT	ÉTOTc-L	88	1,52	0,99 \pm 0,13	2,21	5,6	0,85	0,80	23,16	0,01	76,82	-1,19
ÉTOTus-LL	ÉTOTc-L	88	4,33	0,94 \pm 0,12	2,14	5,4	0,86	0,77	45,04	0,71	54,23	-1,92

¹ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression ; CVe : Coefficient de variation des résidus ; ÉTR/moyenne (%) ; ETC : Erreur de la tendance centrale; ER : Erreur de la régression; EB : Erreur due au bruit.

² Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

penne se rapproche davantage de 0 ($0,13 \pm 0,07$ mm). Il semble donc que le niveau d'engraissement ait influencé l'exactitude des mesures.

La différence entre les mesures de gras dorsal au niveau thoracique carcasse et US, excluant la peau, est de + 0,7 mm pour les agneaux possédant moins de 30 % de gras et de + 2,0 mm pour les plus gras (ÉGc – ÉGus – 3,5; données non présentées). Cette différence est amplifiée au niveau lombaire et se situe entre + 1,2 à + 1,3 mm pour les agneaux « maigres » (longitudinales et transversales) et entre + 5,1 à + 5,4 mm pour les très gras (longitudinales et transversales).

3.3.3.4. *Techniques de mesure utilisées*

Pour les 57 carcasses ayant été mesurées à la fois à partir d'une image numérisée et directement sur la carcasse à l'aide d'une règle, une corrélation de 0,77 ($P < 0,001$; données non présentées) a été obtenue entre les mesures de gras US entre la 12^e et la 13^e côte et les mesures faites par ordinateur. Avec les mesures effectuées à la règle à ce site, la corrélation est équivalente ($r = 0,78$; $P < 0,001$). Cependant, au niveau lombaire, les corrélations entre les mesures de gras US et celles sur images numérisées se situent autour de 0,70 mais sont inférieures avec les mesures prises sur la carcasse ($r \sim 0,55$; $P < 0,001$). Malgré cela, les corrélations entre les mesures effectuées sur les images numérisées et celles réalisées à la règle sur la carcasse sont satisfaisantes ($r = 0,83$ et $0,84$; $P < 0,001$, dans la région thoracique et lombaire).

Pour l'épaisseur du LD, les corrélations entre les mesures US et les mesures effectuées sur la carcasse à l'aide d'une règle sont de 0,32 ($P < 0,05$) au niveau thoracique et 0,37 et 0,41 ($P < 0,01$) au niveau lombaire (transversale et longitudinale). Ces mêmes corrélations, lorsque les mesures sont faites à partir des 57 images numérisées, sont supérieures entre la 12^e et la 13^e côte ($r = 0,43$; $P < 0,001$) mais encore davantage au niveau des vertèbres lombaires ($r = 0,58$ et $0,59$; $P < 0,001$, transversales et longitudinales). Plus de discordance a été observée entre les épaisseurs du LD mesurées sur la carcasse avec les deux différentes méthodes au niveau thoracique qu'au niveau lombaire ($r = 0,51$ et $0,83$; $P < 0,001$, thoracique et lombaire). Par ailleurs, les surfaces sur papier et sur image numérisée coïncident bien ($r = 0,85$ et $0,96$; $P < 0,001$, au niveau thoracique et lombaire).

3.3.4. Prédiction de la composition de la carcasse

3.3.4.1. Mesures réalisées avant l'abattage

La quantité et le pourcentage de gras de la carcasse sont fortement dépendants de l'âge de l'animal à l'abattage ($r = 0,61$ et $0,74$) bien plus que du poids vif, et ce, même après correction pour le poids d'abattage (Tableau 3.7). La quantité de muscle est, quant à elle, directement reliée avec le poids vif de l'animal ($r = 0,87$). Par contre, lorsque l'on ramène cette valeur en pourcentage, le poids perd de son importance, certainement en raison de l'importance du niveau de gras, plus dépendant de l'âge que du poids, sur le pourcentage de muscle.

Quantité de gras et de muscle

La valeur du GR s'accroît à mesure que la quantité de gras contenu dans la carcasse augmente ($r = 0,79$ et $0,83$; $P < 0,001$, US et carcasse). La même tendance s'observe pour l'épaisseur de gras dorsal aux différents sites de mesure ($r = 0,75 - 0,76$ sur la carcasse vs $0,71$ à $0,76$ avec l'échographe). La quantité de muscles est, quant à elle, peu corrélée avec les mesures d'épaisseurs de muscle à ultrasons ($0,45 < r < 0,50$; $P < 0,001$) et encore moins après correction pour le poids ($0,20 < r < 0,28$) (corrélations partielles à l'annexe D). Il en est de même pour les mesures réalisées sur la carcasse. Cependant, cette corrélation est plus faible pour les épaisseurs prises entre la 12^e et la 13^e côte ($r = 0,34$; $P < 0,001$ et $0,31$; $P < 0,01$, corrélations simple et partielle) que pour les mesures entre la 3^e et la 4^e lombaire sur la carcasse ($0,49$ et $0,45$; $P < 0,001$, corrélations simple et partielle).

Proportion de gras et de muscle

La mesure GR, qu'elle soit faite à l'aide de la réglette sur la carcasse ou de l'échographe sur l'animal vivant avant l'abattage, est également bien corrélée avec le pourcentage de gras de la carcasse ($r = 0,84$ et $0,76$; $P < 0,001$). Tel que l'illustre la Figure 3.1, bien que la mesure *in vivo* soit moins précise que la mesure sur la carcasse (ÉTR = 3,13 vs 2,63), les deux GR sont reliés de façon similaire avec le pourcentage de gras (pente = 0,92 pour le GRus et le GR). Cette mesure US est également reliée négativement avec le rendement en

Tableau 3.7. Coefficients de corrélation simple entre les mesures réalisées sur l'agneau avant l'abattage ainsi que sur la carcasse et la composition des carcasses (n = 96)

Variables ¹	Gras (g)	Muscle (g)	Os (g)	Gras (%)	Muscle (%)	Os (%)	RVV	RVM
Informations générales								
Âge à l'abattage	0,74***	0,46***	0,00	0,61***	-0,44***	-0,69***	-0,60***	-0,70***
Poids vif	0,59***	0,87***	0,75***	0,23*	-0,23*	-0,15	-0,29**	-0,39***
Poids à l'abattage (à jeun)	0,62***	0,89***	0,72***	0,26*	-0,24*	-0,21*	-0,32**	-0,43***
Mesures aux ultrasons								
GRus	0,79***	0,30**	-0,17	0,76***	-0,58***	-0,81***	-0,81***	-0,85***
ÉGus-TT	0,76***	0,11	-0,14	0,77***	-0,71***	-0,64***	-0,77***	-0,79***
ÉGus-LT	0,71***	0,14	-0,15	0,72***	-0,62***	-0,66***	-0,76***	-0,78***
ÉGus-LL	0,75***	0,16	-0,16	0,76***	-0,65***	-0,70***	-0,80***	-0,81***
ÉMus-TT	0,51***	0,45***	0,13	0,37***	-0,24*	-0,47***	-0,45***	-0,52***
ÉMus-LT	0,44***	0,50***	0,16	0,29**	-0,15	-0,43***	-0,43***	-0,50***
ÉMus-LL	0,47***	0,46***	0,04	0,35***	-0,16	-0,54***	-0,49***	-0,56***
Mesures sur la carcasse								
Poids carcasse chaude	0,74***	0,88***	0,61***	0,40***	-0,33**	-0,38***	-0,45***	-0,57***
GR	0,83***	0,16	-0,23*	0,84***	-0,71***	-0,81***	-0,99***	-0,99***
Cote de conformation moy,	0,65***	0,19	-0,22*	0,63***	-0,48***	-0,69***	-0,58***	-0,70***
ÉGc-T	0,75***	0,22*	-0,13	0,72***	-0,61***	-0,68***	-0,78***	-0,81***
ÉGc-L	0,76***	0,11	-0,12	0,76***	-0,70***	-0,62***	-0,75***	-0,79***
ÉMc-T	0,03	0,34***	0,18	-0,11	0,18	-0,05	-0,03	-0,06
ÉMc-L	0,04	0,49***	0,27**	-0,13	0,24*	-0,09	0,05	-0,01
SMc-T	0,16	0,62***	0,32**	-0,08	0,22*	-0,17	-0,12	-0,18
SMc-L	0,06	0,65***	0,35***	-0,19	0,33***	-0,10	0,00	-0,07
Longueur de la carcasse	0,30**	0,61***	0,78***	0,00	-0,13	0,20*	-0,05	-0,10

¹ Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

* P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001.

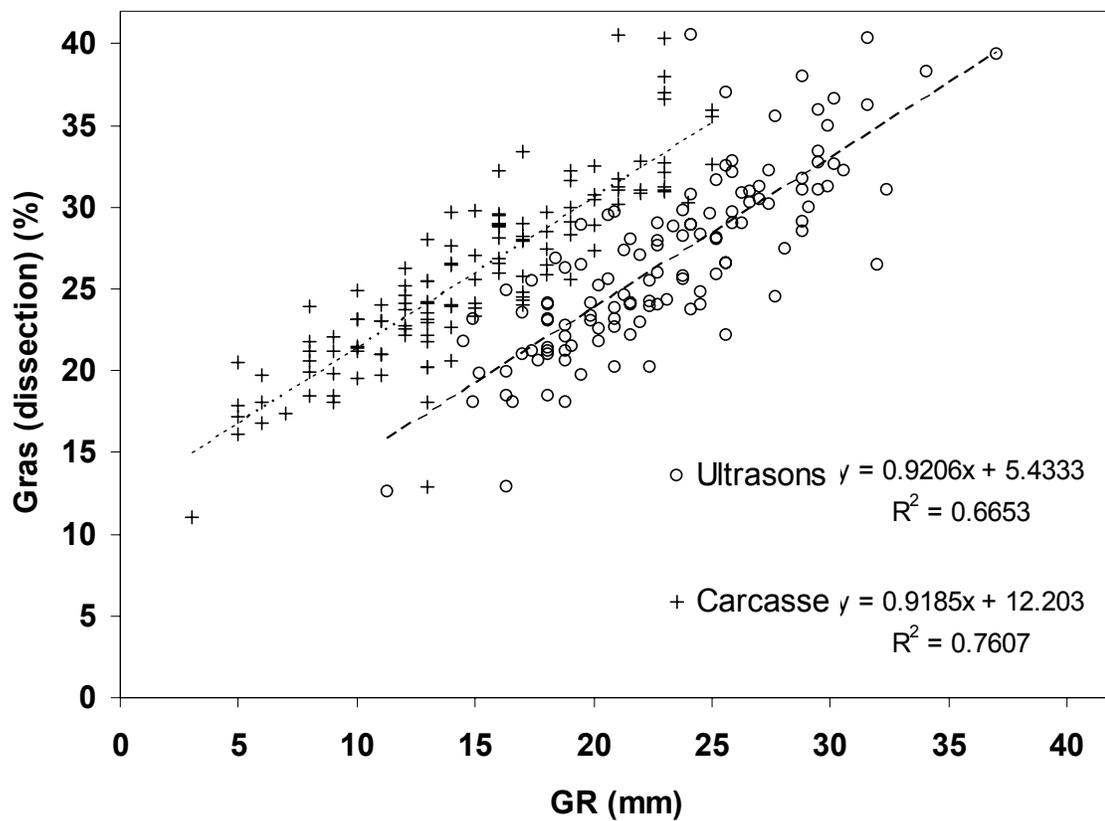


Figure 3.1. Relation entre la mesure GR à l'abattage (carcasse et ultrasons) et le pourcentage de gras de la carcasse

viande maigre ($r = -0,58$; $P < 0,001$) et avec le rendement en viande vendable prédit par l'équation de Jones *et al.* (1996) ($r = -0,81$; $P < 0,001$). L'augmentation de l'épaisseur du gras de couverture évaluée aux différents endroits reflète aussi un accroissement de la proportion de gras contenu dans la carcasse ($0,72 < r < 0,77$ vs $0,72$ et $0,76$; $P < 0,001$, US et carcasse), une diminution du pourcentage de muscle et, par le fait même, du RVV estimé.

La relation entre le pourcentage de muscle et les mesures d'épaisseur du LD est moins évidente ($-0,15$ ns $< r < 0,24$; $P < 0,05$). Cependant, les mesures d'épaisseur de l'œil de longe US sont moyennement reliées avec l'estimé du RVV ($-0,43 < r < -0,49$; $P < 0,001$) et du RVM ($-0,50 < r < -0,56$; $P < 0,001$) mais on ne peut en dire autant des mesures carcasse (corrélations non significatives). Le fait de corriger les coefficients pour le poids d'abattage améliore la relation entre le pourcentage de muscle et les mesures du LD sur la carcasse (épaisseurs et surfaces) ($0,25 < r < 0,50$; $P < 0,05$) et non celle avec les mesures US ($r = -0,05$ à $-0,16$; ns) (données à l'annexe D).

3.3.4.2. Effet du sexe et de la race

Aucune interaction n'a été décelée entre les sexes et les races à l'étude et la quantité et le pourcentage de gras ($P > 0,05$). Pour ce qui est de la quantité de muscle, il semble que la relation avec les mesures d'épaisseurs du LD US soit différente entre les mâles et les femelles [$R^2 = 0,57$ vs $0,32$ et pente = 276 vs 167 g/mm; $P < 0,05$, pour les mesures entre la 12^e et la 13^e côte (Figure C.1, annexe C)]. L'ordre de grandeur pour les valeurs des R^2 et des pentes est le même au niveau lombaire. Lorsqu'on ramène les valeurs de maigre en pourcentage, l'épaisseur du LD perd de son utilité pour prédire le maigre (g) et la relation avec le sexe disparaît.

3.3.4.3. Équations de prédiction

Dans le but de prédire la composition et le rendement des carcasses, des équations de prédiction basées sur les différentes mesures prises sur l'animal vivant avant l'abattage ont été construites (Tableau 3.8). La quantité de gras est prédite avec un R^2 de $0,86$ en incluant

Tableau 3.8. Équations de régression multiple (stepwise) pour prédire la quantité et le pourcentage de gras, muscle et os ainsi que le rendement en viande vendable des carcasses en utilisant les mesures prises sur l'agneau vivant avant l'abattage (n=125)¹

Variables Dépendantes ²	Origine	Âge	Poids vif	GRus	ÉGus-TT	ÉGus-LT	ÉGus-LL	ÉMus-TT	ÉMus-LT	ÉMus-LL	R ² ajusté	ÉTR
Gras (g)	-2803,2***	6,1*	41,61 ³	66,7***	123,6**	-130,9	186,7*	-	-	-	0,86	363,3
Muscle (g)	-908,3*	7,0***	117,1***	-	-118,5***	-	-	48,3**	-	-	0,85	315,0
Os (g)	472,6***	-	45,8***	-30,4***	-	-	-	-	-	-	0,75	141,0
Gras (%)	6,87**	-	-0,08	0,57***	1,26***	-	-	-	-	-	0,73	2,82
Muscle (%)	62,10***	-	-	-0,26**	-1,04***	-	-	-	0,24*	-	0,56	2,42
Os (%)	27,97***	-0,02*	0,08***	-0,25***	-	0,40	-0,58*	-	-	-0,13*	0,74	1,16
RVV	83,78***	-	-	-0,24***	-	-	-0,38***	-	-	-	0,71	1,13

¹ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression.

² Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

³ Les coefficients qui ne sont pas suivis d'un astérisque entrent dans le modèle à $P < 0,15$.

