

JULIE MERCIER

**UTILISATION DE L'ABSORPTIOMÉTRIE AUX RAYONS X À DOUBLE
INTENSITÉ POUR L'ESTIMATION DE LA COMPOSITION DES CARCASSES
D'AGNEAUX**

Mémoire
présenté
à la Faculté des études supérieures
de l'Université Laval
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

JANVIER 2004

RÉSUMÉ

L'objectif de ce projet était d'évaluer la capacité de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) à prédire la composition d'une carcasse d'agneau. Cent quarante quatre demi-carcasses provenant d'agneaux de races Suffolk et Dorset, des deux sexes et réparties entre quatre strates de poids différentes ont été utilisées. Les poids du gras, du muscle et des os obtenus par dissection ont été comparés avec les données issues de la technique DXA et ce, pour la demi-carcasse entière ainsi que pour l'épaule, la longe, le gigot et le flanc. Le coefficient de détermination (R^2) de la prédiction du poids total de la demi-carcasse ($11\ 071 \pm 1683$ g) était de 0,996 et l'écart-type résiduel (ETR) de 103,7 g en utilisant comme variable prédictive le poids total déterminé par le DXA. Pour les pièces primaires, le poids total est aussi bien prédit par le DXA ($R^2 > 0,955$). La prédiction du poids des muscles est également très bonne pour la demi-carcasse et pour l'épaule, la longe et le gigot ($R^2 > 0,826$). La prédiction de la quantité de gras est plutôt moyenne (R^2 entre 0,580 et 0,780). C'est dans la prédiction du poids des os que le DXA est le moins efficace (R^2 entre 0,136 et 0,696). Globalement, la technique DXA s'avère très précise pour prédire le poids total et le poids des muscles de la demi-carcasse d'agneaux et des pièces primaires.

Julie Mercier
Étudiante au 2^e cycle

François Castonguay
Directeur de recherche

Candido Pomar
Co-Directeur de recherche

AVANT-PROPOS

Je tiens à remercier mon directeur de recherche, François Castonguay, pour sa confiance, son soutien et ses conseils du début à la fin de mon projet. Ce fut un plaisir de travailler avec lui. Je désire aussi remercier mon co-directeur, Candido Pomar, pour sa précieuse collaboration. Il est important de signaler l'implication de Marcel Marcoux et Normande Ouellette qui m'ont si bien encadrée lors du déroulement de la phase expérimentale du projet. Je souhaite remercier sincèrement Francis Goulet pour la mise sur pied du protocole et son exécution sur le terrain. Mireille Thériault et Marie-Noëlle Vallée ont aussi été d'une aide précieuse durant la phase de croissance des agneaux et pour la transmission des données. Des remerciements s'adressent aussi aux bouchers qui ont travaillé sur le volet dissection et aux neuf producteurs qui ont fourni les animaux utilisés dans le cadre du projet.

Je dois souligner également l'implication du Centre de recherche sur le bovin laitier et le porc de Lennoxville pour le prêt des équipements nécessaires à la réalisation de mon projet ainsi qu'à tous ses employés qui y ont collaboré. Un merci particulier à Mélanie Turcotte pour son aide précieuse. Je remercie également le Fonds pour la Formation des Chercheurs et l'Aide à la Recherche (FCAR) de m'avoir attribué une bourse de maîtrise. Des remerciements particuliers aussi au CORPAQ qui a financé le projet. Il est important de souligner également les contributions d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, du MAPAQ, de la Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec, de la Société des éleveurs de moutons de race pure du Québec, de M. Giovanni Lebel de la Station d'évaluation des agneaux commerciaux de St-Jean-de-Dieu, de la Coopérative fédérée de Québec et de la compagnie Intervet.

Enfin, je me dois d'adresser un immense merci à mes parents, Diane et Jacques, et à mon copain Dominic qui m'ont soutenu moralement tout au long de mon expérience.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	II
AVANT-PROPOS	III
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES	VIII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	9
CHAPITRE 2 REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS.....	11
2.1 Introduction.....	11
2.2 Facteurs influençant la croissance et la composition de la carcasse	12
2.2.1 La race.....	12
2.2.2 Le sexe	24
2.2.3 L'âge et le poids à l'abattage	28
2.3 Utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X.....	32
2.3.1 Description de la technique.....	32
2.3.2 Validation de la technique	35
2.3.3 Facteurs de variation	44
2.4 Conclusion et objectifs de l'étude	49
2.5 Liste des ouvrages cités	51
CHAPITRE 3 UTILISATION DE L'ABSORPTIOMÉTRIE AUX RAYONS X À DOUBLE INTENSITÉ POUR L'ESTIMATION DE LA COMPOSITION DES CARCASSES D'AGNEAUX	58
3.1 Résumé.....	58
3.2 Introduction.....	59
3.3 Matériel et méthodes	61
3.3.1 Échantillonnage des animaux et conditions d'élevage.....	61

3.3.2	Abattage	62
3.3.3	Découpes et mesures par absorptiométrie	62
3.3.4	Analyses statistiques	63
3.4	Résultats et discussion	65
3.4.1	Statistiques descriptives	65
3.4.2	Prédiction du poids de la carcasse et des tissus disséqués à partir des variables DXA	70
3.4.2.1	Poids de la carcasse.....	71
3.4.2.2	Poids du gras	76
3.4.2.3	Poids du muscle.....	79
3.4.2.4	Poids des os	82
3.5	Conclusion	84
3.6	Liste des ouvrages cités	86
CHAPITRE 4 DISCUSSION GÉNÉRALE		91
ANNEXE A PROCÉDURE DE DÉCOUPE.....		94
	Liste des ouvrages cités.....	105
ANNEXE B TABLEAUX COMPLÉMENTAIRES DE RÉSULTATS.....		106

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1	Équations de prédiction de la composition tissulaire par DXA.....	48
Tableau 3.1	Poids total et des muscles, du gras et des os disséqués des demi-carcasse et des coupes primaires	67
Tableau 3.2	Composition de la demi-carcasse et des coupes primaires ainsi que la valeur R obtenus par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA)	68
Tableau 3.3	Qualité de la prédiction des poids de tissus disséqués basée sur les variables obtenues par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA)	73

LISTE DES FIGURES

- Figure 3.1 Poids total des demi-carcasses d'agneaux mesuré avec une balance en fonction du poids estimé par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA)..... 72
- Figure 3.2 Relation entre le pourcentage de gras de la demi-carcasse d'agneaux estimé par DXA (•) ou mesuré par la dissection (o) et la valeur R (ratio des coefficients d'atténuation des tissus mous) obtenu par absorptiométrie aux rayons X à double intensité..... 77

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

La production ovine québécoise connaît un essor considérable depuis quelques années. Selon une étude du Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, de 1996 à 2002 seulement, le nombre d'agneaux abattus par année est passé de 73 700 à 121 000, ce qui correspond à une augmentation de 64 %. Durant la même période, les recettes monétaires du secteur ovin sont passées de 8,4 millions de dollars à 23,3 millions de dollars, soit une augmentation de 179 % (MAPAQ, 2003) !

L'agneau du Québec jouit d'une excellente réputation et sa consommation est en augmentation. On peut expliquer cette tendance par l'intérêt grandissant pour les produits du terroir et le désir des consommateurs de se procurer des produits de qualité. Ces derniers sont prêts à payer davantage pour s'assurer d'obtenir ce qu'ils désirent. En outre, la diversification de l'alimentation et les « scandales » ayant touchés les productions bovine et porcine (dioxine, fièvre aphteuse, maladie de la vache folle) ont contribué à l'augmentation des parts du marché de la viande d'agneau (MAPAQ, 2003).

Pour soutenir la croissance de la production, il faut impérativement fournir un agneau de qualité. La notion de qualité regroupe plusieurs éléments. Parmi ceux-ci, la qualité nutritionnelle est de première importance. En effet, on remarque une préoccupation croissante des consommateurs face à la consommation du gras et son lien avec le risque de maladies coronariennes. Les producteurs ovins doivent donc essayer de diminuer la quantité de gras des carcasses d'agneaux. La classification obligatoire et l'instauration prochaine d'un système de paiement des carcasses en fonction de la qualité rendront ce paramètre fondamental dans la

rentabilité des entreprises ovines. Mais avant de parler d'amélioration de la qualité des carcasses, il faut être capable de l'évaluer correctement et de mesurer son évolution. Pour ce faire, la recherche est l'outil à privilégier. Cependant, la majorité des études qui ont évalué la qualité de la carcasse ont utilisé la dissection comme méthode de référence. Cette méthode s'avère efficace, mais sous-entend de longues heures de travail et des coûts très élevés. Elle possède également un désavantage au niveau de la précision, car il peut y avoir une variation importante due à l'opérateur. Une alternative intéressante à cette méthode est l'utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA). Cette technologie permet de déterminer la teneur en gras, en muscle et en os de l'élément balayé avec le DXA. L'utilisation du DXA a été validée chez l'humain (Mazess et al., 1990), le poulet (Mitchell et al., 1997) et le porc (Mitchell et al., 1996a, 1996b, 1998 ; Marcoux et al., 2003). Pour ce qui est de l'agneau, des études sont disponibles, mais les génotypes d'agneaux avec lesquels la technique DXA a été validée ne sont pas représentatifs des races que l'on retrouve au Québec. L'objectif premier de ce projet était donc d'évaluer la capacité de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité à prédire la composition des carcasses provenant d'agneaux de races commerciales utilisées au Québec. De plus, les agneaux ont été abattus à quatre poids d'abattage différents représentatifs des poids d'abattage commerciaux que l'on retrouve au Québec. Des races paternelle (Suffolk) et maternelle (Dorset) ont également été comparées puisqu'elles sont largement utilisées au Québec et qu'elles présentent des différences dans leur composition assez grande pour être en mesure d'évaluer si la précision du DXA varie avec la composition des carcasses.

CHAPITRE 2

REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

2.1 Introduction

Le but premier de la production ovine est l'approvisionnement du marché en viande d'agneau. Néanmoins, il ne suffit pas de mettre en marché de l'agneau, il faut également offrir un produit de qualité, répondant aux besoins des transformateurs et des consommateurs. Malheureusement, le terme « qualité de carcasse » est très large et il inclut plusieurs éléments relatifs à la perception de la valeur d'une carcasse par l'acheteur potentiel. La couleur, le poids, la quantité de gras, la conformation, l'odeur, la propreté et l'absence d'imperfection (pétéchies, ecchymoses, abcès) peuvent être regroupés sous le terme « qualité de carcasse ». La notion de qualité dépend aussi de la perception de l'acheteur. En effet, le transformateur évaluera différemment la qualité par rapport au consommateur au détail ou au restaurateur. Avec l'implantation de la classification et du paiement sur la qualité, il devient impératif d'étudier les facteurs qui agissent sur la qualité et de se donner des outils pour obtenir une évaluation juste et objective de la qualité des carcasses. Pour faciliter la description de la qualité de carcasse, on peut regrouper les facteurs d'influence en deux catégories principales :

1. Facteurs inhérents à l'animal ;
2. Facteurs déterminés par la manipulation ou le traitement de l'animal et/ou de la carcasse.