* $P < 0,05$; P < 0,01; P < 0,001.

l'âge, le poids, le GR et les trois mesures de gras. L'âge, le poids et les mesures de gras et de muscle au niveau des 12^e-13^e côtes permettent également d'expliquer 85 % de la variation pour la quantité de muscle. Pour la prédiction du pourcentage de gras, la meilleure équation inclut le poids, le GR et l'épaisseur de gras entre la 12^e et la 13^e côte ($R^2 = 0,73$). En ce qui concerne le pourcentage de muscle, ce sont le GR ainsi que les épaisseurs de gras au niveau thoracique et de muscle (LD) au niveau lombaire (transversale) qui forment la meilleure combinaison ($R^2 = 0,57$). L'estimation du rendement en viande vendable est, pour sa part, prédit à 71 % par l'association du GR et de l'épaisseur de gras entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires (longitudinale).

Au Tableau 3.9, les variables les plus intéressantes du point de vue de leur précision, mais aussi de leur faisabilité (nombre de mesures, mesure gras et muscle au même site ...), ont été sélectionnées afin d'évaluer leur utilité dans la prédiction de la composition des carcasses. Le choix des variables a été fait en fonction des résultats du Tableau 3.8. On observe que le GR constitue une variable-clé dans la prédiction de la quantité et du pourcentage de gras et d'os mais aussi du pourcentage de muscle. Les mesures de gras emmènent une certaine précision, presque équivalente entre les sites, à chacune des composantes importantes de la carcasse. Le Tableau 3.9 illustre bien la faible variation entre les différents sites de mesure US pour la prédiction de la composition. L'ajout du poids est surtout important lorsque la composition est exprimée en kilogramme. Enfin, l'épaisseur du LD améliore sensiblement la précision de la prédiction de la quantité de maigre. Les mesures sur la carcasse sont légèrement plus précises que les mesures US pour prédire la composition (Tableau 3.10).

Tableau 3.9. Équations de régression multiple entre les mesures aux ultrasons effectuées avant l'abattage et la composition des carcasses (n = 125)¹

Variables Dépendantes ²	Origine	Poids vif	GRus	ÉGus-TT	ÉGus-LT	ÉGus-LL	ÉMus-TT	ÉMus-LT	ÉMus-LL	R ² ajusté	ÉTR	CVe
Gras (g)	-2 730,2***	52,3***	141,2***	-	-	-	-	-	-	0,80	419,7	13,4
	-2 795,4***	48,3***	89,7***	174,1***	-	-	-	-	-	0,84	374,6	12,0
	-2 881,4***	51,0***	98,9***	-	136,2***	-	-	-	-	0,82	391,9	12,5
	-2 823,1***	49,1***	87,7***	-	-	170,9***	-	-	-	0,83	379,6	12,1
Muscle (g)	34,2	126,6***	-	-	-	-	-	-	-	0,80	357,3	5,7
	-998,0*	123,1***	-	-73,1***	-	-	58,5***	-	-	0,83	329,0	5,2
	-778,6	121,3***	-	-	-46,5*	-	-	47,2**	-	0,82	343,4	5,4
	-834,0*	122,4***	-	-	-	-53,4**	-	-	50,3***	0,82	338,5	5,4
Gras (%)	5,43***	-	0,92***	-	-	-	-	-	-	0,66	3,12	11,7
	3,87**	-	0,55***	1,22***	-	-	-	-	-	0,72	2,83	10,6
	4,01**	-	0,62***	-	0,98***	-	-	-	-	0,70	2,95	11,0
	3,99**	-	0,56***	-	-	1,12***	-	-	-	0,71	2,90	10,9
Muscle (%)	66,5***	-	-0,50***	-	-	-	-	-	-	0,43	2,73	5,0
	63,9***	-	-0,22*	-1,08***	-	-	0,16	-	-	0,55	2,45	4,5
	62,2***	-	-0,33***	-	-0,80***	-	-	0,23	-	0,51	2,54	4,6
	62,0***	-	-0,33**	-	-	-0,85***	-	-	0,26*	0,52	2,51	4,6
RVV	83,3***	-	-0,36***	-	-	-	-	-	-	0,67	1,20	1,60
	83,7***	-	-0,26***	-0,32***	-	-	-	-	-	0,70	1,15	1,53
	83,8***	-	-0,26***	-	-0,32***	-	-	-	-	0,70	1,15	1,54
	83,8***	-	-0,24***	-	-	-0,38***	-	-	-	0,71	1,13	1,51

¹ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression; CVe : Coefficient de variation des résidus ; ÉTR/moyenne (%).

² Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

* P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001.

Tableau 3.10. Équations de régression multiple entre les mesures effectuées sur la carcasse et la composition des carcasses (n = 109)¹

Variables Dépendantes ²	Origine	Poids vif	GR	ÉGc-T	ÉGc-L	ÉMc-T	ÉMc-L	R ² ajusté	ÉTR	CVe
Gras (g)	-1 358,1***	52,9***	130,6***	-	-	-	-	0,86	360,1	11,7
	-1 244,5***	50,3***	114,2***	43,9	-	-	-	0,86	356,2	11,5
	-1 251,0***	52,6***	95,4***	-	60,3***	-	-	0,88	335,0	10,8
Muscle (g)	332,6	129,4***	-	-	-	-	-	0,84	350,9	5,6
	-833,3	132,5***	-	-35,8*	-	36,7**	-	0,86	328,7	5,2
	-1 041,7**	124,1***	-	-	-20,1*	-	52,6***	0,87	308,5	4,9
Gras (%)	12,1***	-	0,93***	-	-	-	-	0,76	2,71	10,3
	12,2***	-	0,82***	0,26	-	-	-	0,76	2,70	10,3
	12,7***	-	0,70***	-	0,39***	-	-	0,78	2,58	9,8
Muscle (%)	63,3***	-	-0,54***	-	-	-	-	0,57	2,45	4,5
	54,6***	-	-0,53***	-0,07	-	0,27**	-	0,60	2,37	4,3
	57,2***	-	-0,40***	-	-0,27*	-	0,17*	0,62	2,29	4,2
RVV	82,0***	-	-0,44***	-	-	-	-	0,98	0,33	0,4
	82,0***	-	-0,46***	0,04*	-	-	-	0,98	0,32	0,4
	82,1***	-	-0,47***	-	0,05***	-	-	0,98	0,31	0,4

¹ ÉTR : Écart-type résiduel (RSD - Residual Standard Deviation ou Residual Standard Error) – Estimé de la déviation (ou erreur) moyenne par rapport à la droite de régression; CVe : Coefficient de variation des résidus ; ÉTR/moyenne (%).

² Les abréviations sont décrites au Tableau 3.1.

* P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001.

3.4. DISCUSSION

3.4.1. Précision des mesures aux ultrasons pour évaluer l'épaisseur des tissus

3.4.1.1. Épaisseurs de gras dorsal et de tissus totale

Cette expérience a permis de constater que les mesures de gras et de tissus totales réalisées sur l'animal vivant, à l'aide des ultrasons, permettent de bien estimer les épaisseurs de gras et de tissus réelles mesurées sur la carcasse. Les coefficients de corrélation entre les mesures aux ultrasons et celles effectuées directement sur la carcasse étaient supérieurs pour le GR, suivi de près par les mesures thoraciques et lombaires. Les corrélations obtenues entre la mesure GR par échographie en temps réel et celle sur la carcasse sont similaires à celles obtenues dans d'autres études (McEwan *et al.*, 1989; Ramsey *et al.*, 1991; Hopkins *et al.*, 1993; Ball *et al.*, 1995). L'utilisation de l'analyse de concordance a également permis de démontrer que les valeurs des GR carcasse et US étaient similaires, après correction pour tenir compte des différences propres aux mesures elles-mêmes (différence de +7,3 mm en faveur de la mesure US par rapport à celle effectuée sur la carcasse). En effet, dans notre étude, les mesures de gras US incluaient la peau, qui est retiré lors de l'abattage, ce qui augmente l'épaisseur réelle d'environ 3,5 mm. De plus, la mesure US est prise entre les côtes tandis que, sur la carcasse, celle-ci est effectuée directement sur la côte, qui est légèrement surélevée. Ces variantes expliquent donc, en partie, les 7,3 mm qui séparent la mesure US de la mesure carcasse pour le GR. Cependant, en éliminant cette différence, les deux mesures vont dans le même sens.

Tout comme dans les études de Fernandes (2000) et de Fernández *et al.* (1997), les corrélations mesurées entre les mesures de gras dorsal US et carcasse au niveau thoracique ont été bonnes. Selon plusieurs études chez l'agneau, le bœuf et le porc, la mesure de gras dorsal US entre la 12^e et la 13^e côte tendrait à surestimer le gras chez les animaux plus maigres et à le sous-estimer chez les plus gras (Brethour, 1992; Herring *et al.*, 1994; Moeller et Christian, 1998; Fernandes, 2000; Greiner *et al.*, 2003a). Nos résultats démontrent plutôt que la mesure de l'épaisseur de gras au niveau thoracique surestime davantage le gras dorsal chez les animaux plus maigres et moins chez les plus gras. Par contre, comme, dans notre étude, l'épaisseur de gras inclut la peau, la soustraction de 3,5 mm aux mesures de gras US permet d'établir que celles-ci estiment bien le gras dorsal

chez les agneaux plus maigres (origine = 0) mais le sous-estiment chez les agneaux plus gras (pente = 1,21). Ces résultats se comparent avec ceux de Robinson *et al.* (1992) chez le bovin et ceux de Purchas et Beach (1981) chez l'agneau.

Pour les mesures de gras dorsal au niveau lombaire, les corrélations obtenues sont également bonnes et comparables à celle de Delfa *et al.* (1991). Les pentes de la relation entre les mesures carcasse et US à ce site sont toutefois bien supérieures à 1. Ces valeurs, après soustraction de l'épaisseur de la peau aux mesures US, indiquent que l'épaisseur de gras US entre la 3^e et la 4^e vertèbres lombaires est sous-estimé chez les agneaux plus gras, et ce, davantage que pour la mesure au niveau thoracique.

L'exactitude des mesures d'épaisseur de gras US entre la 3^e et la 4^e lombaire serait donc beaucoup plus influencée par l'amplitude de la mesure de gras dorsal. Il a aussi été possible d'observer que l'engraissement était plus important au niveau lombaire. En effet, chez les animaux très gras, l'apparition d'une couche de gras supplémentaire a pu être notée à ce niveau et non au niveau thoracique. Cette 3^e couche de gras est également présente chez les porcs (Fortin, 1986), toutefois, son existence est peu documenté chez l'agneau, ce qui a causé des erreurs d'interprétation des images prises à l'aise des US. Cette couche a donc été, dans la mesure du possible, exclut lors de la mesure transversale prise à 3-4 cm de la ligne médiane (au-dessus de l'épaisseur maximale du LD). Toutefois, lorsque cette couche de gras se trouvait dans la zone à mesurer, son discernement précis était souvent compliqué. Cette difficulté pourrait expliquer, en partie, la sous-estimation plus importante des mesures US par rapport aux mesures sur la carcasse à ce site. Selon nos analyses, cette couche de gras apparaîtrait quand le pourcentage de gras de la carcasse approche les 30 % (31,8 vs 23,1 % de gras disséqué en moyenne pour les agneaux avec et sans 3^e couche de gras apparente, résultats non présentés). En excluant ces animaux de l'analyse de concordance, l'exactitude de l'ensemble des mesures de gras au niveau lombaire s'améliore.

Cet engraissement « en couche » a déjà été reconnu pour diminuer l'exactitude des mesures aux ultrasons en mode-A, rendant difficile l'interprétation des pics (Nicol et Parratt, 1984; Hopkins, 1990; Moeller, 2002). Avec les appareils en mode-B, les erreurs d'interprétation ont également été rapportées comme étant une source d'erreur importante (Miles *et al.*, 1972). En effet, les erreurs d'interprétation de l'image proviendraient, entre autres, de la

difficulté à identifier les limites des tissus en raison des discontinuités dans l'impédance acoustique.

Aussi, la pression exercée sur la sonde lors de la prise de mesures US pourrait être un facteur d'erreur et aurait un impact plus grand chez les animaux présentant une épaisseur de gras dorsal plus importante. En effet, Purchas et Beach (1981) sont parvenus à corriger l'erreur de la régression (pente > 1) entre les mesures de gras US et carcasse en exigeant de leurs opérateurs qu'ils limitent au minimum la pression sur la sonde lors de l'enregistrement des images. Ce faisant, la pente de la relation entre les épaisseurs de gras dorsal US et carcasse s'est approché de 1.

Dans un autre ordre d'idée, la pendaison des carcasses à l'abattoir pourrait expliquer que les mesures de gras sur la carcasse donnent des valeurs supérieures à celles mesurées avec les US sur l'animal vivant. Effectivement, le fait que les carcasses soient pendues par les jarrets ferait « glisser » le gras dorsal de la région postérieure vers l'avant (le bas), ce qui donnerait l'impression que les agneaux ont plus gras dans la région médiane qu'ils n'en paraissent en position debout (Turlington, 1990; Robinson *et al.*, 1992; Moeller, 2002). La pendaison et l'expansion du gras lié à l'enlèvement de la peau des carcasses seraient deux phénomènes qui affectent davantage les animaux plus gras. C'est pourquoi il y aurait plus de divergence entre les mesures US (lorsqu'on exclut l'épaisseur de la peau) et celles obtenues sur la carcasse chez ces sujets (Robinson *et al.*, 1992). La région thoracique serait moins affectée que la région lombaire, possiblement en raison des différences dans le patron de déposition du gras entre ces deux sites. La région postérieure serait effectivement la plus grasse et comme les agneaux plus gras sont plus affectés, il pourrait y avoir une « compression » du gras plus importante dans cette région. Le site de mesure du GR, lui, pourrait être moins affecté en raison de sa position plus ventrale sur l'animal. Il pourrait plutôt avoir tendance à être étiré par la pendaison. De plus, cette couche de tissus n'est pas sise sur un muscle mais plutôt enchâssée entre les côtes, donc pourrait être moins « mobile ». L'épaisseur du flanc pourrait aussi favoriser la « fixation » plus rapide du gras au contact de l'air froid.

3.4.1.2. Épaisseur du muscle de la longe (LD)

La relation entre les épaisseurs de muscle prises sur l'animal vivant et sur la carcasse est un peu moins évidente ($0,39 < r < 0,51$). Toutefois, les résultats obtenus se comparent avec ceux de Hopkins *et al.* (1993; 1996), Fortin et Shrestha (1986) et McEwan *et al.* (1989) qui rapportent des corrélations de 0,4 à 0,7 entre les mesures d'épaisseur du LD US et carcasse au niveau thoracique. Ces coefficients de corrélation sont toutefois bien en deçà de ceux mesurés par Fernandes (2000) et par Binnie *et al.* (1995) ($0,75 < r < 0,94$). Pour l'épaisseur du LD, les meilleures corrélations ont été observées entre les 3^e et 4^e vertèbres lombaires et sont comparables à celles rapportées par Fernández *et al.* (1998), soit entre 0,49 et 0,76. Les pentes entre les différentes mesures du LD US et carcasse dans notre étude sont nettement inférieures à 1, ce qui implique que l'épaisseur de la longe des agneaux peu musclés est sous-estimée et celle des plus musclés est surestimée par les ultrasons. C'est au niveau thoracique que ce phénomène est le plus prononcé. Hopkins *et al.* (1996) ont, eux aussi, obtenu une pente de 0,68 entre les épaisseurs de la longe US et carcasse. Plusieurs auteurs ont également observé que les mesures US tendaient à surestimer les longes plus petites et à sous-estimer les plus grandes, chez le porc, l'agneau et le bœuf, respectivement (Moeller et Christian, 1998; Fernandes, 2000; Greiner *et al.*, 2003b). Toutefois, Binnie *et al.* (1995) sont parvenus à obtenir des pentes tout près de 1 chez l'agneau.