La recherche en sciences animales peut contribuer à l'amélioration de la qualité de la carcasse par le type d'alimentation, la régie des animaux, la génétique, etc.

Le projet portant sur l'«Utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) pour la prédiction de la composition des carcasses d'agneau» entre dans ce mouvement d'amélioration de la qualité de carcasse. Dans un premier temps, nous avons consulté la littérature scientifique afin d'identifier les facteurs qui influencent la qualité qui ont déjà été étudiés, de même que les méthodes d'évaluation de cette qualité. Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi d'étudier les effets de la race, du sexe et du poids d'abattage sur la croissance et la composition de la carcasse. Également, l'utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) dans l'évaluation de la composition de la carcasse sera abordée, de même que l'impact des facteurs race, sexe et poids d'abattage sur la fiabilité de la prédiction par cette technique. Cette dernière s'avère une alternative intéressante à la méthode de dissection traditionnellement utilisée dans les études touchant la qualité de la carcasse. La dissection est laborieuse (quatre à cinq heures de travail par demi-carcasse d'agneau). De plus, elle est soumise à plusieurs sources de variation concernant l'opérateur (dextérité, degré de fatigue) et la composition de la carcasse (quantité de gras intermusculaire) (Marcoux et al., 2003).

2.2 Facteurs influençant la croissance et la composition de la carcasse

2.2.1 La race

Un des facteurs fondamentaux en ce qui concerne la qualité de la carcasse est le génotype de l'agneau. La génétique de l'individu est de toute première importance et c'est souvent là qu'il faut commencer le travail d'amélioration de la qualité de la carcasse. On distingue deux types de races : paternelles et maternelles. Les carcasses des animaux de races maternelles ont tendance à contenir davantage de gras interne que celles des races paternelles (Wood et al., 1980; Butler-Hogg et al., 1984; Kempster et al., 1987a). C'est surtout au niveau du choix de la race utilisée pour produire des agneaux de marché que les efforts sont concentrés. En ce sens, plusieurs études ont comparé différentes races pour les caractéristiques de la carcasse.

Dickerson et al. (1972) ont voulu évaluer les caractéristiques de la croissance et de la carcasse de sept races d'agneaux : Suffolk, Hampshire, Dorset, Rambouillet, Targhee, Corriedale et Coarse Wool. Les agneaux étaient abattus à 22 ou 26 semaines (poids vif moyen de 47 et 56 kg). Des différences entre les races étaient visibles pour toutes les caractéristiques de la carcasse mesurées. En résumé, les races paternelles (Suffolk et Hampshire) et la race Dorset présentaient plus de caractéristiques désirables. Au niveau du poids de la carcasse froide et du poids estimé des principales coupes parées et désossées (à l'aide d'équations de prédiction basées sur la conformation et l'épaisseur de gras de couverture), le classement sur la base d'une moyenne de 100 se présentait comme suit : Suffolk (119 %), Hampshire (104 %), Coarse Wool (102 %), Targhee (99 %), Rambouillet (97 %), Dorset (90 %) et Corriedale (89 %). Les Suffolk, Hampshire et Dorset étaient significativement supérieurs aux quatre autres croisements pour la conformation du gigot et de la carcasse. L'épaisseur de gras dorsal mesurée à la 12^e côte était supérieure chez les Corriedale (4,9 mm), suivi dans l'ordre par les races Hampshire (4,4 mm), Targhee (4,0 mm), Coarse Wool (3,7 mm), Suffolk (3,4 mm), Rambouillet (3,3 mm) et Dorset (2,9 mm). Le pourcentage de gras péri-rénal était équivalent pour les Rambouillet, Suffolk et Hampshire (environ 2,7 %) et plus faible que chez les Targhee, Corriedale et Coarse Wool (environ 3,4 %). Ce sont les agneaux Dorset qui en contenaient le moins (2,6 %). Ces derniers ainsi que les Suffolk et Hampshire avaient le plus grand taux de couverture de la carcasse (52 %) suivi des Coarse Wool (51 %), Targhee (50 %), Corriedale et Rambouillet (49 %). La surface de l'œil de longe des agneaux Suffolk (15,4 mm) était significativement plus grande que celle des Hampshire (13,9 mm), Dorset (13,4 mm), Coarse Wool (13,1 mm), Rambouillet (13,1 mm), Targhee (12,3 mm) et Corriedale (11,2 mm). Ce résultat est aussi appuyé par une expérience de Vesely et al. (1972) où les agneaux Suffolk avaient une surface d'œil de longe supérieure à celle des agneaux des autres races (Rambouillet, Romnelet, Columbia et Targhee).

L'amélioration des performances de croissance et des caractéristiques de la carcasse, c'est-à-dire la diminution de la quantité de gras et l'augmentation de la quantité de muscles, par l'utilisation d'une race paternelle (Suffolk) par rapport à une race maternelle (Targhee) a aussi été évaluée par Lloyd et al. (1981), en comparant des agneaux Targhee et des croisés Suffolk x Targhee abattus à 54 et 64 kg. Les croisés Suffolk x Targhee avaient un poids de carcasse

supérieur (32,20 vs 29,41 kg). Les croisés démontraient aussi des avantages au niveau de la croissance, avec des gains moyens quotidiens plus élevés (260 vs 220 g/j).

Kempster et Cuthbertson (1977) en sont venus à la conclusion que les principales différences entre les races de moutons britanniques se trouvaient au niveau du contenu en gras de la carcasse. Les races maternelles, comme la race Dorset Down, possédaient une quantité de gras péri-rénal plus importante que la race paternelle Suffolk (3,2 vs 2,8 % gras). En comparant ces mêmes races, les auteurs ont observé un poids de demi-carcasse supérieur chez la race Suffolk (9,19 vs 8,31 kg). Cependant, aucune différence significative n'était visible pour la proportion de maigre.

More O'Ferrall et Timon (1977a) ont comparé des agneaux issus de croisements avec des béliers de races paternelles (Suffolk, Texel de type hollandais, Oxford Down, Hampshire, Lincoln et Île de France) et maternelle (Dorset Down, Dorset Horn) pour les caractères de croissance des agneaux. Les agneaux ont été abattus à 36 ou 45 kg. Il y avait un effet significatif de la race des béliers pour le poids de la carcasse. La différence entre les agneaux issus de béliers Suffolk et Dorset Horn n'était pas significative (17,4 et 16,8 kg, respectivement), mais les agneaux croisés Dorset Down avait une carcasse significativement plus lourde (18,8 kg). Au niveau de la composition de la carcasse, More O'Ferrall et Timon (1977b) n'ont pas mesuré de grands écarts entre les différentes races paternelles. Les carcasses d'agneaux croisés Dorset Horn et Suffolk arrivaient au deuxième rang pour le pourcentage de maigre, derrière les carcasses des croisés Texel (57,4 vs 59,9 %). Les carcasses des agneaux croisés Dorset Down démontraient le pourcentage de gras le plus élevé (29,8 %) et le pourcentage de maigre le plus faible (54,7 %).

Une comparaison entre une race typiquement maternelle (Border Leicester) et une race à double fin (Dorset Horn) a permis de confirmer les écarts existant entre ces deux types génétiques (Thompson et al., 1979). Les agneaux ont été abattus aux poids de 34, 44 et 54 kg. Les agneaux issus de béliers Border Leicester possédaient plus de gras sous-cutané (+12,7 %) et intermusculaire (+7,6 %). Les agneaux Dorset Horn avaient un avantage significatif au niveau de la musculature (7,2 %). Tous ces résultats étaient obtenus à un poids de demi-

carcasse équivalent (9,5 kg). Ces différences marquées au niveau du gras étaient du même ordre que celles mises en évidence par Dickerson et al. (1972).

Un parallèle entre des agneaux issus de béliers Suffolk (race paternelle) et Rambouillet (race maternelle) a été fait pour la croissance et la composition de la carcasse (Crouse et al., 1981). Ces derniers ont été abattus à 62 ou 76 kg. Premièrement, en comparant les deux croisements à un âge constant, les agneaux croisés Suffolk obtenaient un gain moyen quotidien (+11 %), un poids d'abattage (+7 %) et de carcasse (+10 %) ainsi qu'une conformation du gigot, une cote de qualité et une surface du muscle *Longissimus* (+6 %) significativement supérieurs aux résultats des croisés Rambouillet. Deuxièmement, en se basant sur un poids d'abattage constant, les écarts pour le gain moyen quotidien (+5 %), le poids de la carcasse (+3 %), la conformation du gigot et la cote de qualité étaient encore visibles, mais la surface du *Longissimus* ne différait plus entre les Suffolk et Rambouillet (18,07 vs 17,73 cm²). De plus, à poids d'abattage constant, les croisés Rambouillet avaient un pourcentage de gras péri-rénal plus élevé que celui des croisés Suffolk (+22 %).

Une autre étude dont les résultats sont intéressants a été conduite en 1980 par Wolf et al. Les objectifs des auteurs étaient de comparer six races terminales de béliers (Dorset Down, Oxford, Suffolk, Île de France, Oldenburg et Texel de type hollandais) pour la croissance et la composition de la carcasse de leur progéniture issue de brebis croisées (Border Leicester x Blackface). Les agneaux ont été abattus à deux poids différents : 35 kg et 40 kg de poids vif. Premièrement, les données étaient ajustées à un poids vif constant. Les agneaux Oxford et Suffolk étaient abattus à un âge inférieur (-15 et -8 jours, respectivement et par rapport à la moyenne) aux autres races et aux deux poids d'abattage fixés. Les agneaux de ces deux croisements étaient aussi les plus lourds à 12 semaines d'âge (+6 et +11 kg, pour les Suffolk et Oxford et par rapport à la moyenne). Ces deux éléments traduisent un gain moyen quotidien significativement plus élevé chez ces croisements. On peut croire que dans un système de production exigeant des gains rapides jusqu'à 40 kg, les agneaux croisés Oxford et Suffolk seraient une alternative intéressante pour les producteurs. Le croisement Texel avait un taux de croissance jusqu'à la douzième semaine plus faible, mais n'était pas plus âgé à l'abattage que les Dorset Down, Île de France et Oldenburg.

Dans l'étude de Wolf et al. (1980), le taux de croissance du tissu maigre (estimé par le poids du tissu maigre divisé par l'âge à l'abattage) était supérieur chez les croisés Oxford et Suffolk. Malgré leur âge à l'abattage plus élevé comparativement au croisement Suffolk, les croisés Texel (150 vs 137 jours) ne différaient pas significativement de ce dernier pour le taux de dépôt du tissu maigre (66,6 vs 67,4 g/j, pour les Texel et Suffolk). Les croisés Oldenburg, Île de France et Dorset Down avaient tous des valeurs inférieures à celles du Texel, mais c'est le croisement Dorset Down qui obtenait le taux de croissance le plus faible (60,1 g/j). Du côté de la composition de la carcasse, les agneaux Texel détenaient le taux de maigre le plus élevé (60,5 %) et le taux de gras le plus faible (21,5 %), parmi tous les croisements. Ces observations sont en accord avec plusieurs autres études (Flamant et Perret, 1976; More O'Ferrall et Timon, 1977b; Osikowski et Borys, 1976). À l'opposé, la progéniture des béliers Dorset Down obtenait le plus haut taux de gras (27,88 %) et le taux de maigre le plus faible (54,69 %). Les agneaux croisés Île de France, Oldenburg, Oxford et Suffolk étaient équivalents pour les pourcentages de maigre et de gras et se situaient entre les croisements Texel et Dorset Down. Ces équivalences peuvent être considérées comme logique étant donné que ces trois races sont de type paternel.

Il n'y avait pas d'effet significatif des croisements dans la proportion de maigre total dans les pièces à haute valeur économique (carré, longe et gigot) (Wolf, 1982). Cependant, en prenant les pièces de façon individuelle, des écarts significatifs étaient observés entre les croisements sauf pour la selle et le collet. Au niveau du gigot, le croisement Dorset Down contenait la moins grande quantité de maigre (-3 g/kg, par rapport à la moyenne), à l'opposé du croisement Île de France (+3,8 g/kg, par rapport à la moyenne). La situation se trouvait inversée pour la proportion de maigre de la poitrine. Les agneaux croisés Texel avaient la proportion de maigre dans la longe la moins importante, mais avaient l'épaule la plus riche en tissu maigre de tous les croisements. Les agneaux croisés Oldenburg, Oxford et Suffolk avaient des proportions de tissu maigre très similaires pour la majorité des pièces, sauf pour la longe. Pour cette pièce, la race Oldenburg en contenait significativement moins que les deux autres. En comparant les croisés Dorset Down et Suffolk, il n'y avait aucune différence significative dans la proportion de maigre de toutes les pièces. Les résultats de cette expérience sont en accord avec une étude précédente (Jury et al., 1977) quant au fait qu'il existe une « harmonie anatomique » dans la

distribution du tissu maigre de la carcasse. Ainsi, à un poids total de maigre de la carcasse constant, on peut observer des différences faibles dues aux races, mais significatives.

L'analyse des différences obtenues entre les croisements en ajustant pour un stade de maturité équivalent, compte tenu des différences de poids vif à maturité entre les races Oxford (98 kg), Suffolk (92 kg), Texel (90 kg), Dorset Down (81 kg) et Oldenburg (72 kg) suggérait une atténuation des différences dans la distribution du tissu maigre entre ces races. Cependant, les divergences entre les Texel et Oxford ainsi qu'entre les Suffolk et Dorset Down pour la proportion de maigre dans le gigot, l'épaule et la longe augmentaient. Ceci laisse supposer que les différences entre les races pour la distribution de tissu maigre à un poids total de maigre constant ne peuvent être entièrement expliquées en terme de différences dans le stade de maturité. En conclusion, les auteurs suggéraient que, malgré l'importance commerciale rattachée aux différences dans la distribution du maigre entre les pièces de la carcasse, l'emphase devrait plutôt être mise sur les différences dans la quantité totale de maigre entre les races, afin de favoriser une sélection plus efficace.

En 1984, Lirette et al. ont entrepris de mesurer l'effet des races paternelles (Suffolk), maternelles (Finnois) et de leurs croisements (Suffolk x Finnois et Finnois x Suffolk) sur la distribution tissulaire, la composition et la qualité de la carcasse. Tous les agneaux étaient abattus à 120 jours d'âge (environ 30 % de leur poids à maturité). Dans un premier temps, les auteurs ont comparé des agneaux mâles castrés. Le gain moyen quotidien des Finnois était inférieur (204 g/j) à celui des autres agneaux (entre 255 et 262 g/j) et les croisés étaient équivalents aux Suffolk pour ce caractère. Pour le poids de la carcasse, les deux types d'agneaux croisés avaient un poids supérieur aux agneaux de race pure (16,2 et 16,5 kg pour les croisés vs 15,8 kg pour les Suffolk et 13,3 kg pour les Finnois). Les Finnois avaient une carcasse plus longue, une poitrine plus profonde et un quartier arrière plus long que les autres types d'agneaux. Ces observations sont logiques compte tenu du fait que la race Finnoise est de type maternel, c'est-à-dire moins massive qu'une race paternelle comme le Suffolk. Le poids de l'os métacarpien des agneaux Suffolk dépassait celui des autres agneaux, indiquant une structure osseuse plus développée. Les Finnois contenaient davantage de gras dans la région des reins et du sternum (20,1 g/kg) comparativement aux autres (de 10,0 à 16,4 g/kg).

Pour la composition en gras, en muscle et en os de la carcasse entière, la seule différence significative était observée pour le pourcentage d'os. Les agneaux Suffolk étaient supérieurs (+3 %) aux autres agneaux pour cette caractéristique. Au niveau de la proportion du poids des pièces primaires en fonction du poids de la carcasse, la seule différence significative se trouvait dans la proportion des côtelettes. Cette dernière était inférieure chez les agneaux Finnois (6,71 %) en comparaison des autres agneaux (7,97 % pour les croisés et 8,10 % pour les Suffolk).

Dans un deuxième temps, les comparaisons étaient faites avec des agneaux mâles entiers. Le poids à l'abattage des Finnois et leur gain moyen quotidien étaient significativement inférieurs à ceux des autres croisements (-9 kg et -69 g/j, pour le poids carcasse et le gain moyen quotidien, respectivement). Le pourcentage de couverture de gras de la carcasse des Finnois était plus faible que celui des Suffolk (-2,5 %), mais équivalent à celui des croisés. Les Suffolk avaient aussi des épaisseurs de gras au-dessus de la colonne vertébrale et de la longe (entre la 12^e et la 13^e côte) supérieures (+4 et +3,5 mm). Comme pour les agneaux castrés, les Finnois avaient une conformation plus longue, moins massive et davantage de gras au niveau des reins et du sternum. Suite à la découpe, aucune différence significative n'était notée entre les croisements pour les proportions des pièces sur le poids de la carcasse. Lirette et ses collaborateurs en sont donc venus à la conclusion que la distribution des tissus, sa composition et les proportions des différentes pièces commerciales des agneaux Finnois étaient similaires à ceux des agneaux Suffolk, malgré leur classification plus faible (principalement due à leur conformation).

Kempster et al. (1987b) se sont penchés sur la croissance et le développement tissulaire chez 3360 agneaux issus de dix races de béliers différentes : Border Leicester, Dorset Down, Hampshire Down, Île de France, North Country Cheviot, Oxford Down, Southdown, Suffolk, Texel de type français et Wensleydale. Les agneaux étaient abattus à l'intérieur d'un intervalle de poids variant entre 33 et 51 kg, puis disséqués. À un même poids de demi-carcasse, des différences étaient notées pour les poids de maigre, de gras et d'os. C'est le croisement avec la race Texel qui obtenait la plus grande quantité de maigre (5,27 kg), à l'opposé du croisement Southdown (4,69 kg) et Dorset Down (4,80 kg). Les agneaux croisés Dorset Down contenaient

la plus forte quantité de gras (2,64 kg), Du côté des Suffolk, les valeurs de gras (2,38 kg) et de maigre (4,97 kg) étaient intermédiaires. Pour le poids de maigre dans chacune des pièces de la carcasse, des différences étaient visibles entre les croisements. À un même poids total de maigre, le croisement Texel avait tendance à avoir moins de maigre dans la longe (-3 % par rapport à la moyenne) et davantage dans les autres pièces, spécialement dans l'épaule. Ces résultats corroborent ceux de Wolf (1982) obtenus avec des agneaux croisés Dorset Down, Île de France, Oldenburg, Oxford, Suffolk et Texel. En effet, dans leur expérience, les agneaux croisés Dorset Down et Île de France avaient la plus petite proportion de maigre, contrairement au Texel ayant la plus élevée. Cet avantage du Texel pour la proportion de maigre de la carcasse serait le reflet du poids des os et du poids de gras inférieurs pour ce croisement (Kempster et al., 1987b). Concernant la croissance des agneaux, l'âge à l'abattage était significativement influencé par la race (Kempster et al., 1987a). Les races bouchères traditionnelles (Hampshire Down, Île de France, Oxford Down, Suffolk et Texel de type français) avaient tendance à présenter un gain moyen quotidien supérieur aux races maternelles (Border Leicester et Wensleydale). La comparaison Texel et Suffolk ne faisait pas ressortir d'écart significatif contrairement aux résultats de More O'Ferrall et Timon (1977a) et Wolf et al. (1980). En effet, ces deux études démontraient un avantage de la race Suffolk (base 100) par rapport à la race Texel pour le gain moyen quotidien (93 et 92 %, respectivement pour More O'Ferrall et Timon, 1977a et Wolf et al., 1980). Cette différence pourrait s'expliquer par l'utilisation de béliers Texel de type français par Kempster et al. (1987b), contrairement aux deux autres études qui utilisaient des Texel de type hollandais. Ce dernier type a été sélectionné sur la conformation au niveau de l'épaule, de la longe et du gigot, comparativement au Texel français, sélectionné davantage sur la taille et le taux de croissance. En comparant les croisements Dorset Down et Suffolk, il n'y avait pas de différence significative pour l'âge à l'abattage (153 vs 176 jours) et le poids de la carcasse (17,2 vs 19,6 kg).