La *rigor mortis* ainsi que la manipulation des carcasses suivant l'abattage peuvent aussi modifier les dimensions des différents tissus mesurés. En effet, la forme du LD changerait au cours des processus et/ou des manipulations post-abattage (Fortin et Shrestha, 1986; Hopkins *et al.*, 1993). Il est cependant difficile de quantifier le phénomène. La pendaison de la carcasse pendant le refroidissement ainsi que la manutention pourraient également affecter le muscle et rendre difficile l'obtention de fortes corrélations entre les mesures US et carcasse. Dans cette étude, les carcasses étaient transportées en camion avant d'être mesurées. Plusieurs manipulations avaient donc lieu entre l'abattage et la prise des mesures sur la carcasse, ce qui pourrait expliquer, en partie, les faibles corrélations. De plus, contrairement à l'opérateur qui peut déplacer la sonde à son gré sur l'animal vivant, il est plus difficile d'obtenir une coupe à un endroit très précis sur la carcasse et les chances de se reprendre sont nulles (Young et Deaker, 1994). Bien que les images paraissant incorrectes

aient été rejetées, ce type d'erreur pourrait avoir influencé l'exactitude des mesures aux ultrasons pour le muscle LD

Le LD, de par sa propriété de se contracter, est beaucoup plus difficile à mesurer avec précision sur un animal vivant. Le stress et la position de l'animal lors de la mesure sont autant de facteurs pouvant faire varier les dimensions de l'œil de longe. La difficulté à repérer le site exact au niveau thoracique, en raison de la proximité des côtes et la présence de petits muscles sous-jacents, a aussi pu entraver l'obtention de forte relation. Bien qu'il soit possible de se retrouver entre la 2^e et la 3^e vertèbre plutôt qu'entre la 3^e et la 4^e vertèbre, au niveau lombaire, le site exact est plus facile à localiser.

La région thoracique aurait été davantage affectée par les manipulations suivant l'abattage (corrélation plus faible). En effet, une côtelette était complètement isolée pour la prise des mesures thoraciques sur la carcasse. Elle aurait donc été plus sujette à se déformer. La prise des dimensions au site lombaire impliquait, pour sa part, que la demi longe courte (4^e à 7^e vertèbres lombaires) soit mise sur la vitre du scanneur, ce qui en aurait limité la déformation. Sans cette distorsion, les corrélations au niveau des 12^e-13^e côtes auraient probablement été du même ordre que celles obtenues ici entre les 3^e- 4^e vertèbres lombaires ($r \sim 0,6$), et que celles rapportées par plusieurs auteurs ayant effectués les mesures carcasse directement sur la coupe entre les 12^e-13^e côtes (McEwan *et al.*, 1989; Hopkins *et al.*, 1996; Fernández *et al.*, 1997).

La calibration des appareils en mode-B pourrait aussi expliquer une petite partie de la sous-estimation de la profondeur des côtelettes. En effet, ce type d'échographe est calibré en fonction de la vitesse moyenne du gras et du muscle $((1\ 480\ \text{m/s} + 1\ 620\ \text{m/s})/2 = 1\ 550\ \text{m/s})$. Ainsi, l'épaisseur du LD mesurée par l'appareil représenterait environ 96 % de l'épaisseur réelle du LD (Robinson *et al.*, 1992).

Afin de déterminer si les erreurs d'estimation entre les mesures US et carcasse pour le gras et le muscle sont liées à une réelle imprécision de l'appareil ou à la difficulté à déterminer la limite inférieure du muscle ou du gras en fonction des sites, l'analyse de concordance a

été effectuée entre les épaisseurs totales (gras + muscle) mesurées aux ultrasons et sur la carcasse. Tel que démontré précédemment, il semble que l'épaisseur de gras dorsal au niveau thoracique soit assez bien estimé. Ce serait donc l'épaisseur du muscle qui serait la plus instable et expliquerait la moins bonne corrélation entre les épaisseurs totales US et carcasse (ÉTOT_{US} et ÉTOT_C). La difficulté à bien discerner la limite inférieure du LD des autres petits muscles sous-jacents ou encore la déformation de la côtelette au moment de prendre la mesure sur la carcasse pourrait expliquer le phénomène. Il semble, par contre, qu'au niveau lombaire, puisque les épaisseurs totales US et carcasse vont dans le même sens, que ce soit davantage la limite entre le gras et le muscle qui soit problématique. Ainsi, la sous-estimation du gras entraîne inévitablement la surestimation du muscle, les erreurs d'interprétation pour le gras menant à l'inclusion de la 3^e couche dans la mesure du LD plutôt que dans celle du gras. Toutefois, chez les animaux plus maigres, ce problème serait moins important, sans doute en raison de l'absence de cette couche de gras supplémentaire. En effet, les corrélations entre les mesures d'épaisseur du LD US et celles prises sur la carcasse se sont améliorées ($r = 0,72$ vs $0,58$) avec le retrait des animaux très gras, animaux pour lesquels le gras était mal défini avec les ultrasons au niveau lombaire.

3.4.1.3. Techniques de mesure utilisées

La numérisation des coupes transversales est une méthode convenable pour la réalisation des mesures carcasses. Pour le gras au niveau thoracique, des résultats équivalents ont été obtenus avec les deux méthodes de mesure carcasse (règle et numérisation). Pour la mesure de gras dorsal entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire, de moins bonnes corrélations ont été calculées entre les mesures à la règle et les mesures US. La personne en charge des mesures à la règle était différente de celle qui a réalisé les mesures US et par ordinateur. Il est donc possible que le site de mesure sur la coupe (distance par rapport à la colonne, inclusion/exclusion de la 3^e couche) ait varié entre les opérateurs. Les corrélations entre les deux mesures de gras dorsal réalisées sur la carcasse étaient, par ailleurs, bonnes aux deux sites. Toutefois, il serait peut-être préférable de congeler les coupes avant de les numériser afin de permettre au gras de se figer davantage et, ainsi, limiter la déformation et faciliter l'interprétation des images (Pomar *et al.*, 2001). Par contre, Binnie *et al.* (1995)

mentionnent que la surface des LD de carcasses congelées est inférieure de 10 % à celle des carcasses fraîches.

Pour l'épaisseur du LD, de meilleures corrélations entre les mesures carcasse et US aux deux sites ont été obtenues avec la numérisation comparativement aux mesures directes. L'effet opérateur peut, ici aussi, être en cause. Les corrélations entre les deux mesures carcasse lombaires ont également été meilleures. Au site lombaire, la coupe de viande utilisée était moins malléable que la côtelette, ce qui peut expliquer la plus grande variation entre les mesures thoraciques sur la carcasse. Une attention particulière devrait donc être portée au traitement des coupes afin que celles-ci soient le moins déformées possible.

3.4.1.4. Effet du sexe et de la race

Concernant la précision, le sexe et la race pourraient avoir une influence s'il existait suffisamment de différence entre les populations pour créer une corrélation artificielle. Par exemple, les deux sexes pourraient représenter deux nuages de points distincts, les mâles se retrouvant à une extrémité du graphique et les femelles complètement à l'opposé, créant ainsi une fausse impression de corrélation entre les variables à l'étude. Aussi, la précision pourrait être affectée par l'importance de l'épaisseur de gras et de muscle, et donc, par la race et/ou le sexe. Les résultats ont permis d'établir que ni la race ni le sexe n'avait un effet significatif sur l'exactitude des mesures US. Seules les mesures de gras transversales au niveau lombaire seraient faiblement influencées par le sexe, celles-ci étant plus précises pour les mâles que pour les femelles. La présence de la 3^e couche de gras pourrait en être la cause. En effet, cette couche semble plus fréquente chez les femelles en raison de leur adiposité plus importante (29,2 vs 22,5 % de gras disséqué, pour les femelles et les mâles). De plus, celle-ci était visible sur les coupes au niveau lombaire de 42 des 70 femelles tandis qu'on la retrouvait chez seulement 4 des 52 mâles. Les mâles sont donc moins affectés par la présence de la 3^e couche, d'où une réduction des erreurs d'interprétation et, une meilleure précision des mesures lombaires chez ces derniers. L'effet du sexe proviendrait, en fait, du biais des mesures lié à l'état d'engraissement.

3.4.2. Prédiction de la composition de la carcasse

En plus d'être une représentation fiable de ce que l'on sonde sur l'animal, les mesures aux ultrasons doivent avant tout permettre de prédire la composition de la carcasse.

3.4.2.1. Prédiction de la quantité et du pourcentage de gras

Le GR et les mesures de gras dorsal sont les variables US les plus utiles pour prédire la quantité et le pourcentage de gras de la carcasse.

Des corrélations de près de 0,8 ont été obtenues entre le GR et le niveau d'engraissement. Ces valeurs sont en parfait accord avec celle obtenue par Ramsey *et al.* (1991) et meilleures que la corrélation de 0,5 calculée par McEwan *et al.* (1989) et celle de 0,7 de Deaker et Young (1992). L'exactitude du GR de Ramsey *et al.* (1991) était, par ailleurs, la plus élevée ($r = 0,87$) des études consultées et comparable à la nôtre.

Les bonnes relations observées entre la mesure de gras dorsal et le gras (g et %) sont équivalentes à celles rapportées par plusieurs auteurs. Avec l'analyse chimique, des corrélations entre 0,66 et 0,80 ont été observées (Gooden *et al.*, 1980; Nicol et Parratt, 1984; Nicol *et al.*, 1988; McEwan *et al.*, 1989) tandis que, suite à la dissection, Hopkins (1990) a calculé une corrélation de 0,79 entre la mesure de gras sous-cutané US et le pourcentage de gras de la carcasse. Delfa *et al.* (1991) ont obtenu des corrélations légèrement inférieures ($r = 0,63$) avec des brebis adultes (mesures au niveau lombaire).

Ensemble, le gras dorsal et le GR US apporteraient des renseignements complémentaires sur l'état d'engraissement général d'un agneau ($R^2 = 0,70$ à $0,72$ pour le %gras). La déposition de gras se ferait différemment et indépendamment à ces deux sites puisque la combinaison de ces mesures apporte plus d'informations pour prédire la quantité et le pourcentage de gras que chacune des mesures séparément (Leymaster *et al.*, 1985). Le poids, bien qu'il aurait un effet légèrement significatif, apporte peu de précision au modèle pour prédire le pourcentage de gras. Par ailleurs, le poids aurait un impact sur la prédiction de la quantité de gras et la meilleure équation donnait un R^2 légèrement supérieur à 0,80 (modèle incluant le poids, le GRus et ÉGus). La quantité et le pourcentage de gras ont des précisions équivalentes (CVe comparables). Toutefois, il est préférable de prédire des pourcentages plutôt que des quantités puisque ceux-ci prennent en compte le poids et, par le fait même, les différences de poids entre les animaux. Les mesures de l'épaisseur du LD, ne

seraient pas utiles pour prédire le gras (g et %). Ces résultats sont en accord avec d'autres études où les mesures étaient réalisées directement sur la carcasse (Kirton et Johnson, 1979; Nicol et Parratt, 1984) ou à l'aide des ultrasons (McEwan *et al.*, 1989; Hopkins, 1990).

Dans notre étude, et de façon générale, les mesures de gras dorsal et du GR faites à l'aide d'un appareil à ultrasons sont légèrement moins précises que les mesures directes sur la carcasse pour prédire le gras (% et g) (Purchas et Beach, 1981; Nicol et Parratt, 1984; Edwards *et al.*, 1989; McEwan *et al.*, 1989; Delfa *et al.*, 1991).

3.4.2.2. Prédiction de la quantité et du pourcentage de muscle

Le lien entre l'épaisseur du LD et la quantité ou le rendement en viande maigre est moins clair.

En ce qui concerne la quantité de maigre, le poids expliquerait la majorité de la variation observée pour cette variable. Jones *et al.* (1982), Fortin et Shrestha (1986) ainsi que Berg *et al.* (1996) ont relevé des valeurs comparables à celles obtenues dans la présente étude, avec des corrélations respectives de 0,73, 0,76 et 0,77 entre le poids et la quantité de maigre.

La corrélation entre l'épaisseur du LD US et la quantité de maigre disséquée est seulement de 0,5. Toutefois, dans la littérature, les résultats ne sont guère plus concluants, avec des coefficients de corrélation entre 0,3 et 0,4 (Young et Deaker, 1994; Berg *et al.*, 1996). Mêmes les corrélations entre la surface du LD sur la carcasse et la quantité de maigre apparaissent faibles (Hedrick, 1983; Jones *et al.*, 1992). Dans la présente étude, les corrélations entre les épaisseurs du LD carcasse et la quantité de maigre sont non significatives.

Malgré les faibles corrélations entre les épaisseurs du gras dorsal et du LD avec la quantité de maigre, ces mesures ont un apport significatif dans la prédiction du maigre. C'est donc la combinaison du poids et des mesures aux ultrasons courantes (épaisseurs du gras et du LD) qui permettrait de mieux prédire la quantité de maigre, avec un R^2 de près de 0,85.

Dans la littérature, les mesures aux ultrasons ont été plus étudiées pour leur potentiel à prédire le rendement en viande maigre que la proportion de gras. Le poids prendrait nettement moins d'importance dans les équations pour prédire le maigre, lorsque ce dernier est exprimé en pourcentage. Dans la plupart des cas, tout comme dans la présente étude, les

corrélations entre le poids et la proportion de maigre sont négligeables (Fortin et Shrestha, 1986; Berg *et al.*, 1996).

Les mesures de gras et le GR seraient les variables les mieux corrélées avec le rendement en viande maigre disséquée ($-0,56 > r > -0,71$). Ces résultats sont similaires à ceux de plusieurs recherches (Cuthbertson *et al.*, 1984; Cameron et Smith, 1985; Edwards *et al.*, 1989; Ball *et al.*, 1995; Berg *et al.*, 1996).

L'utilité de l'épaisseur du LD dans la prédiction du rendement en maigre est peu probante. Cependant, lorsque associée avec le poids et les mesures de gras ou du GR, les dimensions du LD pourraient, dans quelques cas, apporter un certain degré de précision à la prédiction du maigre (%) ($0,3 < R^2 < 0,4$) (Edwards *et al.*, 1989; Berg *et al.*, 1996; Hopkins *et al.*, 1996; Puntila *et al.*, 2002). Les coefficients de détermination obtenus dans la présente étude pour la prédiction du pourcentage de maigre sont toutefois quelque peu meilleurs que ceux relevés dans la littérature (modèle incluant le GR, le gras dorsal et l'épaisseur du LD, $0,51 < R^2 < 0,55$). La combinaison du GR et de la mesure de gras dorsal expliquerait donc plus de variation que les mesures prises séparément.

3.4.2.3. Effet du sexe et de la race

La déposition de gras et la croissance en muscle pouvant être différente selon le sexe et la race d'un animal, il était essentiel d'établir leur effet sur le potentiel des mesures aux ultrasons à prédire la composition des carcasses. Dans cette étude, la race n'a affecté la prédiction d'aucun tissu (% et g). Ces résultats vont de pair avec ceux de Kempster *et al.* (1976) et de Wood et Macfie (1980). Aucune différence notable n'a été soulevée entre les sexes pour la prédiction du gras (% et g) et du rendement en viande. Il semble toutefois que la relation entre les mesures d'épaisseurs du LD US et la quantité de muscle soit meilleure chez les mâles que chez les femelles. Comme cette tendance s'observe également à la région thoracique, les erreurs d'interprétation des images liées à la présence de la 3^e couche ne peuvent être en cause. Des différences dans le patron de croissance musculaire pourraient donc être à l'origine de ce phénomène. Chez les mâles, l'augmentation de 1 mm du LD entre les 12^e-13^e côtes correspond à un gain de 276 g de maigre tandis que pour les femelles ce gain n'est que de 167 g. Les femelles ayant des longes plus courtes, une même augmentation de surface (épaisseur et largeur) correspond nécessairement à un gain de

poids de maigre inférieur. Cependant, en ramenant les valeurs de muscle en pourcentage, cette relation disparaît.