Croston et al. (1987) ont aussi étudié la composition de la carcasse d'agneaux croisés issus de béliers de dix races différentes. Les races utilisées étaient semblables à celles de l'expérience de Kempster et al. (1987b) (Border Leicester, Dorset Down, Hampshire Down, Île de France, North Country Cheviot, Oxford Down, Southdown, Suffolk, Texel de type français et

Wensleydale). Les agneaux étaient abattus à l'intérieur d'un intervalle de poids variant de 33 à 51 kg, puis disséqués. Les croisés Texel contenaient la portion osseuse la plus faible (151 g/kg) et la portion musculaire la plus élevée (579 g/kg). Les autres croisements étaient équivalents entre eux pour ces deux mesures. Pour le gras total, il n'y avait aucune différence significative entre les croisements (entre 252 et 262 g/kg). Au niveau du gras intermusculaire, les croisés Texel et Wensleydale en contenaient significativement moins (106 et 104 g/kg, respectivement) que les autres croisements (entre 111 et 114 g/kg.) Pour la distribution du maigre entre les croisements, Croston et al. (1987) n'ont pu mesurer que de faibles différences non significatives (15 g/kg). D'autres auteurs (Wolf, 1982; Cameron et Drury, 1985) ont rapporté des différences similaires. Cependant, on pouvait noter une tendance des croisés Texel à déposer moins de maigre dans la longe et davantage au niveau de l'épaule. Pour le gigot, les croisés Île de France obtenaient la plus forte proportion de maigre. Les agneaux croisés Hampshire détenaient la longe la plus maigre. Une comparaison peut facilement être faite avec les résultats obtenus par Wolf et al. (1980). Ils en sont aussi venus à la conclusion que le croisement Texel possédait la concentration en maigre de la carcasse la plus élevée. Il n'y avait aucune différence entre les croisements Dorset Down et Suffolk, que ce soit pour la composition en gras, en muscle et en os de la carcasse et de chacune des pièces.

Dransfield et al. (1990) ont mis en parallèle la qualité de carcasse d'agneaux croisés Dorset Down et Suffolk afin d'y déceler des écarts intéressants. Les agneaux étaient abattus à 20 semaines, puis la partie droite de chaque carcasse était disséquée. Ils ont observé que les agneaux issus de béliers Suffolk étaient plus lourds à la naissance (+800 g) et avaient un gain moyen quotidien supérieur à celui des croisés Dorset Down (279 g/j vs 262 g/j). La carcasse des croisés Suffolk était aussi plus lourde (en moyenne de 1.6 kg) et moins grasse que celle provenant des croisés Dorset Down et ce, pour un même poids de carcasse. Plus précisément, elle contenait moins de gras viscéral (-39 g). Au niveau de la découpe, les agneaux demi-sang Suffolk montraient un gigot plus imposant (+64 g).

Suite à plusieurs études européennes (More O'Ferrall et Timon, 1977a,b; Wolf et al., 1980, Wolf, 1982; Cameron et Drury, 1985; Croston et al., 1987; Kempster et al., 1987a,b) évaluant la progéniture de béliers Texel et indiquant un taux de croissance post-sevrage moyen, mais

d'excellents résultats au niveau des caractères de carcasse (taux de maigre, ratio maigre : os et surface du muscle *Longissimus*), Leymaster et Jenkins (1993) décidèrent de comparer cette race à la race Suffolk, la race terminale dominante aux États-Unis. Pour ce faire, ils ont croisé des brebis de race synthétique (Composite I: 50 % Finnois, 25 % Dorset et 25 % Rambouillet) avec des béliers Suffolk et Texel de type hollandais. Les agneaux étaient abattus à 63, 105, 147 et 189 jours d'âge. Il n'y avait pas de différence entre les deux races pour le gain moyen pré-sevrage, le poids au sevrage (à 51 jours) et le poids à 63 jours. Par la suite, les agneaux Texel avaient une croissance inférieure de 11 %. Conséquemment, les agneaux Suffolk étaient significativement plus lourds (+ 7 % ou 54,3 vs 50,7 kg) à 189 jours. Le même phénomène se produisait pour le poids de la carcasse (29,1 vs 26,8 kg). Les carcasses croisées Suffolk étaient 9 % plus lourdes que celles des Texel, toujours à 189 jours. Pour tous les âges, les croisés Texel avaient une couverture de gras à la 12^e côte plus élevée, mais cette observation n'était significative qu'à 105 et 147 jours d'âge (2,8 vs 2,1 mm à 105 jours et 5,0 vs 4,3 mm à 147 jours). On peut ainsi penser qu'il existe des patrons de dépôt du gras différents entre les Suffolk et les Texel. Le taux de dépôt de gras augmentait avec l'âge des agneaux et ce, davantage chez les Suffolk (0,458 g/j) par rapport au Texel (0,374 g/j). Pour le taux de dépôt de la protéine, il y avait diminution avec l'âge, mais de façon équivalente entre les deux races. Cependant, à 189 jours, les Suffolk avaient un taux de dépôt plus rapide (17,4 g/j) que les Texel (16 g/j). La quantité de gras de la carcasse était différente entre les deux croisements à partir de 147 jours. Ce sont les croisés Suffolk qui en contenaient le plus (5,86 vs 5,23 kg). Cette différence augmentait à 189 jours (9,49 vs 8,19 kg). Il n'y avait pas de différence significative pour la quantité de protéine de la carcasse. Un autre point de comparaison utilisé était le poids de carcasse fixé à 25 kg. Encore ici, la croissance plus lente des Texel était visible, ces derniers demandant 12 jours supplémentaires pour atteindre les 25 kg. On pouvait aussi détecter un patron de dépôt de gras différent chez les Texel, ceux-ci ayant une épaisseur de gras à la 12^e côte supérieure (6,5 vs 5,3 mm), mais une quantité totale de gras équivalente aux Suffolk (7,26 et 7,30 kg). La composition de la carcasse ne variait pas significativement entre les deux croisements. Cela confirmerait que les différences touchant la composition de la carcasse des Suffolk et des Texel à un âge donné serait une conséquence de la divergence dans le poids à maturité de ces deux races. À la suite de cette expérience, Leymaster et ses collaborateurs ont émis une série de conclusions. Ainsi, selon leurs observations, la race

Suffolk aurait un meilleur potentiel de croissance que la race Texel. Celle-ci aurait aussi tendance à déposer proportionnellement davantage de gras au niveau sous-cutané (Cameron et Drury, 1985; Leymaster et Jenkins, 1993). L'absence de différence significative dans la composition de la carcasse à un poids fixe de 25 kg confirmerait l'aptitude de la race Texel à produire une carcasse maigre, malgré un taux de croissance jugé moyen (Cameron et Drury, 1985).

En comparant les résultats obtenus par Leymaster et Jenkins (1993) à ceux de six études européennes (More O'Ferrall et Timon, 1977a,b; Latif et Owen, 1980; Wolf et al., 1980; Croston et al., 1987; Kempster et al., 1987a), on peut voir que ces dernières ont aussi noté des écarts pour le taux de croissance, la composition de la carcasse, le patron de dépôt du gras et la forme de la carcasse. Cependant, ces écarts ont souvent des valeurs différentes de celles mesurées par Leymaster et Jenkins (1993). Ceci s'explique probablement par des différences dans le déroulement des expériences. Les lignées de Texel et Suffolk utilisées pourraient être la source d'une grande variation. En effet, les Suffolk américains sont considérés comme ayant une conformation plus longue et plus haute que leurs compatriotes européens, plus massifs. Le pays d'origine des Texel aurait aussi une influence, ceux provenant de Hollande et de France n'étant pas équivalents pour le taux de croissance, la composition de la carcasse et la conformation (Kempster et al., 1987a,b). L'alimentation aurait aussi une influence importante. Pour les études européennes, les agneaux étaient alimentés au pâturage contrairement à l'étude de Leymaster et Jenkins (1993), où les agneaux recevaient une ration à base de concentrés.

Plusieurs études (Kirton et al., 1967; McClelland et al., 1976; Jury et al., 1977; Crouse et al., 1981; Leymaster et al., 1993) ont démontré que les différences mesurées entre les races pour la composition de la carcasse tendaient à diminuer lorsqu'on comparait les données à un même poids de carcasse. Oberbauer et al. (1994) ont évalué qu'il n'y avait aucune différence détectable entre les races Dorset et Suffolk pour les teneurs en eau, en protéine et en cendres à un même poids vide de la carcasse. Cependant, les Dorset contenaient une quantité supérieure de lipides. Les auteurs ont estimé que la carcasse des animaux matures contenait en moyenne 300 grammes de lipides par kg. Ils ont ensuite utilisé cette proportion pour comparer le degré

de maturité des agneaux à un même poids. Les Suffolk étaient plus âgés que les Dorset, confirmant ainsi la tendance de la race Dorset à déposer du gras plus rapidement et à atteindre son poids à maturité plus tôt.

Pour résumer l'influence de la race sur la croissance et les caractéristiques de la carcasse des agneaux. En effet, les races paternelles détiennent un réel avantage sur les races maternelles. Parmi les races paternelles, on retrouve principalement les races Charolais, Hampshire Down, Île de France, Oxford Down, Suffolk et Texel. Pour ce qui est des races maternelles, on dénombre les Border Leicester, Corriedale, Coarse Wool, Finnois, Dorset (Horn et Down, considérées comme des races à double fin), North Country Cheviot, Rambouillet, Targhee et Wensleydale.

Les races paternelles démontrent une croissance plus rapide (More O'Ferrall et Timon, 1977a; Lloyd et al., 1981; Wolf et al., 1980; Crouse et al., 1981; Lirette et al., 1984; Kempster et al., 1987a,b; Dransfield et al., 1990). Elles montrent une conformation souvent supérieure au niveau de l'épaule, de la longe et du gigot (Dickerson et al., 1972; Crouse et al., 1981). Elles possèdent aussi une carcasse plus lourde ainsi que des poids de pièces parées et désossées supérieurs pour une même maturité (Dickerson et al., 1972; Lirette et al., 1984; Dransfield et al., 1990). Les carcasses d'agneaux provenant d'un croisement avec une race terminale ont moins de gras, plus particulièrement au niveau des reins (Kempster et Cuthbertson, 1977; More O'Ferrall et Timon, 1977a; Thompson et al., 1979; Crouse et al., 1981; Lirette et al., 1984; Kempster et al., 1987a,b; Croston et al., 1987; Dransfield et al., 1990). Elles possèdent également une fraction musculaire plus importante (Croston et al., 1987; Cruickshank et al., 1996; Ellis et al., 1997).

Cependant, en regardant la composition en gras, en muscle et en os des pièces issues de la découpe des carcasses, les différences entre les races diminuent. Plusieurs études ont observé une certaine uniformité anatomique entre les races de moutons (Jury et al., 1977; Wolf, 1982; Lirette et al., 1984; Croston et al., 1987; Leymaster et al., 1993; Oberbauer et al., 1994). Lorsque des différences entre les races sont mesurées dans la composition des pièces, elles sont souvent assez faibles (Cameron et Drury, 1985; Kempster et al., 1987a,b).

2.2.2 Le sexe

L'influence du sexe sur le poids des différentes parties de la carcasse a été démontrée par plusieurs études (Kirton et al., 1982; Hodge et Oddie, 1984; Hopkins et al., 1995). Cependant, les différences mesurées, quoique significatives pour certaines caractéristiques, sont faibles (Hopkins, 1989). Au niveau du gras, les agneaux mâles entiers détiennent un avantage, déposant moins de gras total que les femelles et les mâles castrés (Kirton et al., 1982; Lirette et al., 1984). Une étude antérieure menée par Cunningham et al. en 1967 arrivait aussi à cette conclusion chez des agneaux abattus à des poids variant entre 29,5 et 54,5 kg. Les résultats ont démontré que les agneaux mâles avaient une épaisseur de gras dorsal significativement moins importante que les agneaux femelles (3,3 vs 4,6 mm). Cette dernière mesure était la moyenne de six mesures effectuées au-dessus du *Longissimus dorsi*. Pour les autres caractères mesurés, les résultats ne différaient pas de façon significative entre les sexes.

Fourie et al. (1970) ont démontré que les carcasses d'agneaux mâles étaient plus lourdes que celles des femelles, que ce soit à la naissance ou à une, deux, six, 11, 16, 25, 41, 80 semaines et à maturité. De plus, les femelles avaient un taux de dépôt de gras plus élevé que celui des mâles et des taux de dépôt de muscle et d'os plus faibles. Le rapport muscle : os favorisait les femelles, mais cet avantage était annulé par le contenu en gras beaucoup plus élevé chez ces dernières.

Lors de leur expérience de 1976 sur les différences entre les races dans la composition de la carcasse chez des agneaux de maturité équivalente, McClelland et ses collaborateurs ont aussi étudié les différences entre les sexes. Les agneaux étaient abattus à 40, 50, 60 et 70 % du poids moyen à maturité de leur race respective. Compte tenu de ce choix de critère d'abattage, les femelles ont été abattues à un âge moyen inférieur à celui des mâles (161 vs 196 jours). Contrairement à plusieurs études qui concluaient à des écarts significatifs entre les sexes pour la composition de la carcasse à poids constant, ici les différences étaient quasi inexistantes pour les proportions de muscle, de gras et d'os. On pourrait facilement estimer que les différences mesurées à poids constant seraient largement dues à des degrés de maturité non équivalents entre les mâles et les femelles.

La qualité de la carcasse d'agneaux mâles et femelles de race Dorset Down a été comparée par Butler-Hogg et al. (1984). Le taux de croissance des mâles était significativement plus élevé que celui des femelles (278 vs 250 g/jour). L'âge moyen à 35 kg était inférieur chez les mâles par rapport aux femelles (126 vs 140 jours). Pour une carcasse de 16,8 kg, la composition différait également entre les sexes. Les mâles contenaient davantage de maigre (+42 g/kg) et d'os (+19 g/kg) et moins de gras sous-cutané (-33 g/kg), intermusculaire (-28 g/kg) et péri-rénal (-14 g/kg). Des résultats semblables avaient déjà été mesurés par Fourie et al. (1970) et s'expliqueraient par le degré de maturité supérieur des femelles à l'abattage. La distribution du gras sous-cutané entre les différentes parties de la carcasse était similaire pour les deux sexes. Les mâles avaient une quantité moins importante de gras intermusculaire dans la région lombaire et abdominale en comparaison avec les femelles. Cependant, ils en déposaient davantage au niveau du quartier avant. Lors de la préparation commerciale de la carcasse, le contenu en gras sous-cutané était réduit de 25 g/kg chez les agneaux mâles et de 38 g/kg chez les femelles.

En comparant des agneaux mâles entiers et des femelles, Dransfield et al. (1990) en sont venus à la conclusion que les mâles entiers avaient un rythme de croissance plus grand (284 g/j) que les femelles (251 g/j). À 20 semaines d'âge, les mâles avaient une carcasse plus lourde (18,3 kg) que les femelles (17,1 kg). Suite à la découpe commerciale de la carcasse, les mâles entiers avaient une épaule plus développée (+ 100 g) et les femelles avaient une poitrine plus importante (+53 g).

Hopkins et al. (1995) ont démontré que le sexe de l'agneau avait une influence sur la distribution de la viande entre les diverses coupes de la carcasse (poids chaud entre 16,0 et 28,7 kg). En ne tenant pas compte du type de découpe, les carcasses des agneaux mâles contenaient une plus grande proportion de viande vendable (75,9 vs 73,7 % pour les femelles). En découpe primaire et à un poids de carcasse constant de 25 kg, il n'y avait aucune différence entre les sexes pour le jarret arrière et le quartier avant. Chez les agneaux mâles, la ronde, le cou, le flanc et la longe avaient des poids supérieurs à ceux des agneaux femelles. La longe désossée des agneaux femelles était plus pesante (6.1 % du poids carcasse) que celle des agneaux mâles (5.5 % du poids carcasse), ce qui est en accord avec les résultats de Kirton et

al. (1982). Le carré de longe (de 7 ou 8 côtes) des agneaux mâles était plus léger. Finalement, bien que des différences entre les sexes aient été mesurées dans cette étude, celles-ci étaient faibles. C'est au niveau du cou et du flanc qu'on observait les plus grands écarts entre les sexes.

Wylie et al. (1997) en sont aussi venus à la conclusion que les agneaux mâles entiers étaient supérieurs pour le gain moyen quotidien. Ceux-ci déposaient 69 g/jour de plus que les femelles. Les agneaux étaient abattus à 40, 44 et 48 kg. Les carcasses des agneaux femelles contenaient plus de gras péri-rénal que celles des mâles entiers. Les auteurs ont évalué que pour une même couverture de gras (à la 12^e côte), les agneaux mâles pouvaient être abattus à un poids vif de 7,7 kg supérieur à celui des femelles.

Carson et al. (1999) ont également comparé les mâles et les femelles pour la qualité de carcasse. Les agneaux mâles avaient une couverture de gras de la carcasse plus faible que les femelles, ce qui corrobore les résultats de Wylie et al. (1997). Au niveau de la conformation, les mâles obtenaient une cote de conformation inférieure à celle des femelles. L'évaluation visuelle de la conformation était ainsi corrélée positivement à la couverture de gras. L'épaisseur de gras recouvrant le muscle de la longe (*Longissimus dorsi*) et le contenu en gras sous-cutané étaient moins importants chez les mâles que chez les femelles. Encore ici, Wylie et al. (1997) ont aussi mesuré une proportion plus faible de gras chez les agneaux mâles. En effet, selon leurs résultats, les mâles avaient des carcasses de poids supérieur (+ 3,9 kg) lorsque abattus à une épaisseur de gras dorsal constante. Le contenu en gras intermusculaire était similaire entre les deux sexes. Pour le contenu en maigre de la carcasse, les mâles étaient significativement supérieurs aux femelles. Le contenu en os des mâles était plus élevé que celui du sexe opposé. À un poids de carcasse constant, les agneaux mâles montraient une plus grande proportion de maigre et d'os et une plus faible proportion de gras (Fourie et al., 1970; Wood et al., 1980; Butler-Hogg et al., 1984).

Plusieurs études ont comparé des agneaux mâles castrés à des femelles et des mâles entiers. Pour certaines caractéristiques, comme l'épaisseur de gras dorsal au-dessus de la longe, les mâles castrés se rapprochent davantage des femelles (Cunningham et al., 1967). Hanrahan

(1979) a mis en lumière des différences significatives entre les agneaux mâles castrés et femelles pour le poids de carcasse et la quantité de gras. Les agneaux étaient abattus à 40 kg. Le poids de carcasse des mâles castrés était supérieur à celui des femelles (18,5 vs 17,8 kg). Les carcasses des femelles étaient plus grasses, pour un même poids de carcasse. Suite à ces observations, Hanrahan a énoncé deux recommandations majeures. Premièrement, les agneaux femelles devraient être abattus à un poids vif inférieur (d'environ 2 kg = 38 kg poids vif) à celui des agneaux mâles (40 kg poids vif) afin d'éviter la production de carcasses trop grasses. Deuxièmement, les mâles entiers pourraient être abattus à environ 3 kg de plus que les agneaux castrés afin d'atteindre la même cote de gras.

Crouse et al. (1981) ont comparé des agneaux mâles entiers et castrés sur deux bases distinctes : âge à l'abattage constant (22 et 26 semaines) et poids d'abattage constant (62 et 76 kg). Sur la base d'un même âge, les agneaux mâles entiers avaient un meilleur gain moyen quotidien (216 vs 181 g/j), une carcasse plus lourde (36,68 vs 34,24 kg), une faible proportion de gras péri-rénal (3,22 vs 4,67 %) et une épaisseur de gras dorsal inférieure (6,46 vs 8,58 mm). Pour un même poids à l'abattage (62 kg), les tendances étaient les mêmes. Selon Lloyd et al. (1981), les mâles entiers auraient un poids de carcasse et un rendement en viande supérieurs. Le poids du quartier arrière était plus élevé et la quantité de gras par kg de poids de carcasse inférieure pour les mâles entiers. Les mâles castrés avaient un pourcentage de gras de couverture supérieur.

Wolf (1982) a mesuré de petites différences entre les agneaux mâles castrés et femelles pour la distribution du tissu maigre de la carcasse. Les femelles avaient une plus forte proportion de maigre au niveau de la selle et de la poitrine, tandis que les mâles castrés détenaient un avantage pour l'épaule et le collet. Ces données sont similaires à celles provenant d'autres études (Jury et al., 1977; Taylor et al., 1980) dans lesquelles les auteurs posaient l'hypothèse d'un rôle de la différenciation musculaire dans le développement sexuel. Également, ces résultats concordent avec ceux de Jury et al. (1977) quant au fait que la castration n'affecterait pas entièrement le développement musculaire typique aux mâles au niveau de l'épaule et du cou. Les résultats de Kempster et al. (1987a,b) vont aussi dans le même sens. À poids de carcasse constant, les mâles castrés avaient davantage de maigre et moins de gras que les

femelles. De plus, ces dernières avaient relativement plus de gras péri-rénal et moins de gras intermusculaire. Aucune différence entre les sexes n'était notée pour le gras sous-cutané. Pour les pièces obtenues suite à la découpe, les femelles contenaient davantage de maigre dans la longe et moins au niveau du cou et de l'épaule.

Dransfield et al. (1990) en sont venus à la conclusion que les agneaux mâles entiers avaient un rythme de croissance plus grand (284 g/j) que les mâles castrés (270 g/j). Wylie et al. (1997) en sont aussi venus à la conclusion que les agneaux mâles entiers étaient supérieurs pour le gain moyen quotidien. Ceux-ci déposaient 40 g/jour de plus que les agneaux castrés. Les carcasses des mâles castrés contenaient davantage de gras péri-rénal que celles des mâles entiers, mais moins que celles des femelles.