3.4.3. Choix du site de mesure

Le GR est la mesure la plus précise. Pour le gras dorsal, peu de différences sont ressorties en ce qui a trait à l'exactitude des mesures entre les sites. Il faut cependant garder en mémoire que l'interprétation des images à ultrasons au niveau lombaire peut poser problème chez les animaux très gras en raison de la présence de la 3^e couche de gras, ce qui en fait donc un site moins intéressant (reproductibilité plus faible en raison du manque de repère pour évaluer la distance entre la colonne vertébrale et la mesure). Par contre, les mesures longitudinales laissent peu de place à l'interprétation et leur précision serait moins affectée par la présence de la 3^e couche de gras. L'utilisation du *gel pad* muni d'un guide à 4 cm, permet de prendre la mesure toujours à la même distance de la colonne vertébrale. L'épaisseur du LD a été plus précise au niveau lombaire. Cependant, c'est plutôt l'imprécision de la mesure sur la carcasse qui aurait influencé à la baisse les corrélations entre les mesures carcasse et US entre la 12^e et la 13^e côte puisque ces mesures US se sont avérées les plus utiles, avec le GR, pour prédire la composition. C'est la tendance inverse qui s'observe avec les mesures sur la carcasse. En effet, les mesures lombaires semblent légèrement plus utiles que les mesures thoraciques, possiblement en raison de la meilleure estimation des dimensions du gras et du LD à ce niveau (site moins déformé lors des manipulations). De plus, le fait que les corrélations entre la quantité de maigre soient meilleures pour les mesures lombaires que thoraciques ($r = 0,49$ vs $0,36$) est en accord avec l'hypothèse établi précédemment, à savoir que la côtelette, en raison de sa mince épaisseur, a été déformée lors de la prise des mesures sur la carcasse.

Il n'en demeure pas moins que, tel que mentionné précédemment, les épaisseurs du LD US, transversales, entre la 3^e et la 4^e lombaire, ont, elles aussi, été biaisées par la présence de la 3^e couche (inclusion de la couche de gras dans l'épaisseur du LD). Le soin accordé à la prise de la mesure entre la 12^e et 13^e côte, bien que plus difficile à obtenir en raison de la présence des côtes, aura donc permis d'obtenir des valeurs fiables.

Donc, la comparaison des différents sites de mesure sur la base de leur précision ainsi que de leur potentiel dans la prédiction de la composition, indique que le GR et les mesures au

niveau thoracique semblent avoir le meilleur. Celles prises au niveau lombaire longitudinale et transversale suivent dans l'ordre. Puisque les agneaux engraisser plus vers l'arrière-train (variation plus importante entre les animaux), il serait intéressant d'évaluer le potentiel des mesures US à la première lombaire telles qu'utilisées par Stanford *et al.* (1995). Cette région, étant « libérée » des côtes, se prêterait mieux aux mesures longitudinales que la région thoracique.

3.5. CONCLUSIONS & IMPLICATIONS

Mesurées à l'aide des ultrasons, les épaisseurs totales de tissus (GR) et de gras dorsal présentent un intérêt significatif dans la prédiction de la composition en gras et en muscle de la carcasse chez l'agneau. La combinaison de ces mesures ajoute à la prédiction du gras et du muscle, en donnant une meilleure représentation de la carcasse entière. La mesure de l'épaisseur ou de la surface du LD est toutefois de moindre intérêt pour estimer le développement musculaire (plus efficace pour prédire la quantité de muscle que le pourcentage).

Il serait donc possible d'établir, sur la base de telles mesures, le potentiel génétique des agneaux, et ce, dans l'optique de réduire les surplus de gras des carcasses. La mesure US la plus utile est sans aucun doute celle du GR. Les programmes de sélection génétique existant gagneraient à introduire cette mesure dans leurs évaluations. Par la même occasion, les mesures longitudinales du gras dorsal et du LD dans la région lombaire, parce qu'elles ont démontré suffisamment de précision et qu'elles se prennent de la même manière que le GR (*gel pad* plat, parallèle à la colonne vertébrale), devraient être considérées en remplacement des mesures actuelles (transversales).

3.6. RÉFÉRENCES

- Agriculture Canada. 1992. Règlement sur la classification des carcasses de bétail et de volaille (DORS/92-541). Gazette du Canada, Partie II 126: 3848.
- Ball, R.O., N.N. Aziz, P. Sharpe et W. McCutcheon. 1995. Reproductive efficiency, feedlot performance, and carcass composition of lambs from prolific and standard breeds of sheep, Département of Animal and Poultry Science, University of Guelph, Guelph, ON.

- Benchaar, C., J. Rivest, C. Pomar et J. Chiquette. 1998. Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. *J. Anim. Sci.* 76: 617-627.
- Berg, E.P., M.K. Neary, J.C. Forrest, D.L. Thomas et R.G. Kauffman. 1996. Assessment of lamb carcass composition from live animal measurement of bioelectrical impedance or ultrasonic tissue depths. *J. Anim. Sci.* 74: 2672-2678.
- Binnie, D.B., R.J. Farmer et J.N. Clarke. 1995. Ultrasonic scanning of lamb carcasses for non-destructive carcass quality measurements. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 55: 111-113.
- Brethour, J.R. 1992. The repeatability and accuracy of ultrasound in measuring backfat of cattle. *J. Anim. Sci.* 70: 1039-1044.
- Cameron, N.D. et C. Smith. 1985. Estimation of carcass leanness in young rams. *Anim. Prod.* 40: 303-308.
- Cuthbertson, A., D. Croston et D.W. Jones. 1984. In vivo estimation of lamb carcass composition and lean tissue growth rate. Dans: D. Lister (éd.). *In vivo measurement of body composition in meat animals*. p. 163-166. Elsevier applied science, London, U.K.
- Deaker, J.M. et M.J. Young. 1992. Subcutaneous fat distribution as assessed by ultrasound in Border Leicester and Dorset Down ewe hoggets. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 52: 45-47.
- Delfa, R., A. Teixeira, I. Blasco et F. Colomer-Rocher. 1991. Ultrasonic estimates of fat thickness, C measurement and longissimus dorsi depth in Rasa Aragonesa ewes with same body condition score. *Options Méditerranéennes Série Séminaires*: 25-30.
- Edwards, J.W., R.C. Cannell et R.P. Garret. 1989. Using ultrasound, linear measurements and live fat thickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. *J. Anim. Sci.* 67: 3322-3330.
- Fernandes, T. 2000. Genetic parameter estimates for ultrasound-measured carcass traits in sheep. M.Sc. Thesis, University of Guelph, Guelph, ON.
- Fernández, C., L. Gallego et A. Quintanilla. 1997. Lamb fat thickness and longissimus muscle area measured by a computerized ultrasonic system. *Small Rum. Res.* 26: 277-282.
- Fernández, C., A. García, H. Vergara et L. Gallego. 1998. Using ultrasound to determine fat thickness and longissimus dorsi area on Manchego lambs of different live weight. *Small Rum. Res.* 27: 159-165.

- Fortin, A. 1986. Development of backfat and individual fat layers in the pig and its relationship with carcass lean. *Meat Sci.* 18: 255-270.
- Fortin, A. et J.N.B. Shrestha. 1986. In vivo estimation of carcass meat by ultrasound in ram lambs slaughtered at an average live weight of 37 kg. *Anim. Prod.* 43: 469-475.
- Gooden, J.M., A.D. Beach et R.W. Purchas. 1980. Measurement of subcutaneous backfat depth in live lambs with an ultrasonic probe. *N. Z. J. Agric. Res.* 23: 161-165.
- Greiner, S.P., G.H. Rouse, D.E. Wilson, L.V. Cundiff et T.L. Wheeler. 2003a. Accuracy of predicting weight and percentage of beef carcass retail product using ultrasound and live animal measures. *J. Anim. Sci.* 81: 466-473.
- Greiner, S.P., G.H. Rouse, D.E. Wilson, L.V. Cundiff et T.L. Wheeler. 2003b. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 81: 676-682.
- Gresham, J.D., S.R. McPeake, J.K. Bernard, M.J. Riemann, R.W. Wyatt et H.H. Henderson. 1994. Prediction of live and carcass characteristics of market hogs by use of a single longitudinal ultrasonic scan. *J. Anim. Sci.* 72: 1409-1416.
- Hedrick, H.B. 1983. Methods of estimating live animal and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 57: 1316-1326.
- Herring, W.O., D.C. Miller, J.K. Bertrand et L.L. Benyshek. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 72: 2216-2226.
- Hicks, C., A.P. Schinckel, J.C. Forrest, J.T. Akridge, J.R. Wagner et W. Chen. 1998. Biases associated with genotype and sex prediction of fat-free lean mass and carcass value in hogs. *J. Anim. Sci.* 76: 2221-2234.
- Hopkins, D.L. 1990. The use of ultrasound to predict fatness in lambs. *Meat Sci.* 27: 275-281.
- Hopkins, D.L., D.G. Hall et A.F. Luff. 1996. Lamb carcass characteristics. 3. Describing changes in carcasses of growing lambs using real-time ultrasound and the use of these measurements for estimating the yield of saleable meat. *Aust. J. Exp. Agric.* 36: 37-43.
- Hopkins, D.L., K.L. Pirlot, A.H.K. Roberts et A.S. Beattie. 1993. Changes in fat depths and muscle dimensions in growing lambs as measured by real-time ultrasound. *Aust. J. Exp. Agric.* 33: 707-712.
- Houghton, P.L. et L.M. Turlington. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals: a review. *J. Anim. Sci.* 70: 930-941.

- Jones, S.D.M., L.E. Jeremiah, A.K.W. Tong, W.M. Robertson et L.L. Gibson. 1992. Estimation of lamb carcass composition using an electronic probe, a visual scoring system and carcass measurements. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 237-244.
- Jones, S.D.M., W.M. Robertson, M.A. Price et T. Coupland. 1996. The prediction of saleable meat yield in lamb carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 76: 49-53.
- Jones, S.D.M., J.S. Walton, J.W. Wilton et J.E. Szkotnicki. 1982. The use of urea dilution and ultrasonic backfat thickness to predict the carcass composition of live lambs and cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 62: 371-379.
- Kempster, A.J., P.R. Avis, A. Cuthbertson et G. Harrington. 1976. Prediction of the lean content of lamb carcasses of different breed types. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 86: 23-34.
- Kenney, P.A. 1996. Effects of genotype and sex on relationship between GR and C measurements of fatness in second cross lambs. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 21: 196-199.
- Kirton, A.H. et D.L. Johnson. 1979. Interrelationships between GR and other lamb carcass fatness measurements. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 39: 195-201.
- Kirton, A.H., E.G. Woods et D.M. Duganzich. 1984. Predicting the fatness of lamb carcasses from carcass wall thickness measured by ruler or by a total depth indicator (TDI). *Livest. Prod. Sci.* 11: 185-194.
- Leymaster, K.A., H.J. Mersmann et T.G. Jenkins. 1985. Prediction of the chemical composition of sheep by use of ultrasound. *J. Anim. Sci.* 61: 165-172.
- Lin, L.I.K. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 45: 255-268.
- McEwan, J.C., J.N. Clarke, M.A. Knowler et M. Wheeler. 1989. Ultrasonic fat depths in Romney lambs and hoggets from lines selected for different production traits. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 49: 113-119.
- Miles, C.A., R.W. Pomeroy et J.M. Harries. 1972. Some factors affecting reproducibility in ultrasonic scanning of animals. *Anim. Prod.* 15: 239-249.
- Moeller, S.J. 2002. Evolution and use of ultrasonic technology in swine industry. *J. Anim. Sci.* 80: E19-E27.
- Moeller, S.J. et L.L. Christian. 1998. 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.* 76: 2503-2514.

- Nicol, A.M., N.P. Jay et P.R. Beatson. 1988. A comparison of ultrasound backfat measurements on sheep. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 48: 33-36.
- Nicol, A.M. et A.C. Parratt. 1984. Methods of ranking two-tooth rams for fat free carcass growth rate. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 44: 253-256.
- Pálsson, H. 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to scottish breeds and crosses. *I. J. Agric. Sci.* 29: 544-626.
- Pomar, C., J. Rivest, P. Jean dit Bailleul et M. Marcoux. 2001. Predicting loin-eye area from ultrasound and grading probe measurements of fat and muscle depths in pork carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 429-434.
- Puntila, M.L., K. Mäki et O. Rintala. 2002. Assessment of carcass composition based on ultrasonic measurements and EUROP conformation class of live lambs. *J. Anim. Breed. Genet.* 119: 367-378.
- Purchas, R.W. et A.D. Beach. 1981. Between-operator repeatability of fat depth measurements made on live sheep and lambs with an ultrasonic probe. *N. Z. J. Exp. Agric.* 9: 213-220.
- Ramsey, C.B., A.H. Kirton, B. Hogg et J.L. Dobbie. 1991. Ultrasonic, needle, and carcass measurements for predicting chemical composition of lamb carcasses. *J. Anim. Sci.* 69: 3655-3664.
- Robinson, D.L., C.A. McDonald, K. Hammond et J.W. Turner. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: Assessment and accuracy of sonographers. *J. Anim. Sci.* 70: 1667-1676.
- SAS Institute Inc. 2001. *SAS User's Guide : Statistics, SAS for Windows, version 8.2.* SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Simm, G. 1987. Carcass evaluation in sheep breeding programmes. Dans: I.F.M. Marai and J.B. Owen (éds.). *New techniques in sheep production.* p. 125-144. Butterworth, London, U.K.
- Stanford, K., I. Clark et S.D.M. Jones. 1995. Use of ultrasound in prediction of carcass characteristics in lambs. *Can. J. Anim. Sci. Sci.* 75: 185-189.
- Stouffer, J.R. 1991. Using ultrasound to objectively evaluate composition and quality of livestock. Dans: *Proc. of 21st Century concepts important to meat-animal evaluation, Madison, WI.* p. 49-53.
- Theil, H. 1966. *Applied economic forecasting.* North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 474 pp.

- Turlington, L.M. 1990. Live animal evaluation of swine and sheep using ultrasonics. M.Sc. Thesis, Kansas State Univ., Manhattan, KS.
- Williams, A.R. 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *J. Anim. Sci.* 80: E183-E188.
- Wilson, D.E. 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. *J. Anim. Sci.* 70: 973-983.
- Wood, J.D. et H.J.H. MacFie. 1980. The significance of breed in prediction of lamb carcass composition from fat thickness measurements. *Anim. Prod.* 31: 315-319.
- Young, M.J. et J.M. Deaker. 1994. Ultrasound measurements predict estimated adipose and muscle weights better than carcass measurements. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 54: 215-217.

CHAPITRE 4

DISCUSSION GÉNÉRALE

Malgré le fait que l'agneau québécois jouisse d'une réputation fortement enviable quant à sa qualité, une proportion appréciable des agneaux produits ici ne répond pas aux hauts standards fixés par les consommateurs. En 2004, selon les données de la Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec (FPAMQ), près de 40 % des agneaux lourds classifiés présentaient une épaisseur de gras de couverture (GR) trop élevée, soit supérieure à 14 mm. Depuis quelques années, les intervenants du secteur s'affairent à développer des outils qui permettraient à l'agneau québécois de mieux répondre aux besoins des consommateurs. La mise en place du système de classification des carcasses par la FPAMQ est un pas dans la bonne direction. La rémunération des producteurs en fonction de cette classification, par une grande proportion des agences de mise en marché, est un autre élément clé visant à promouvoir l'amélioration des carcasses.

Depuis 2000, les producteurs du Québec et de l'Ontario ont joint leurs efforts en évaluation génétique ovine à l'intérieur du programme GenOvis. Cette association a pour objectif d'augmenter la justesse des évaluations génétiques. Au Québec, la sélection des races terminales est orientée vers l'amélioration des performances de croissance. Il est toutefois devenu impératif d'inclure dans nos critères de sélection la qualité des carcasses produites. À cet effet, les appareils à ultrasons semblent les outils les mieux adaptés pour des mesures en bergerie. Les intervenants ontariens ont déjà implanté les mesures d'ultrasons à la ferme, ajoutant ainsi une dimension « qualité de la carcasse » à leur évaluation génétique. En effet, les généticiens du Centre for Genetic Improvement of Livestock (CGIL) de l'Université de Guelph, utilise maintenant un modèle statistique qu'ils ont développé pour calculer des ÉPD (écart prévus chez la descendance) pour les caractères d'épaisseurs de gras dorsal et de l'œil de longe. Les chercheurs du CGIL ont également élaboré un nouvel indice « terminal » qui regroupe l'information des ÉPD pour le poids à la naissance, à 50 j, le gain entre 50 et 100 j ainsi que les ÉPD pour les mesures aux ultrasons entre 80 et 120 j.

L'utilisation de cet indice permettrait d'optimiser la croissance tout en augmentant le contenu en viande maigre de la carcasse.

Avant de se lancer dans un tel programme de sélection à l'échelle provinciale, il importait d'établir l'efficacité réelle des mesures aux ultrasons pour prédire la composition des carcasses, dans le contexte de la production québécoise. La réalisation de ce projet a donc occasionné la prise de plusieurs milliers de mesures aux ultrasons et permis de mieux maîtriser la technique. Les résultats obtenus semblent prometteurs. En effet, il a été possible d'établir que, mesurées à l'aide des ultrasons avant l'abattage, les épaisseurs totales de tissus (GR) et de gras présentent un intérêt significatif dans la prédiction de la composition en gras et en muscle des carcasses chez l'agneau. La mesure de l'épaisseur du LD, pour sa part, ajouterait quelque peu à la précision des équations construites pour prédire la quantité de muscle.

Le but ultime des mesures par échographie est d'arriver à cibler les animaux qui ont le potentiel génétique pour produire des carcasses d'excellente qualité sans pour autant être obligé de les abattre. D'après nos résultats, il serait possible de percevoir les différences au niveau de la qualité des carcasses de jeunes sujets grâce aux mesures sur l'animal vivant. À partir des mesures des épaisseurs de gras dorsal, du GR et de l'œil de longe, des ÉPD pourraient donc être calculés afin de déterminer quels agneaux, mâles et femelles, sont les plus améliorateurs pour ces caractères de « qualité de carcasse ». Ainsi, la sélection pourrait être orientée vers la diminution de l'épaisseur de gras dorsal et, par le fait même, l'augmentation de l'épaisseur de l'œil de longe. Les animaux de génétique supérieure seraient alors choisis pour engendrer des agneaux dont la déposition de gras sera réduite, tout en tenant compte des aptitudes de croissance.

À la lumière des résultats obtenus dans cette étude, le Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ) a choisi d'aller de l'avant avec l'établissement d'un programme de mesure à la ferme, conjointement avec le CGIL et le Centre de développement du porc du Québec (CDPQ).

Présentement, le site de mesure utilisé au Québec est le même que celui de l'Ontario (12^e-13^e côtes, mesure transversale), ce qui permet d'analyser les données à l'intérieur de la banque de données du programme GenOvis développé par le CGIL. Toutefois, nos résultats ont permis de montrer que le GR, mesuré avec les ultrasons, serait une mesure très utile. La combinaison des mesures de gras dorsal et du GR ajouterait à la prédiction du gras et du muscle, en donnant une représentation plus globale de la carcasse. Les programmes de sélection génétique existants gagneraient donc à introduire cette mesure dans leurs évaluations. Par la même occasion, les mesures longitudinales pourraient être considérées en remplacement des mesures transversales actuellement utilisées.

Il semble que la quantité de persillage (gras intramusculaire), soit un paramètre primordial pour maintenir la tendreté et la jutosité de la viande. Chez le porc, la sélection intense pour réduire l'épaisseur de gras dorsal a occasionné un recul important au niveau des qualités sensorielles et organoleptiques de la viande, en raison d'une sélection indirecte pour la réduction du persillage de la viande. Pour redresser la situation, beaucoup de travail est maintenant effectué pour évaluer ce paramètre à l'aide des ultrasons (Newcom *et al.*, 2002¹³). Des études similaires sont également réalisées chez les bovins (Hassen *et al.*, 2003¹⁴). Une fois la technique perfectionnée, les sélectionneurs pourront donc effectuer une sélection en vue d'optimiser la déposition de gras à l'intérieur de la viande.

Dans l'optique de ne pas répéter les mêmes erreurs, des actions devraient être prises afin de maintenir la quantité de gras intramusculaire de la viande d'agneau, tout en améliorant la qualité des carcasses produites. En travaillant de la sorte, il nous sera possible de conserver nos acquis en terme de qualité de viande. Les mesures aux ultrasons pourraient évidemment être utilisées à cette fin. Cependant, des études sur le sujet seront nécessaires.

Enfin, étant donné les bonnes relations obtenues entre les mesures de gras dorsal, le GR et le niveau d'engraissement, ces mesures aux ultrasons pourraient également être utilisées pour suivre l'évolution des réserves corporelles des femelles d'élevage. Chez les porcins, cette pratique gagne en popularité et permet, par un meilleur contrôle de l'alimentation,

¹³ Newcom, D.W., T.J. Baas et J.F. Lampe. 2002. Prediction of intramuscular fat percentage in live swine using real-time ultrasound. *J. Anim. Sci.* 80: 3046-3052.

¹⁴ Hassen, A., D.E. Wilson et G.H. Rouse. 2003. Estimation of genetic parameters for ultrasound-predicted percentage of intramuscular fat in Angus cattle using random regression models. *J. Anim. Sci.* 81: 35-45.

d'améliorer la productivité des truies (Dourmad *et al.*, 2001¹⁵). Auprès des sujets à l'engraissement, ce suivi des réserves adipeuses et du développement musculaire pourrait également être fait pour déterminer, par exemple, le meilleur moment pour l'abattage (rendement vs qualité de la carcasse) (Williams, 2002¹⁶; Youssao *et al.*, 2002¹⁷).

Avec l'avènement du paiement des carcasses d'agneaux en fonction de leur qualité, l'utilisation des mesures aux ultrasons en sélection génétique devrait prendre de plus en plus d'expansion au cours des prochaines années. Des études visant à établir les réelles conséquences de cette sélection sur la qualité des carcasses produites par la progéniture de béliers améliorateurs, permettraient de donner de l'élan à cette technique.

De plus, les appareils à ultrasons sont en constante évolution. Avec le temps, ces machines deviendront encore plus portatives et précises tout en étant moins dispendieuses à l'achat. Leur application, en recherche et sur les fermes, devrait donc continuer de s'accroître.

¹⁵ Dourmad, J.Y., M. Etienne et J. Noblet. 2001. Mesurer l'épaisseur de lard dorsal des truies pour définir leurs programmes alimentaires. *Prod. Anim.* 14: 41-50.

¹⁶ Williams, A.R. 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *J. Anim. Sci.* 80: E183-E188.

¹⁷ Youssao, A.K.I., V. Verleyen et P.L. Leroy. 2002. Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. *Ann. Méd. Vét.* 146: 19-26.

Annexe A

SITES DE MESURE

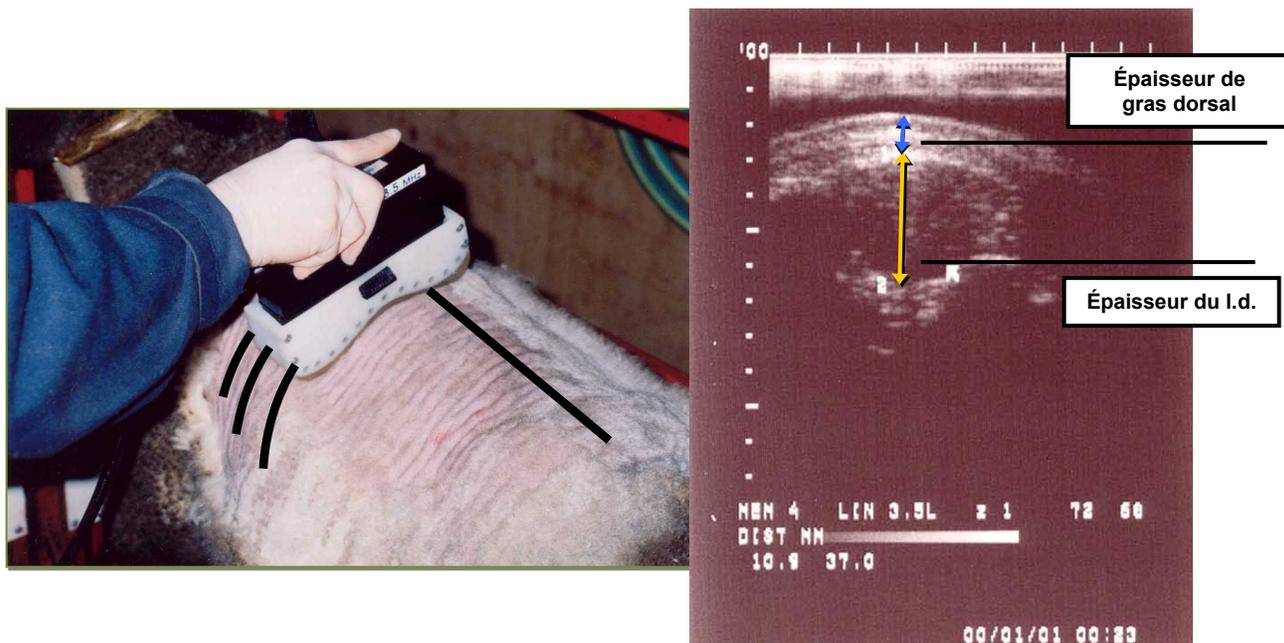


Figure A.1. Mesure transversale entre la 12^e et la 13^e côte, prise à l'aide d'un gel pad courbé

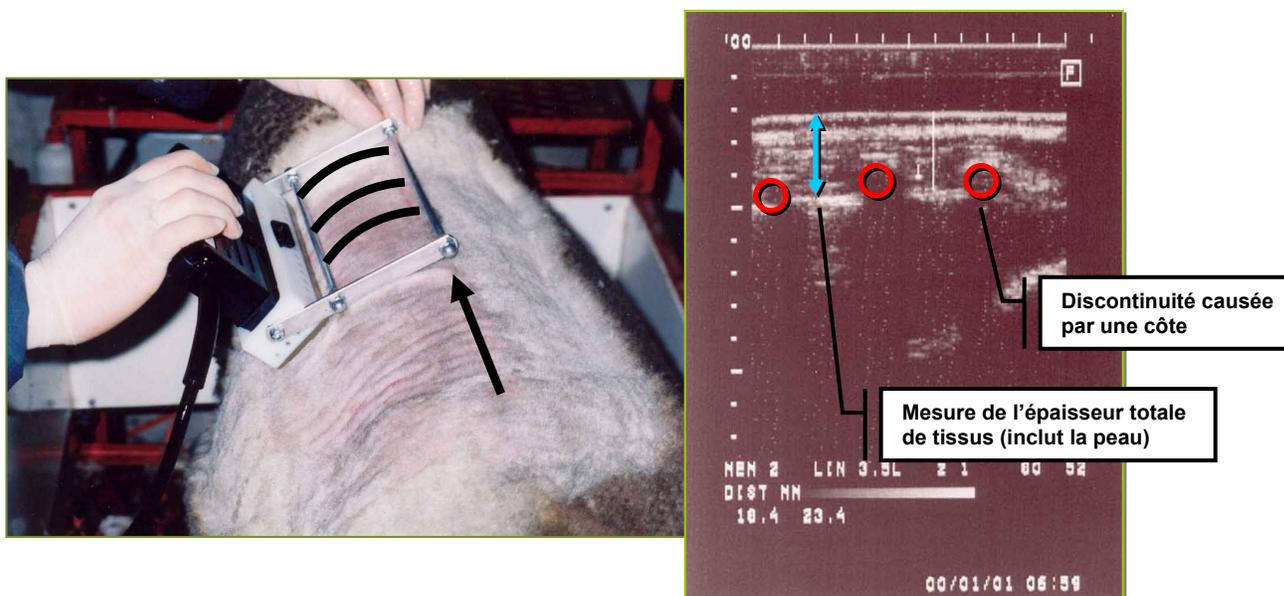


Figure A.2. Mesure du GR, entre la 11^e et la 12^e côte, à 11 cm de la médiane, prise à l'aide d'un gel pad plat muni d'un guide (11 cm)

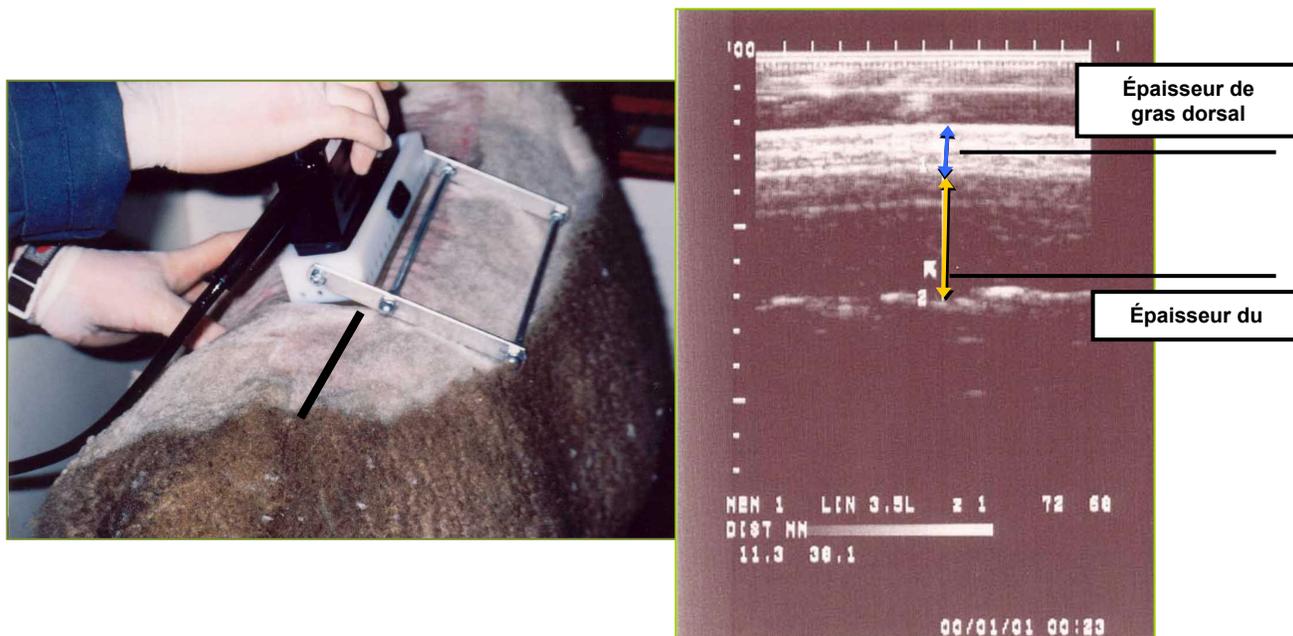


Figure A.3. Mesure longitudinale entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire prise à l'aide d'un gel pad plat muni d'un guide (4 cm)