Finalement, il est évident que le sexe a une influence sur la croissance et la composition de la carcasse. Les différences entre les agneaux mâles et femelles peuvent être observées à plusieurs niveaux, mais leur amplitude dépend aussi d'autres facteurs tels que les races comparées, les poids d'abattage et l'âge des agneaux. Les agneaux mâles entiers ont un taux de croissance supérieur à celui des femelles (Butler-Hogg et al., 1984; Dransfield et al., 1990; Wylie et al., 1997). Conséquemment, les mâles montrent un avantage pour le poids de carcasse par rapport aux femelles et ce, à un âge équivalent (Fourie et al., 1970). Les femelles ont tendance à déposer plus de gras et surtout au niveau péri-rénal (Cunnigham et al., 1967; Fourie et al., 1970; Kirton et al., 1982; Lirette et al., 1984; Butler-Hogg et al., 1984). Cette divergence entre les mâles et les femelles est plus marquée lorsque les femelles sont abattues à des poids supérieurs. Au niveau de la proportion des pièces, les femelles ont tendance à avoir une poitrine plus importante et les mâles détiennent un avantage pour l'épaule et le cou (Jury et al., 1977; Taylor et al., 1980; Wolf, 1982; Hopkins et al., 1995).

2.2.3 L'âge et le poids à l'abattage

Certains facteurs peuvent avoir une action conjointe sur les caractéristiques de la carcasse. En effet, la croissance des agneaux regroupe des phénomènes qui peuvent pas être difficilement

dissociés. L'exemple le plus frappant est celui de l'augmentation du poids corporel en fonction de l'âge. Donc, lorsqu'on désire mesurer l'influence de l'âge ou du poids à l'abattage, il ne faut pas perdre de vue que ces deux facteurs agissent conjointement et ont un effet sur plusieurs paramètres.

En augmentant l'âge à l'abattage de 22 à 26 semaines, Dickerson et al. (1972) ont démontré que le poids vif pouvait augmenter de 19 % et le poids de carcasse de 23 % chez des agneaux Suffolk, Hampshire, Dorset, Rambouillet, Targhee, Corriedale et Coarse Wool. Le poids de la carcasse augmentait ainsi de 2,9 kg. Garder les agneaux à l'engraissement quatre semaines supplémentaires après 22 semaines menait aussi à l'augmentation de l'épaisseur du gras dorsal à la 12^e côte de près de 1 mm (0,8 mm). L'épaisseur à la 13^e côte augmentait de 3,4 mm. La proportion de gras péri-rénal subissait une augmentation de 0,5 %. Les poids des coupes commerciales parées et des principales coupes désossées augmentaient de 18 et 21 %, respectivement. Le poids des principales coupes désossées subissait donc une augmentation de 2,1 kg. L'accroissement de la surface de l'œil de longe n'était pas assez importante pour être significative, sauf chez les Suffolk (+2,2 cm²). Les rendements en coupes commerciales parées et en coupes majeures désossées étaient réduits de 2,3 et 0,8 %, respectivement. Tous ces éléments permettent de penser que les gains réalisés entre 22 et 26 semaines se feraient principalement sous forme de gras.

Ellis et al. (1997) ont abattu des agneaux croisés Charolais, Suffolk et Texel à quatre périodes différentes. Les premiers abattages débutaient au sevrage. Les trois autres périodes d'abattage avaient lieu à tous les mois. Les animaux sélectionnés pour l'abattage devaient démontrer un niveau de finition similaire entre les périodes d'abattage. Le niveau de finition était estimé par la prise de l'état de chair. Comme le mentionnent les auteurs, le poids vif à l'abattage allait en augmentant avec l'âge à l'abattage (39,3, 39,8, 42,5 et 43,6 kg). Le poids de carcasse augmentait aussi, mais les différences n'étaient pas significatives entre les deux premières et les deux dernières dates (18,1, 18,1, 18,8 et 19,2 kg). On notait aussi une élévation significative du poids du gras total de la demi-carcasse (1,86, 2,02, 2,18 et 2,38 kg), du poids du gras sous-cutané (0,93, 0,98, 1,05 et 1,18 kg) et du poids du gras intermusculaire (0,94, 1,05, 1,13 et 1,20 kg). À l'inverse, le poids total de maigre de la demi-carcasse diminuait

(4,84, 4,86, 5,02 et 4,98 kg), mais les différences entre les deux premières de même qu'entre les deux dernières dates n'étaient pas significatives. Le rendement de carcasse tendait à diminuer lorsque les agneaux avançaient en âge. Ces écarts dans la composition de la carcasse sont en accord avec ceux mesurés par Wylie et al. (1997).

Afin de produire une carcasse de qualité, il est de toute première importance d'identifier le poids auquel les caractéristiques désirées sont optimales. Un poids trop faible conduit à un manque de maturité. Ceci peut se traduire par une épaisseur de gras dorsal insuffisante. Un minimum de gras est requis au niveau des pièces commercialisables. Un manque de gras peut conduire à un dessèchement de la viande et une perte de tendreté, de jutosité et de saveur. Le rendement en viande de la carcasse se trouve aussi affecté, car l'agneau n'a pas le temps d'atteindre son plein potentiel de développement musculaire. La situation inverse est aussi vraie. Un agneau abattu à un poids supérieur au poids optimal voit sa croissance en viande maigre diminuer rapidement et son dépôt de gras augmenter. On obtient ainsi une carcasse avec un rendement en viande inférieur. Malgré que l'importance de l'identification du poids optimal d'abattage soit facile à démontrer, il en est tout autrement de sa détermination. En effet, il existe des différences entre les races et les croisements pour le taux de croissance, la maturité, les caractéristiques de la carcasse et donc pour le poids d'abattage optimal (Dickerson et al., 1972; Crouse et al., 1981). Cependant, le fait d'abattre les agneaux à un poids fixe, quelle que soit leur génétique, simplifie de beaucoup la régie, même si cette technique ne permet pas d'atteindre une efficacité maximale. L'abattage à poids constant possède aussi un avantage commercial puisqu'il permet d'uniformiser la taille des coupes mises en marché (côtelettes, carré, etc.) et de faciliter l'automatisation des opérations.

Kemp et al. (1972) ont voulu étudier l'effet du poids d'abattage sur la quantité de gras de la carcasse. Pour ce faire, ils ont abattu des agneaux croisés Suffolk à trois poids différents (36, 45 et 54 kg). Les résultats démontraient qu'à mesure que le poids d'abattage augmente, la quantité de gras de la carcasse subit, elle aussi, une élévation. Les auteurs mesuraient une augmentation de l'épaisseur de gras au-dessus du centre du *Longissimus* à la 12^e côte en fonction des trois poids d'abattage (4,6, 7,4 et 10,2 mm). Le pourcentage de gras du carré, paré à 3 mm et désossé, augmentait aussi en fonction du poids d'abattage (13,3, 16,3 et 28,5 %).

Vesely et al. (1972) ont également mesuré des différences significatives pour l'épaisseur du gras dorsal entre leurs quatre groupes de poids de la carcasse (14,5-21 kg, 21,5-24 kg, 24,5-26 kg et 26,5-33 kg) d'agneaux de race Columbia, Rambouillet, Romnelet, Suffolk et Targhee. L'épaisseur du gras dorsal augmentait entre les carcasses les plus légères (7,9 mm) jusqu'aux plus lourdes (15,7 mm). La surface de l'œil de longe était aussi affectée par le poids d'abattage. Elle augmentait significativement entre les trois premières classes de poids. Les auteurs notaient une augmentation totale de 43 % de cette surface entre la classe de poids la plus faible et celle la plus élevée. Le pourcentage de viande maigre était de 5 % supérieur pour les carcasses les plus légères comparativement aux plus lourdes. On retrouvait la relation inverse avec le pourcentage de gras. Ce dernier était 9,5 % plus élevé pour les carcasses de poids supérieur.

Les changements dans la composition de la carcasse reliés à l'augmentation du poids d'abattage (40, 44 et 48 kg) ont été analysés par Wylie et al. (1997) chez des agneaux Suffolk et Texel. Le taux de croissance global des agneaux était plus faible pour les poids supérieurs (275, 254 et 242 g/jour à 40, 44 et 48 kg, respectivement). Le poids de la carcasse démontrait un écart plus grand entre 44 et 48 kg (18,9 vs 21,2 kg) qu'entre 40 et 44 kg (18,2 vs 18,9 kg). Ainsi, le rendement carcasse passait de 46 à 43 % entre les poids d'abattage de 40 et 44 kg et à 44 % à 48 kg de poids d'abattage. La surface de l'œil de longe n'était pas significativement affectée par le changement du poids d'abattage (761, 762 et 764 mm²). Par contre, toutes les mesures de gras étaient influencées négativement par le poids d'abattage. La quantité de gras péri-rénal augmentait avec le poids d'abattage (267, 299 et 410 g). Le taux de changement pour l'épaisseur de gras dorsal à la 12^e côte et le gras viscéral était de 1,22 mm et 44,7 g par kg d'augmentation du poids de la carcasse.

En résumé, on peut affirmer que l'augmentation de l'âge et/ou du poids d'abattage des agneaux amène des modifications aux caractéristiques de la carcasse. On note une augmentation du poids de la carcasse (Dickerson et al., 1972). La composition de la carcasse est aussi influencée. La proportion de gras de la carcasse augmente plus rapidement que celle du tissu maigre et cette relation varie selon le degré de maturité à l'abattage et selon les écarts de poids considérés (Kemp et al., 1972; Vesely et al., 1972; Wylie et al., 1997). L'épaisseur de

gras dorsal se trouve aussi augmentée (Dickerson et al., 1972; Vesely et al., 1972). Toutes ces modifications amènent une diminution du rendement de carcasse (Dickerson et al., 1972; Ellis et al., 1997).