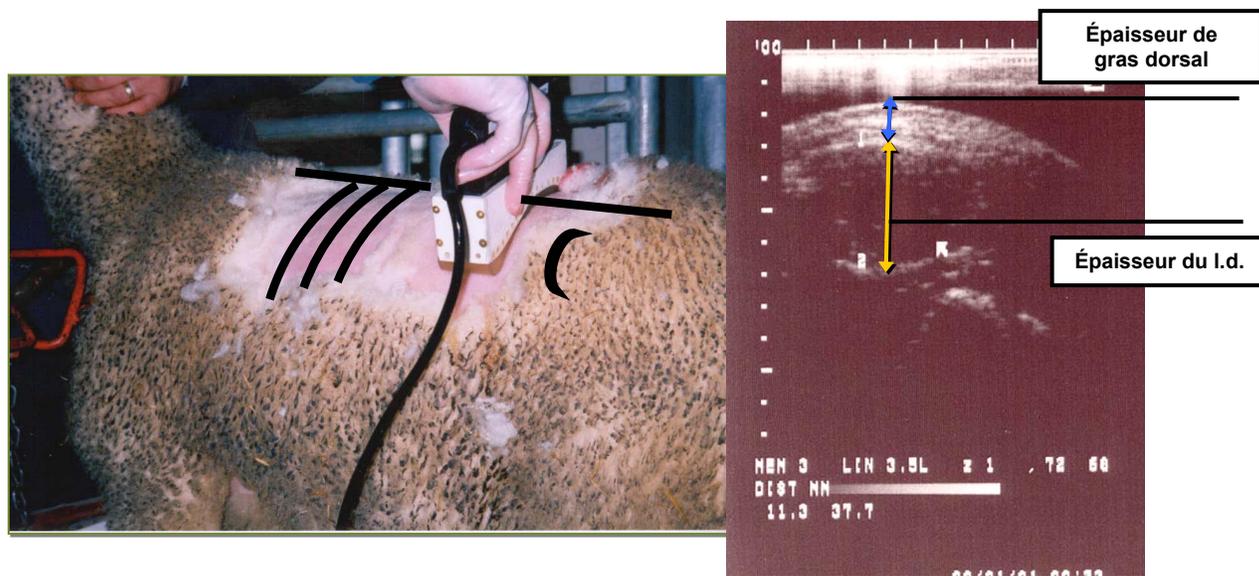


Figure A.4. Mesure transversale entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire prise à l'aide d'un gel pad courbé

Annexe B

PRÉCISION DES ULTRASONS (GRAPHIQUES)

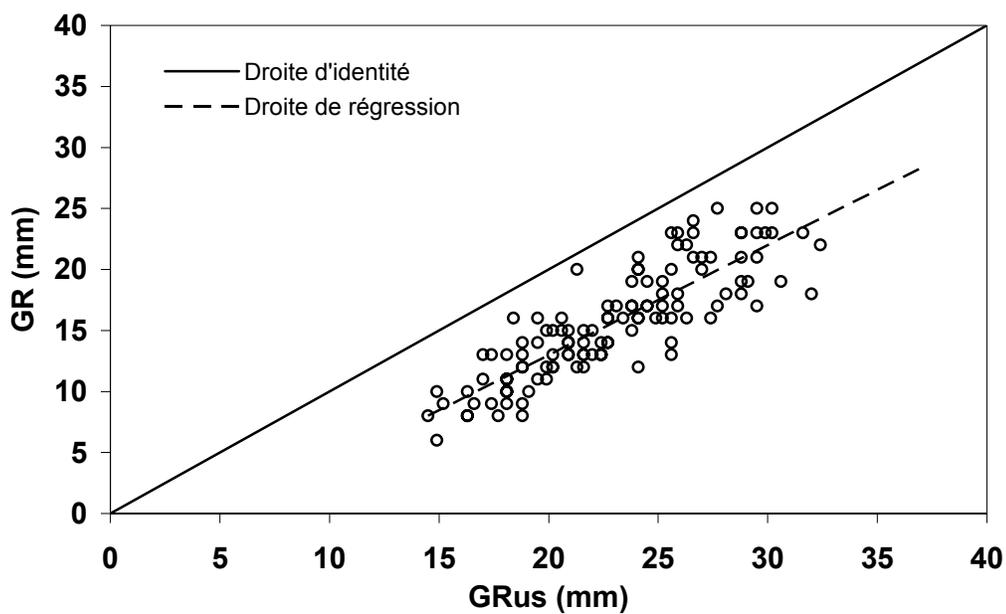


Figure B.1. Relation entre le GR (carcasse) et le GR évalué à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (GRus)

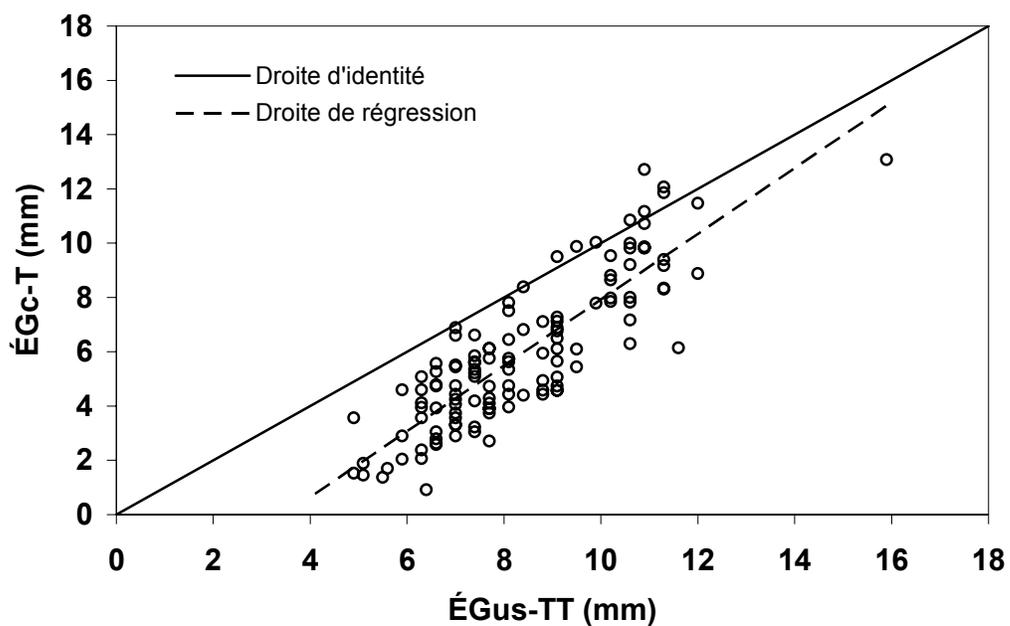


Figure B.2. Relation entre l'épaisseur de gras entre la 12^e et la 13^e côte de la carcasse ($\acute{E}Gc-T$) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage ($\acute{E}Gus-TT$)

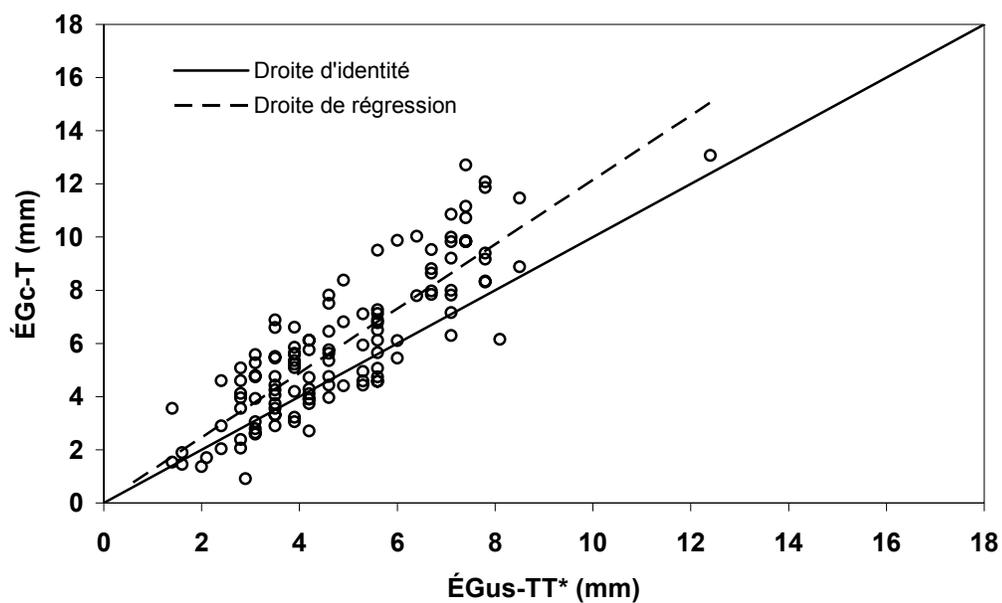


Figure B.3. Relation entre l'épaisseur de gras entre la 12^e et la 13^e côte de la carcasse ($\acute{E}Gc-T$) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage ($\acute{E}Gus-TT^*$, corrigé pour soustraire l'épaisseur de la peau)

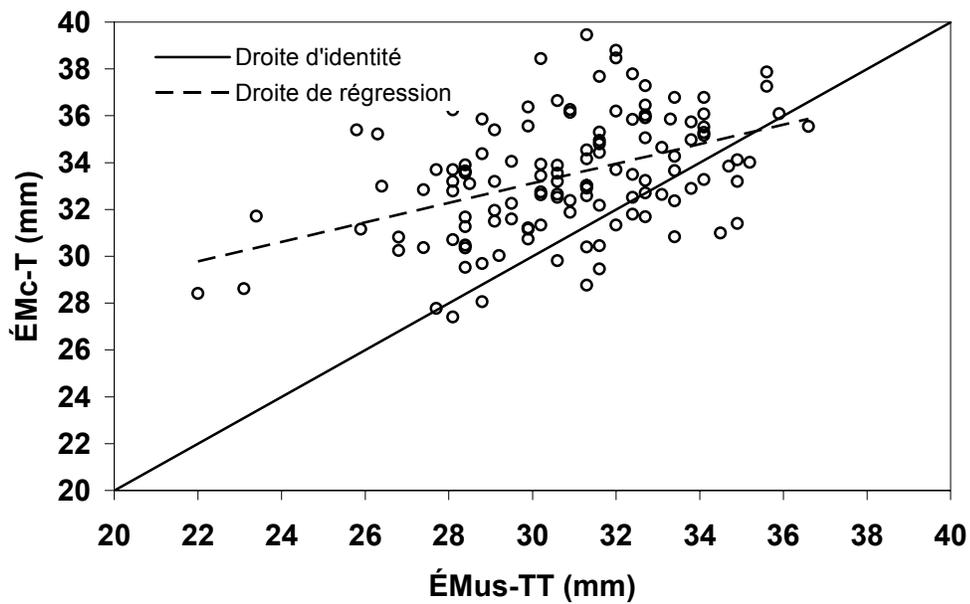


Figure B.4. Relation entre l'épaisseur du LD entre la 12^e et la 13^e côte de la carcasse (ÉMc-T) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉMus-TT)

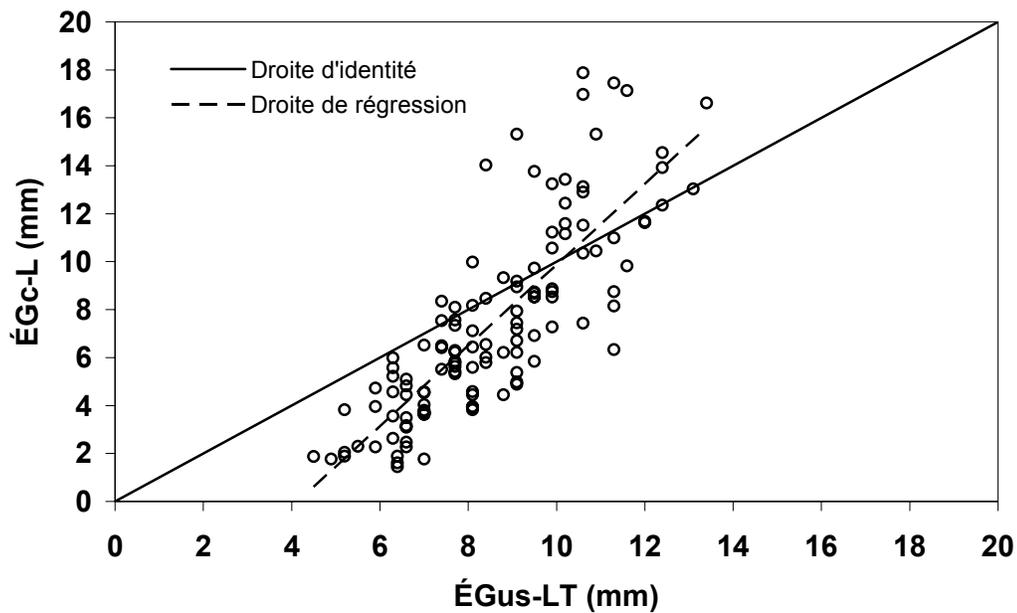


Figure B.5. Relation entre l'épaisseur de gras entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉGc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉGus-LT)

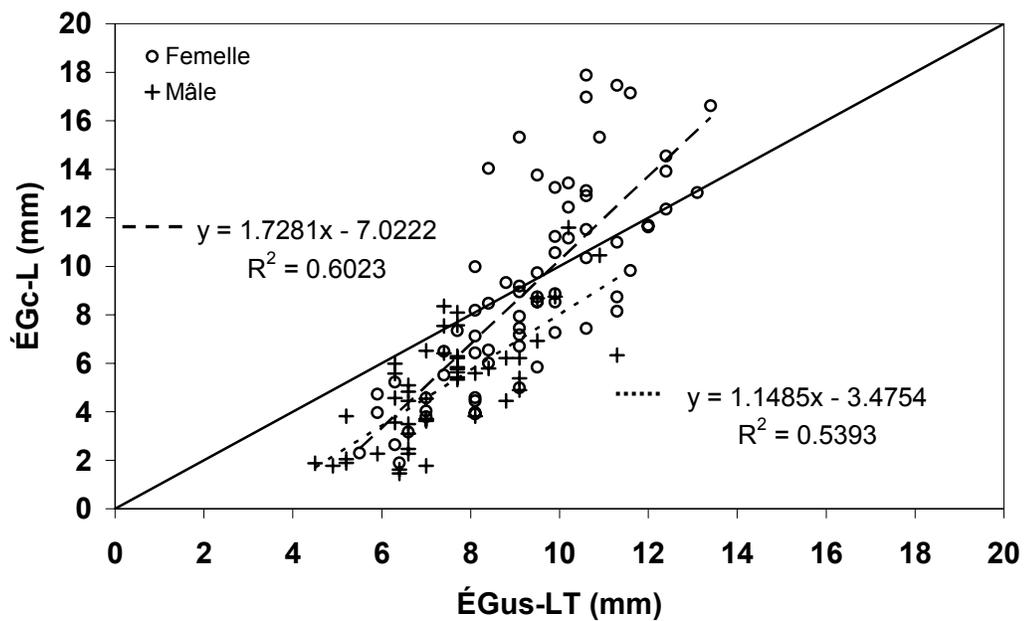


Figure B.6. Relation, en fonction du sexe, entre l'épaisseur de gras entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉGc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉGus-LT)

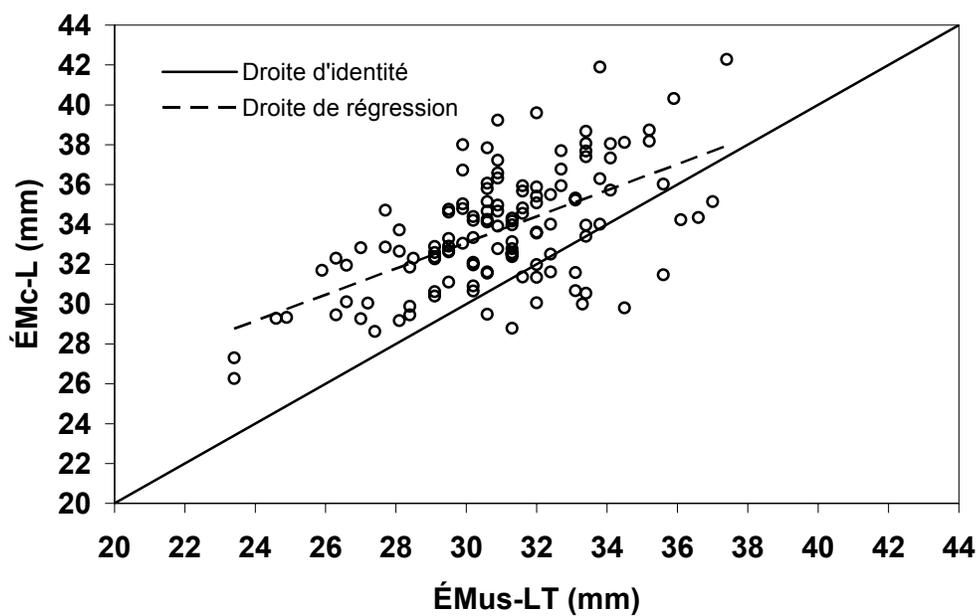


Figure B.7. Relation entre l'épaisseur de muscle entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉMc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉMus-LT)

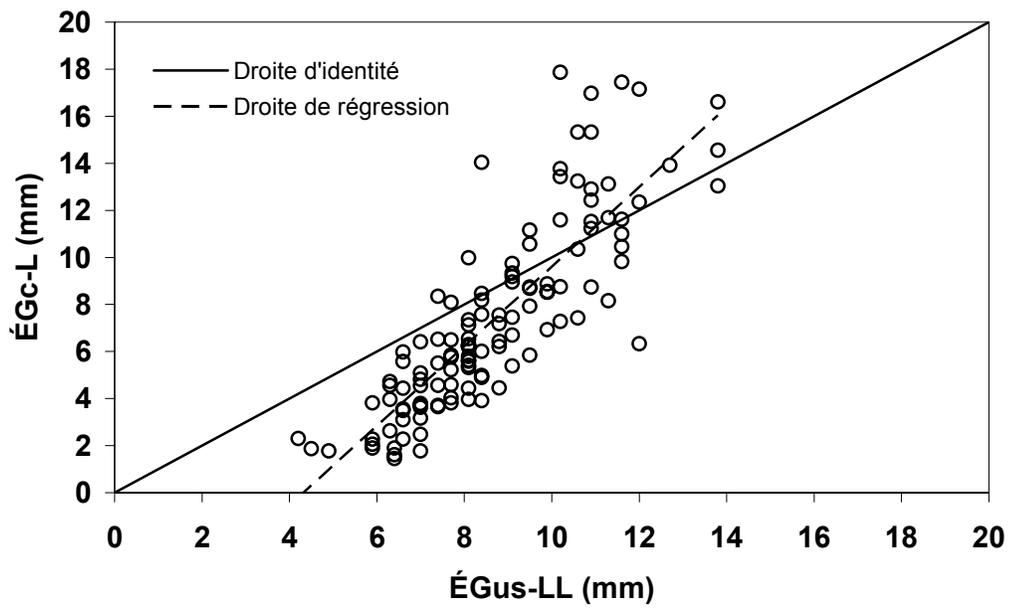


Figure B.8. Relation entre l'épaisseur de gras entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉGc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉGus-LL)

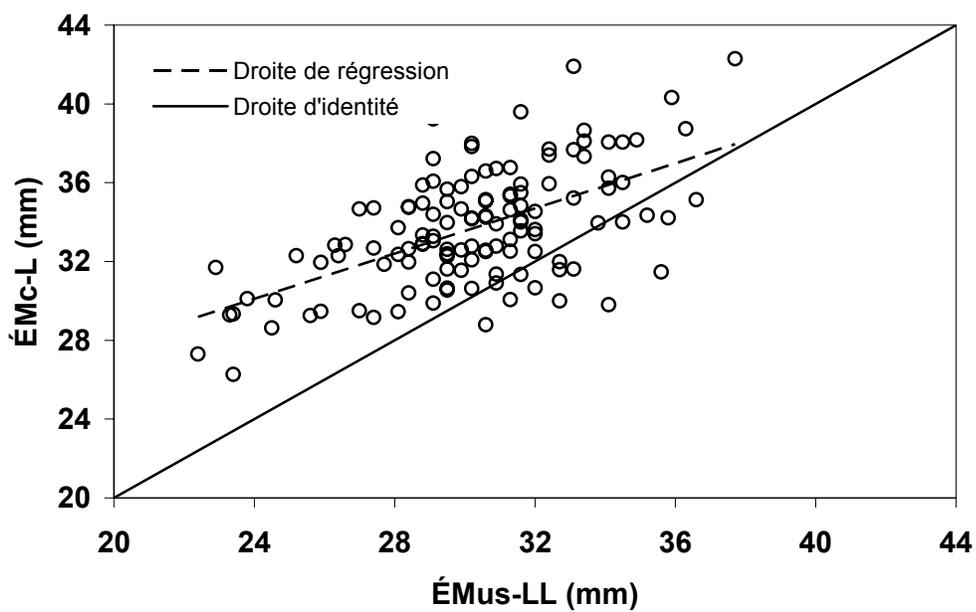


Figure B.9. Relation entre l'épaisseur du LD entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉMc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉMus-LL)

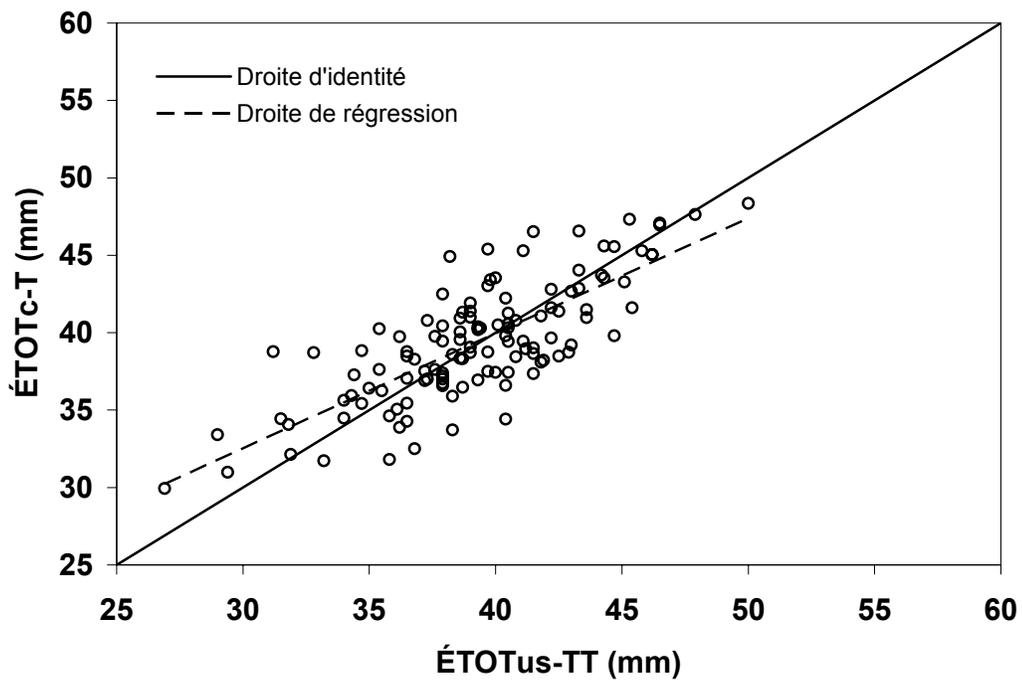


Figure B.10. Relation entre l'épaisseur totale entre la 12^e et la 13^e côte de la carcasse (ÉTOTc-T) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉTOTus-TT)

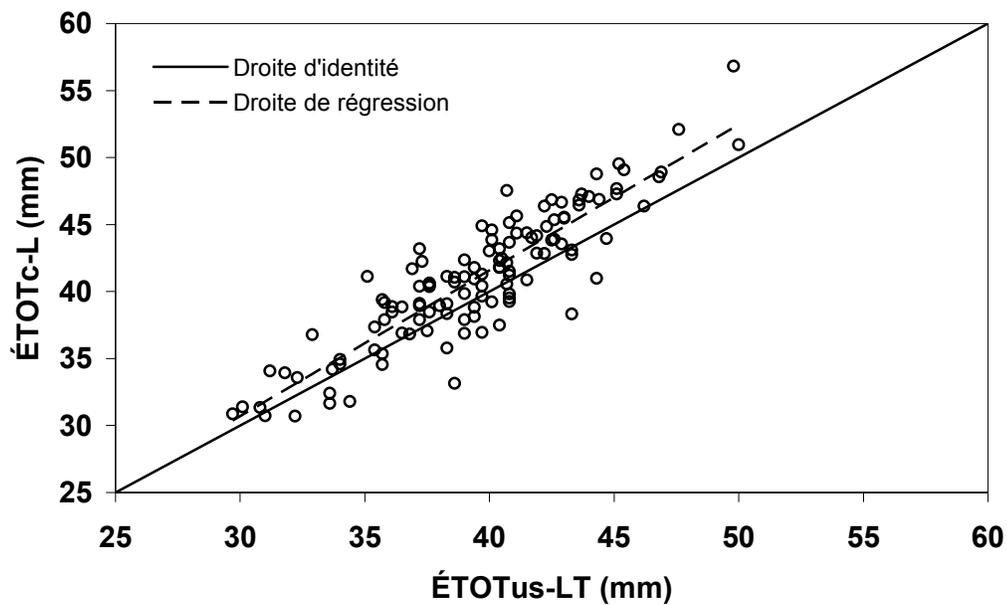


Figure B.11. Relation entre l'épaisseur totale entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉTOTc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉTOTus-LT)

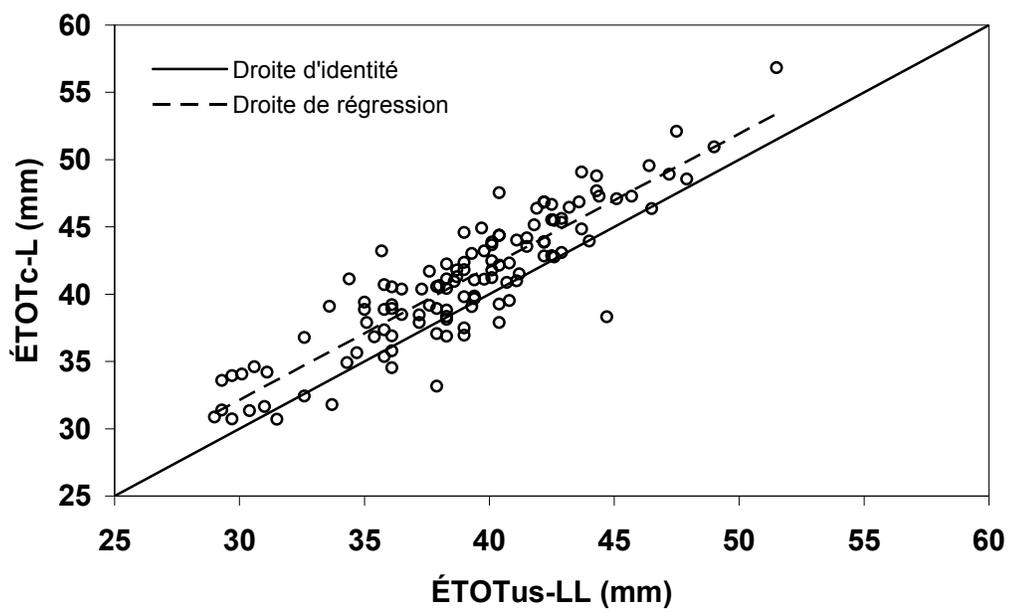


Figure B.12. Relation entre l'épaisseur totale entre la 3^e et la 4^e vertèbre lombaire de la carcasse (ÉTOTc-L) et la même mesure évaluée à l'aide des ultrasons sur l'agneau vivant avant l'abattage (ÉTOTus-LL)

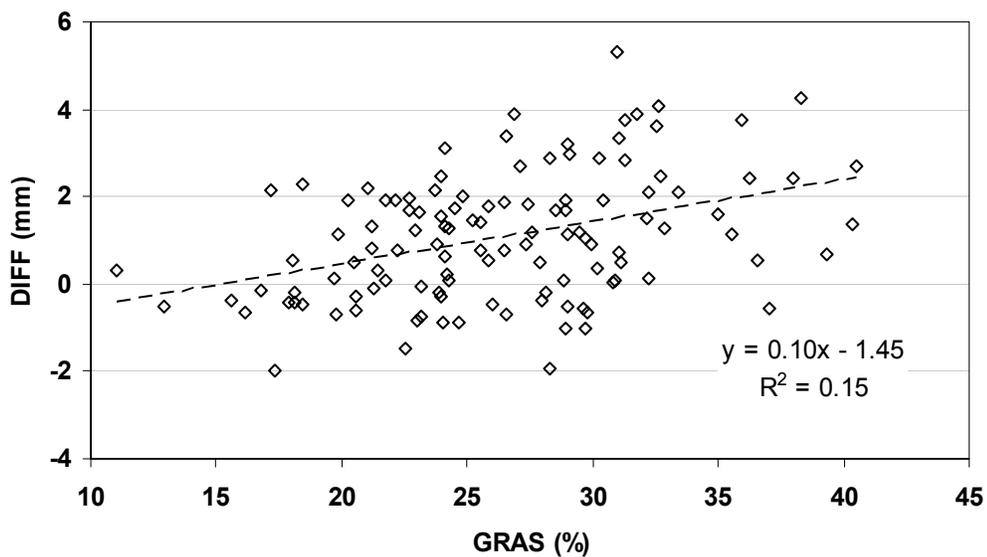


Figure B.13. Biais des mesures au niveau des 12°-13° côtes [ÉGc-T – (ÉGus-TT – 3,5)] en fonction du pourcentage de gras de la carcasse

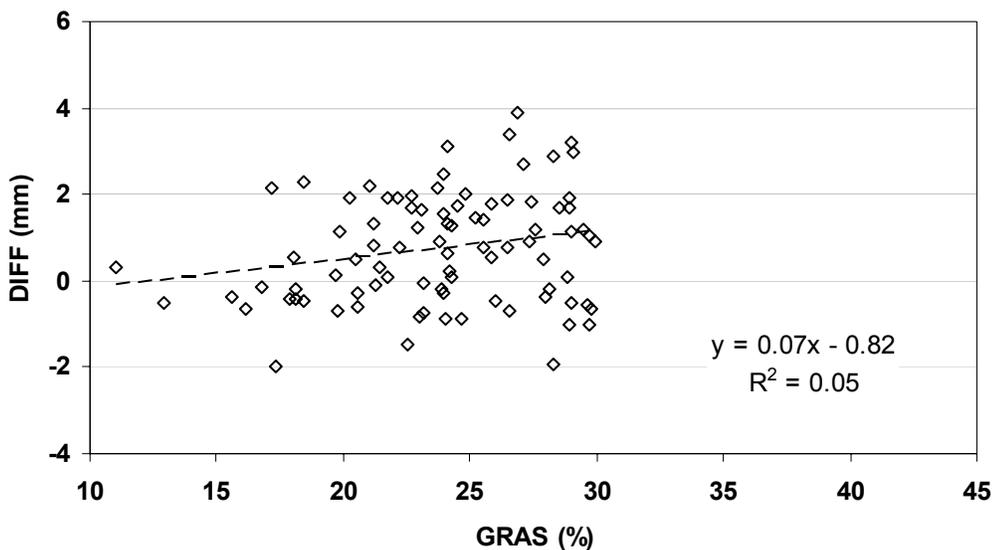


Figure B.14. Biais des mesures au niveau des 12°-13° côtes [ÉGc-T – (ÉGus-TT – 3,5)] en fonction du pourcentage de gras de la carcasse (< 30 %)