2.3 Utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X

2.3.1 Description de la technique

L'absorptiométrie aux rayons X à double intensité ou DXA (dual energy X-ray absorptiometry) est une technique permettant de discriminer les portions de maigre, d'os et de gras d'un corps particulier. Cette méthode est utilisée couramment chez l'humain afin de déterminer le contenu minéral osseux, la densité osseuse et la composition du tissu mou (tous les tissus, à l'exception des os) (Mazess et al., 1990; Going et al., 1993; Svendsen et al., 1993; Jebb et al., 1995; Laskey et Phil, 1996; Lands et al., 1996). Son intérêt réside dans le fait qu'elle est rapide (10 à 20 minutes chez l'humain) et qu'elle permet d'obtenir des mesures autant de régions spécifiques que du corps en entier. Elle implique une dose minimale de radiation comparativement à d'autres méthodes telles que l'absorptiométrie photonique à double intensité et la conductivité électrique du corps entier (Mazess et al., 1990; Laskey et Phil, 1996). Son utilisation dans le cadre d'expériences nécessitant des mesures de composition de carcasse s'avère des plus intéressantes. En effet, cette méthode est une alternative de choix aux coûteuses expériences de dissection et d'analyses chimiques. De plus, c'est une technique non destructive qui peut également s'appliquer aux animaux vivants. Cependant, cette technologie étant assez récente, peu d'études sont disponibles sur le sujet. La plupart de ces dernières ont été menées chez l'espèce porcine.

L'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) est basée sur l'absorption différentielle par les différents tissus à des faisceaux de photons de faible et de haut niveaux d'énergie. Les faisceaux sont produits par un émetteur situé au-dessus du corps à balayer. Une unité de captation des faisceaux se trouve sous le corps à balayer et mesure l'énergie résiduelle après le passage en travers du corps (Laskey et al., 1992). Les deux faisceaux synchronisés

balayent la surface du corps par des allers et retours transversaux (Brienne et al., 2001). Le corps balayé est divisée en surfaces homogènes de petites dimensions (unités = pixels) pour lesquelles la composition en gras, en maigre et en os est déterminée (Mitchell et al., 1996a; Mitchell et al., 1997). Les dimensions des pixels sont déterminées par le mode de balayage et la précision désirée. Lorsque les deux faisceaux traversent le corps à balayer, ils subissent une atténuation de leur énergie. Un coefficient d'atténuation est donc calculé pour chacun des faisceaux et pour chaque pixel. L'atténuation des rayons X dépend de la masse du sujet à balayer, de même que de sa composition (Laskey et Phil, 1996). Le gras et le tissu maigre possèdent des propriétés d'atténuation différentes et celles-ci sont évaluées préalablement par balayage d'étalons de composition connue. Pour la fraction osseuse, l'atténuation est constante, mais différente pour les deux niveaux d'énergie. Brienne et al. (2001) ont formulé des équations permettant de déterminer l'intensité des faisceaux après le balayage d'une masse biologique :

$$I = I_0 * e^{-\mu_1 \rho_1 \chi_1} * e^{-\mu_2 \rho_2 \chi_2} \quad \text{pour le rayon de haute énergie (70 keV)}$$

$$I' = I_0' * e^{-\mu_1' \rho_1 \chi_1} * e^{-\mu_2' \rho_2 \chi_2} \quad \text{pour le rayon de basse énergie (38 keV)}$$

Où :

I et I' : intensité résiduelle après passage à travers la masse biologique

I_0 et I_0' : intensité des rayons émis à haute et basse énergie (keV)

μ_1 et μ_1' : coefficients d'atténuation du 1^{er} type de tissu pour chacun des niveaux d'énergie ($\text{kg}^{-1} \text{cm}^{-2}$)

μ_2 et μ_2' : coefficients d'atténuation du 2^e type de tissu pour chacun des niveaux d'énergie ($\text{kg}^{-1} \text{cm}^{-2}$)

ρ_1 et ρ_2 : densité apparente des deux types de tissus (kg/cm^3)

χ_1 et χ_1' : épaisseur du 1^{er} tissu (cm)

χ_2 et χ_2' : épaisseur du 2^e tissu (cm)

Ces deux équations permettent de constater que l'intensité des faisceaux (I) est fonction du degré d'atténuation du tissu sur le faisceau (μ), de la masse volumique du tissu (ρ) et de son

épaisseur (χ). Le produit de la masse volumique et de l'épaisseur correspond à la masse par unité de surface. On voit aussi que les deux faisceaux du DXA ne permettent de discriminer que deux tissus à la fois (Laskey et Phil, 1996). Ainsi, chaque pixel est identifié comme possédant ou non une fraction osseuse. L'appareil sépare ensuite cette fraction osseuse et celle des tissus mous. En conséquence, s'il y a présence d'os, le DXA ne peut discriminer le gras et le maigre et regroupe ces deux tissus sous la fraction tissus mous (Laskey et Phil, 1996; Mitchell et al., 1997).

Le coefficient d'atténuation des tissus mous (R_{TM}) est le ratio des coefficients d'atténuation de la masse (μ) à 38 et 70 keV (Laskey et Phil, 1996; Mitchell et al., 1996a; Mitchell et al., 1997; Mitchell et al., 1998a):

$$R_{TM} = \frac{\mu_{TM}^{38}}{\mu_{TM}^{70}} = \frac{\ln(I_0^{38}/I^{38})}{\ln(I_0^{70}/I^{70})}$$

Plus l'atténuation du faisceau de basse énergie est grande par rapport à celle du faisceau de haute énergie et plus la valeur de R est élevée. Étant donné que les os bloquent davantage les faisceaux que le maigre et le gras, ils possèdent le R le plus important. Le tissu maigre possède un pouvoir d'atténuation supérieur au gras et donc un R plus élevé que celui-ci. Il a été observé qu'une relation linéaire existe entre le pourcentage de gras du corps à balayer et la valeur R. De plus, cette relation est inversement proportionnelle. Ainsi, la valeur R diminue linéairement avec l'augmentation de la teneur en gras du tissu mou et la situation inverse est aussi vraie. Les études de calibration avec des énergies de 38 et 70 keV rapportent des valeurs de R_{TM} de 1,2 pour le gras à 1,4 pour 100 % de maigre. Si le R est supérieur à 1,4, le tissu est considéré comme de l'os (Laskey et Phil, 1996; Mitchell et al., 1996a; Mitchell et al., 1997; Mitchell et al., 1998a).

Lorsqu'il n'y a pas d'os, la proportion de gras est donnée directement par la valeur R. Cette valeur de R est calculée pour chaque pixel contenant un minimum de 0,003 kg/cm² de tissu et une part infime d'os (< 0,00005 kg/cm²) (Mazess et al., 1990). Comme mentionné précédemment, lorsque de l'os est détecté à l'intérieur d'un pixel, le DXA ne peut déterminer

la teneur en maigre et en gras de cette surface. En conséquence, la composition en gras et en maigre du tissu mou pour chaque pixel est déterminée par extrapolation à partir des régions environnantes exemptes d'os (Laskey et Phil, 1996).

Les résultats s'expriment différemment selon les composantes. Pour les os, on retrouve le contenu minéral osseux (CMO, en grammes), de même que la densité osseuse (DMO, en g/cm^2) (Laskey et Phil, 1996). Pour le gras, la masse totale du tissu mou et sa proportion en gras évaluée par DXA permet de trouver la masse de gras. Selon Mitchell et al. (1997), l'estimation la moins précise avec le DXA serait celle de la teneur en gras de la carcasse. Finalement, la masse de maigre est obtenue par différence entre la masse totale du tissu mou et de celle du gras. La fraction maigre est calculée comme suit (Mitchell et al., 1997) :

$$\text{Fraction maigre} = \frac{(R_{TM} - R_{GRAS})}{(R_{MAIGRE} - R_{GRAS})}$$

Chaque appareil DXA dispose de différents modes de balayage qui diffèrent entre eux par leur vitesse et la dimension des pixels. Le choix du mode est basé sur la précision souhaitée et le temps de balayage disponible. La surface à balayer peut être divisée en plusieurs régions afin de faciliter l'analyse des résultats. Au niveau médical, on retrouve les régions suivantes : bras, jambes, tronc et tête. Le tronc comprend le bassin, la colonne vertébrale et les côtes (Mazess et al., 1990). On peut également déterminer manuellement les régions anatomiques. Cette particularité de l'appareil peut être adaptée à son utilisation avec des carcasses. De cette façon, on peut obtenir la composition de chaque coupe primaire (gigot, longe, épaule et flanc).

2.3.2 Validation de la technique

Les premières études portant sur la technique DXA ont été menées sur des fantômes. Un fantôme est une structure de composition connue utilisé afin de valider l'estimation du DXA. Laskey et al. (1992) ont utilisé un fantôme composé de lard et d'eau pour représenter respectivement le gras et le tissu maigre. Le contenu minéral osseux du fantôme était constant et était composé de la colonne vertébrale fantôme de l'appareil à rayons X (appareil LUNAR

modèle DPX-L de la compagnie Lunar Madison Corp., Madison, Wisconsin, États-Unis) pour représenter le tronc et la colonne vertébrale. Un bloc d'aluminium remplaçait la tête. Le balayage se faisait en mode adulte-corps entier. Au niveau de la détermination de la masse totale de tissus, la mesure DXA était très précise. Pour ce qui est de la masse de gras, il y avait une légère surestimation (103 % de la valeur calculée) et la situation inverse se produisait pour le tissu maigre (98 % de la valeur calculée). Chez l'humain, la capacité du DXA à déterminer la composition corporelle a été validée par Mazess et al. (1990), avec un appareil de type LUNAR. Le contenu minéral osseux était hautement corrélé avec le poids du squelette ($r = 0,99$). Il est important de mentionner qu'une corrélation élevée est possible même si l'appareil produit un biais important (par exemple, une surestimation de toutes les valeurs de 10 %).

Mitchell et al. (1997) ont voulu valider l'utilisation de l'appareil LUNAR chez les poulets. Pour se faire, ils ont utilisé des oiseaux de poids variant entre 400 et 3290 g. De plus, ils analysaient les données avec différents modes. Deux programmes étaient comparés : corps entier pédiatrique (mode néonatal) et corps entier petit animal. Les valeurs obtenues par le LUNAR étaient ensuite comparées aux analyses chimiques des carcasses. Avec le programme « pédiatrique », les valeurs DXA étaient légèrement inférieures aux poids de carcasse réels. Avec le programme « petit animal », c'est le contraire qui se produisait. Cependant, chez tous les groupes de poulets, les deux mesures étaient hautement corrélées ($R^2 > 0,98$; $RSD = 0,106$ kg). Pour le contenu total en gras, le LUNAR obtenait une valeur R variant entre 1,415 et 1,339. Pour les valeurs R inférieures à 1,385, il y avait une relation linéaire entre le R et le pourcentage de gras estimé. Lorsque le R était supérieur à 1,385, le pourcentage de gras estimé demeurait constant à environ 4 %. La capacité du LUNAR à estimer le contenu total en gras était donc fonction du programme et du mode de balayage choisi, de même que de la taille des oiseaux.