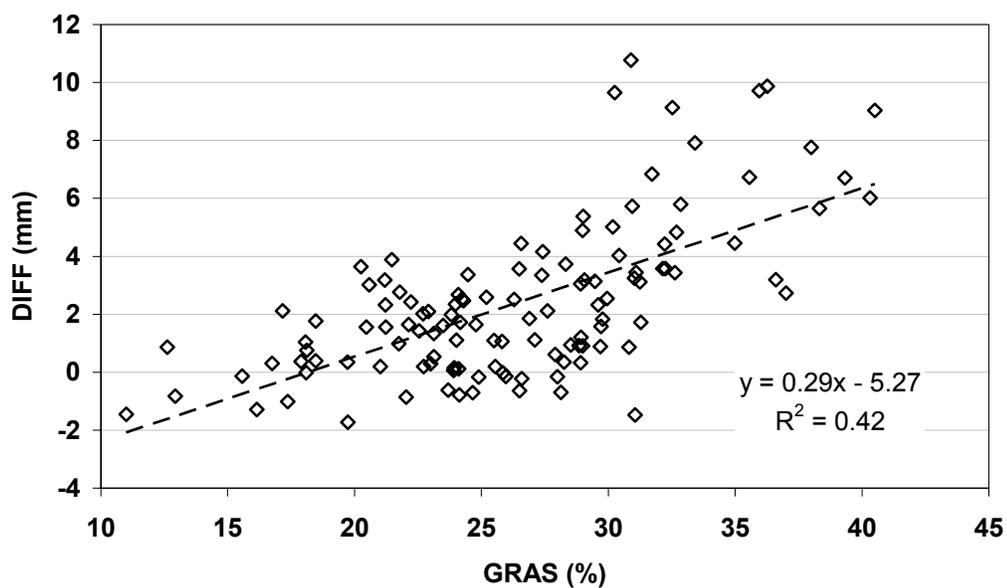


Figure B.15. Biais des mesures au niveau de la 3^e-4^e lombaire [ÉGc-L – (ÉGus-LT – 3,5)] en fonction du pourcentage de gras de la carcasse

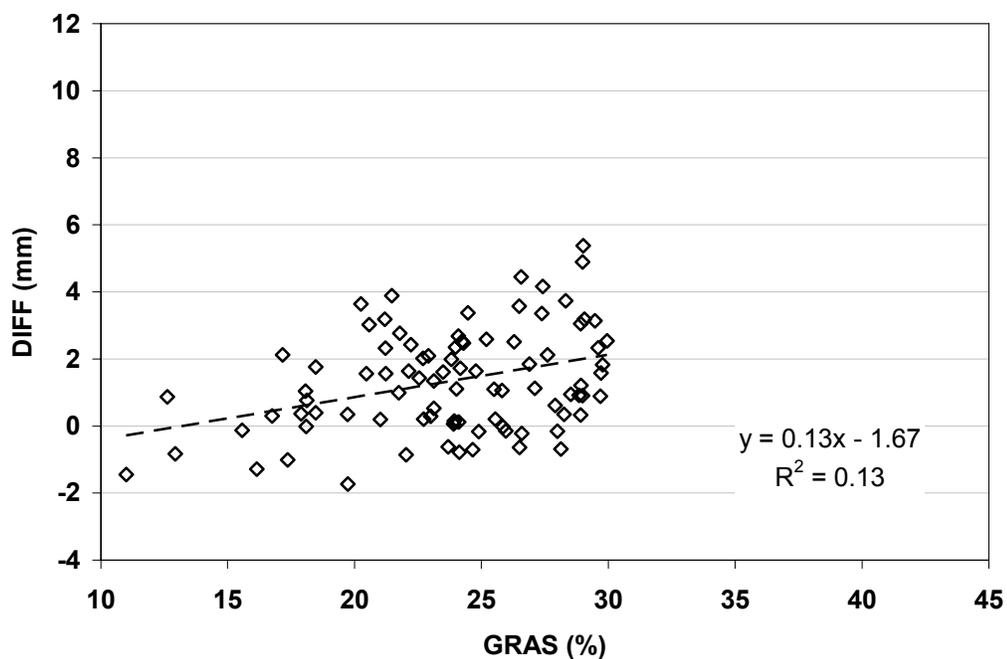


Figure B.16. Biais des mesures au niveau de la 3^e-4^e lombaire [ÉGc-L – (ÉGus-LT – 3,5)] en fonction du pourcentage de gras de la carcasse (< 30 %)

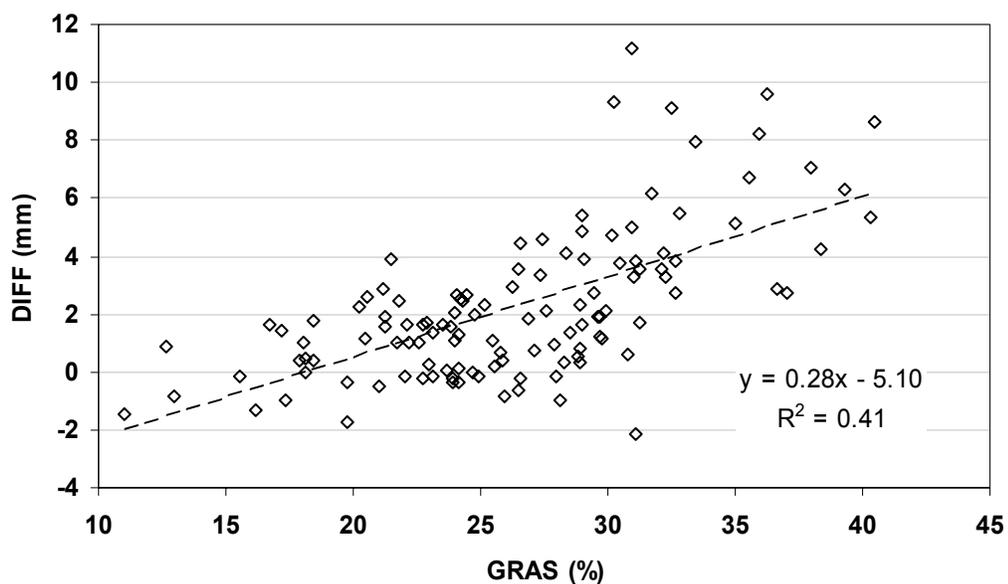


Figure B.17. Biais des mesures au niveau de la 3^e-4^e lombaire [ÉGc-L – (ÉGus-LL – 3,5)] en fonction du pourcentage de gras de la carcasse

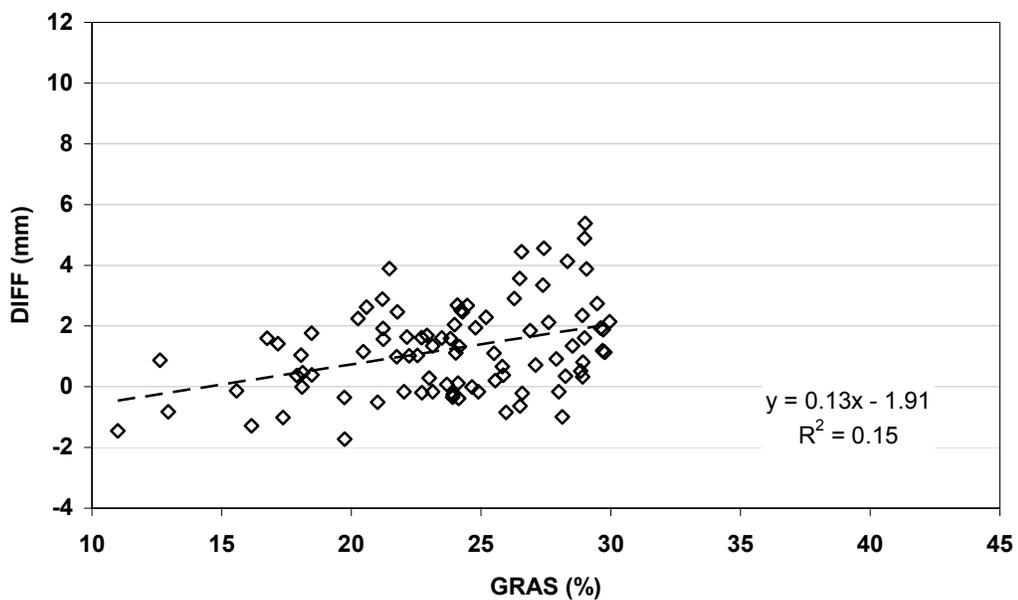


Figure B.18. Biais des mesures au niveau de la 3^e-4^e lombaire [ÉGc-L – (ÉGus-LL – 3,5)] en fonction du pourcentage de gras de la carcasse (< 30 %)

Annexe C

ESTIMATION DE LA COMPOSITION (GRAPHIQUES)

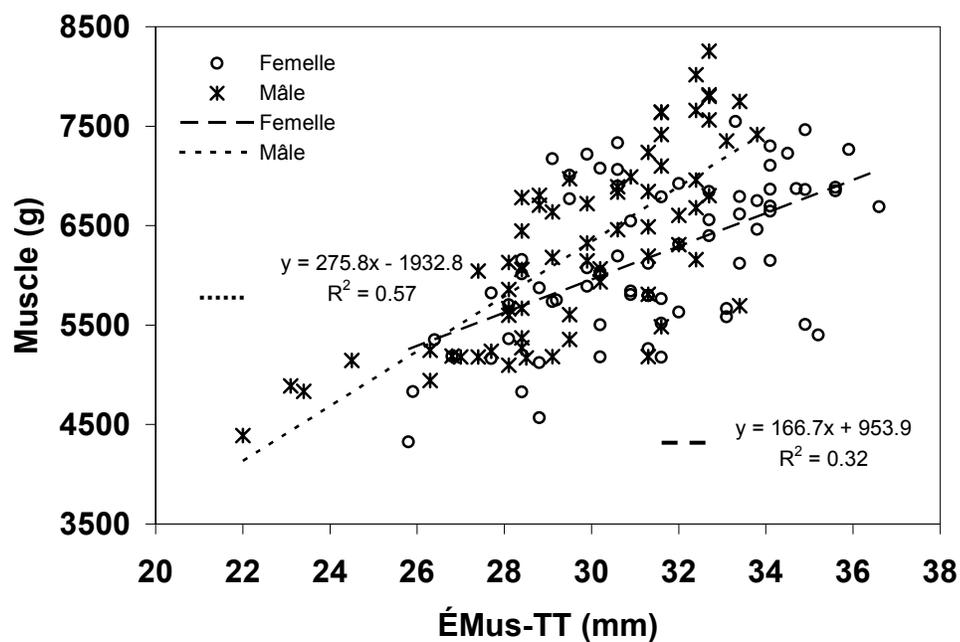


Figure C.1. Effet du sexe sur la relation entre l'épaisseur du LD US entre les 12^e-13^e côtes (ÉMus-TT), à l'abattage, et la quantité de maigre

Annexe D

AUTRES RÉSULTATS

Tableau D.1. Coefficients de corrélation partielle, corrigée pour le poids d'abattage, entre les mesures aux ultrasons et les mesures effectuées sur la carcasse (n = 100)

Variables	GRus	ÉGus-TT	ÉGus-LT	ÉGus-LL	ÉMus-TT	ÉMus-LT	ÉMus-LL	GR	ÉGc-T	ÉGc-L	ÉMc-T	ÉMc-L	SMc-T	SMc-L
GRus	1,00	0,68***	0,71***	0,73***	0,47***	0,44***	0,55***	0,81***	0,68***	0,64***	-0,02	-0,03	0,03	-0,05
ÉGus-TT		1,00	0,88***	0,90***	0,25*	0,13	0,20*	0,75***	0,78***	0,77***	-0,15	-0,30**	-0,24*	-0,39***
ÉGus-LT			1,00	0,97***	0,25*	0,15	0,24*	0,74***	0,73***	0,74***	-0,15	-0,25*	-0,15	-0,29**
ÉGus-LL				1,00	0,24*	0,13	0,22*	0,78***	0,77***	0,77***	-0,15	-0,28**	-0,15	-0,34***
ÉMus-TT					1,00	0,71***	0,69***	0,39***	0,33***	0,29**	0,32**	0,35***	0,39***	0,36***
ÉMus-LT						1,00	0,90***	0,36***	0,18	0,25*	0,29**	0,42***	0,45***	0,46***
ÉMus-LL							1,00	0,45***	0,26**	0,29**	0,30**	0,41***	0,44***	0,47***
GR								1,00	0,75***	0,74***	-0,05	-0,16	-0,03	-0,15
ÉGc-T									1,00	0,77***	-0,19	-0,29**	-0,17	-0,29**
ÉGc-L										1,00	-0,14	-0,44***	-0,19	-0,36***
ÉMc-T											1,00	0,31	0,72***	0,45***
ÉMc-L												1,00	0,51***	0,78***
SMc-T													1,00	0,68***
SMc-L														1,00

* P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001

Tableau D.2. Coefficients de corrélation partielle, corrigée pour le poids d'abattage, entre les mesures in vivo ainsi que celles effectuées sur la carcasse et la composition des carcasses (n = 96)

Variables	Gras ¹ (g)	Muscle (g)	Os (g)	Gras (%)	Muscle (%)	Os (%)	RVV	RVM
Informations générales								
Âge à l'abattage	0,62***	-0,01	-0,63***	0,58***	-0,38***	-0,69***	-0,53***	-0,61***
Poids d'abattage (à jeun)								
Poids vif	-0,17	-0,05	0,34***	-0,15	0,03	0,29**	0,15	0,21
Mesures à ultrason								
GRus	0,77***	-0,08	-0,69***	0,74***	-0,54***	-0,81***	-0,78***	-0,82***
ÉGus-TT	0,76***	-0,38***	-0,55***	0,75***	-0,69***	-0,62***	-0,74***	-0,76***
ÉGus-LT	0,71***	-0,23*	-0,53***	0,70***	-0,60***	-0,64***	-0,74***	-0,76***
ÉGus-LL	0,75***	-0,26*	-0,58***	0,73***	-0,62***	-0,68***	-0,77***	-0,79***
ÉMus-TT	0,34***	0,18	-0,28**	0,30**	-0,16	-0,43***	-0,37***	-0,41***
ÉMus-LT	0,23*	0,26*	-0,25*	0,20	-0,05	-0,38***	-0,34***	-0,38***
ÉMus-LL	0,32**	0,28**	-0,37***	0,28**	-0,08	-0,51***	-0,42***	-0,48***
Mesures sur la carcasse								
Poids carcasse chaude	0,65***	0,26*	-0,42***	0,56***	-0,37***	-0,67***	-0,55***	-0,61***
GR	0,85***	-0,30**	-0,71***	0,83***	-0,68***	-0,80***	-0,99***	-1,00***
Cote de conformation moy.	0,65***	-0,09	-0,61***	0,60***	-0,44***	-0,67***	-0,54***	-0,68***
ÉGc-T	0,71***	-0,27**	-0,62***	0,70***	-0,58***	-0,67***	-0,75***	-0,78***
ÉGc-L	0,77***	-0,35***	-0,50***	0,74***	-0,68***	-0,59***	-0,73***	-0,77***
ÉMc-T	-0,15	0,31**	0,03	-0,18	0,25*	0,00	0,05	0,04
ÉMc-L	-0,23*	0,45***	0,05	-0,24*	0,35***	-0,02	0,17	0,16
SMc-T	-0,18	0,53***	-0,02	-0,23*	0,38***	-0,09	0,04	0,02
SMc-L	-0,31**	0,61***	0,04	-0,35***	0,50***	-0,01	0,17	0,15
Longueur de la carcasse	-0,27**	-0,11	0,54***	-0,27**	0,06	0,52***	0,28	0,34***

¹ Le gras ainsi que les pourcentages des différents tissus tiennent compte du gras périrénal

* P < 0,05; P < 0,01; P < 0,001