Les meilleurs résultats pour le pourcentage de gras corporel étaient obtenus avec des poulets de poids supérieur à 2000 g. En mode « néonatal » et avec le programme « petit animal » en mode « haute résolution », le contenu en gras était surestimé. Le programme « petit animal » en mode « résolution détaillée » sous-estimait ce paramètre. Avec des poulets de poids supérieur à 2000 g, les valeurs de gras DXA se rapprochaient davantage des analyses

chimiques. Le mode « néonatal » et le programme « petit animal » en mode « résolution détaillée » avait la même efficacité. Le mode « haute résolution » surestimait le contenu en gras. En combinant tous les groupes, le coefficient de détermination s'élevait à 0,62, démontrant ici le besoin de parfaire la technique pour la prédiction du contenu en gras.

Pour le maigre de la carcasse (toutes les autres composantes du tissu mou, excluant le gras), les mesures DXA de l'expérience de Mitchell et al (1997) étaient hautement reliées au contenu total en protéine ($R^2 = 0,91$; RSD = 0,038 kg) et en eau ($R^2 = 0,93$; RSD = 0,118 kg) obtenu par analyse chimique. Ces corrélations élevées ont permis le développement d'une équation exprimant la relation entre les grammes de tissu maigre mesurés par DXA ($\text{maigre}_{\text{DXA}}$) et ceux mesurés par analyse chimique (P ou protéines) :

$$P = -2,2 + (0,187 * \text{maigre}_{\text{DXA}})$$

Le même exercice a été fait afin de prédire la teneur en eau (W en grammes) à partir de la quantité de tissu maigre mesurée par DXA :

$$W = 33 + (0,68 * \text{maigre}_{\text{DXA}})$$

Finalement, au niveau des os, le ratio du contenu minéral osseux DXA sur les cendres totales de la carcasse (obtenus par analyse chimique) était de 0,77, malgré un coefficient de détermination (R^2) entre les deux de 0,46. Cette faible corrélation est surprenante, compte tenu que l'appareil LUNAR a été mis au point spécifiquement pour l'évaluation du contenu minéral osseux. Le fait que les analyses chimiques mesurent le contenu en minéraux et que ceux-ci ne se retrouvent pas exclusivement dans les os pourraient expliquer une partie du problème. Malgré tout, cette observation ne peut expliquer à elle seule l'écart important entre les deux mesures. Les auteurs en sont donc venus à la conclusion que la technique DXA était potentiellement intéressante pour la prédiction de la composition de carcasses de poulets, mais qu'elle demandait passablement de raffinement avant son utilisation routinière.

Brunton et al. (1993) ont aussi mesuré un effet du poids sur la capacité du DXA à estimer le contenu en gras chez des porcelets. Ces derniers étaient anesthésiés, puis analysés par DXA en mode « pédiatrique » (appareil Hologic modèle QDR-1000/W de la compagnie Hologic Inc., Waltham, Massachusetts, États-Unis). Pour les animaux d'environ 1600 g, il y avait surestimation de ce paramètre, avec un coefficient de corrélation très faible ($r = 0,06$) avec les résultats de l'analyse chimique. Chez les porcelets de poids supérieur (environ 6 kg), la surestimation était beaucoup moindre, pour un coefficient de corrélation de 0,83.

Svendsen et al. (1993) ont mesuré la composition corporelle à partir d'un appareil LUNAR (modèle DPX-L) en mode « adulte » chez des porcs adultes (35-95 kg de poids vif). Leur étude démontre une étroite relation entre les résultats obtenus par DXA et ceux des analyses chimiques pour la masse de gras ($R^2 = 0,98$; RSD = 1,9 kg) et la masse dégraissée ($R^2 = 0,96$; RSD = 2,7 kg). Étant donné l'écart important dans le poids vif des porcs, le coefficient de corrélation peut s'en trouver augmenté.

Pintauro et al. (1996) ont utilisé un appareil LUNAR (modèle DPX-L) chez des porcs vivants d'environ $25,5 \pm 7$ kg (entre 9,9 et 32,8 % de gras corporel). Deux modes étaient évalués soit le mode « pédiatrique moyen » et le mode « adulte détaillé ». Toutes les mesures étaient prises en duplicata. Les animaux étaient ensuite tués et leurs carcasses analysées chimiquement. En comparant la protéine avec le tissu maigre DXA, les lipides avec le gras DXA et les cendres avec le CMO, il y avait une excellente correspondance avec les deux modes (coefficient de variation de 1, 4 et 2 %). Au niveau de l'estimation du poids corporel, le mode « pédiatrique » s'est avéré supérieur au mode adulte ($R^2 > 0,99$; RSD = 0,24 kg). Pour la protéine, les valeurs de l'analyse chimique étaient hautement reliées aux valeurs DXA et ce, pour les deux modes ($R^2 > 0,98$; RSD = 0,65 kg). La relation entre le contenu en cendres et le contenu minéral osseux DXA était plus faible ($R^2 = 0,68$ et RSD = 0,13 kg pour le mode « adulte » ; $R^2 = 0,94$ et RSD = 0,08 kg pour le mode « pédiatrique »). Du côté de la masse de gras, il n'y avait pas de correspondance parfaite entre le DXA et les analyses chimiques. En effet, le mode « adulte » tendait à sous-estimer ce paramètre tandis que le mode « pédiatrique » le surévaluait. Cependant, la prédiction de la masse de gras par DXA était intéressante ($R^2 > 0,98$; RSD = 0,53 kg). En conclusion, les auteurs mentionnaient qu'aucun des deux modes ne

fournissait directement une évaluation directe convenable de la composition corporelle totale. Leurs résultats permettaient, tout de même, d'établir des équations de régression spécifiques en permettant d'estimer la composition corporelle.

$$\text{Gras (en kg)} = (0,83 * \text{gras}_{\text{DXA}}) + (0,055 * \text{poids corporel}) + 0,34 \text{ kg} \quad R^2 = 0,998$$

$$\text{RSD} = 0,24 \text{ kg}$$

$$\text{Maigre (en kg)} = (0,78 * \text{maigre}_{\text{DXA}}) + (0,16 * \text{poids corporel}) - 0,19 \text{ kg} \quad R^2 = 0,996$$

(mode « adulte ») $\text{RSD} = 0,30 \text{ kg}$

$$\text{Maigre (en kg)} = (0,94 * \text{maigre}_{\text{DXA}}) + (0,15 * \text{poids corporel}) - 2,04 \text{ kg} \quad R^2 = 0,990$$

(mode « pédiatrique ») $\text{RSD} = 0,44 \text{ kg}$

kg : kilogramme

RSD : residual standard deviation

(écart type résiduel)

Les auteurs spécifiaient que ces équations ne devaient être utilisées que pour le maigre et le gras. En effet, ces équations de prédiction ne peuvent être appliqués à la portion osseuse, car le contenu minéral osseux de la carcasse n'est pas évalué directement par les analyses chimiques. C'est le contenu en cendres de la carcasse qui était utilisé comme indicateur du contenu minéral osseux. De plus, les facteurs de correction sont spécifiques à l'appareil, au logiciel ainsi qu'au mode sélectionnés.

Mitchell et al. (1996a) ont étudié la composition corporelle de porcs entiers abattus (entre 10,2 et 60,5 kg) avec la technique DXA ainsi que l'analyse chimique. La technique DXA s'avérait efficace pour la détermination du tissu total et de la protéine (R^2 de 0,937 et 0,998, respectivement avec les analyses chimiques). Le DXA surestimait le pourcentage de gras chez les animaux les plus gras (≥ 20 % de gras) et sous-estimait ce même paramètre chez les plus maigres (< 20 % de gras).

Chez des porcelets vivants (entre 5 et 27 kg), l'appareil LUNAR en mode « pédiatrique » sous-estimait légèrement le poids total de tissu, mais la valeur DXA était fortement reliée avec celle de l'analyse chimique ($R^2 = 0,99$) (Mitchell et al., 1998b). Cette haute corrélation est en accord avec ce qui a été mesuré dans différentes études impliquant des porcelets (Brunton et al., 1993 ; Pintauro et al., 1996).

La capacité du DXA à déterminer avec précision la masse totale de tissu est un aspect fondamental pour son utilisation. Cependant, elle ne garantit pas que cette technique peut prédire efficacement le contenu en gras, en muscle et en os d'un corps spécifique (Jebb et al., 1995 ; Mitchell et al., 1996a). Selon Mitchell et al. (1998b), la technique DXA sous-estime le pourcentage de gras, avec un coefficient de détermination de 0,74 (RSD = 1,57 %) entre la valeur de l'appareil LUNAR et celle de l'analyse chimique. Les auteurs observaient un manque de linéarité entre les valeurs R et la mesure du DXA pour le pourcentage de gras. De plus, les différences entre les valeurs DXA et chimique tendaient à être supérieures chez les animaux moins gras. Ces résultats sont en accord avec ceux d'une expérience précédente où le DXA surestimait le pourcentage de gras chez les porcs contenant plus de 20 % de gras et le sous-estimait chez ceux contenant plus de 20 % de gras (Mitchell et al., 1996a). Les porcelets utilisés par Mitchell et al. (1998b) contenaient moins de 20 % de gras et le pourcentage évalué par DXA était bien sous-estimé comme mentionné précédemment. Pour la masse de gras, les deux mesures se rapprochaient davantage, avec un R^2 de 0,92 (RSD = 0,283 kg). Au niveau du tissu maigre, la mesure du LUNAR était hautement reliée aux quantités de protéine et d'eau obtenues par analyse chimique (R^2 de 0,88 ; RSD = 0,322 kg et R^2 de 0,98 ; RSD = 0,477 kg, respectivement). Le contenu minéral osseux était aussi bien évalué par la technique DXA, avec un coefficient de détermination de 0,88 (RSD = 0,074 kg) entre la valeur du LUNAR et la quantité totale de cendres. Plus précisément, le contenu minéral osseux moyen obtenu par DXA se situait à moins de 2 % de la teneur totale en cendres.

Mitchell et al. (1998a) ont analysé des demi-carcasses de porc (poids entre 10 et 51 kg) avec l'appareil LUNAR (modèle DPX-L). Le mode était choisi en fonction du poids de la carcasse. Le mode « pédiatrique petit » ou « pédiatrique moyen » était appliqué pour les carcasses inférieures à 30 kg. Pour celles au-dessus de 30 kg, le mode « adulte médium » était retenu. Ce

mode permettant l'analyse régionale individuelle, certaines carcasses étaient divisées en quatre régions distinctes : jambon, épaule, longe et flanc. La masse totale de tissu, le gras, le maigre et les os étaient évalués par DXA et comparés aux résultats des analyses chimiques. La valeur moyenne DXA pour la masse totale de tissu n'était inférieure que de 4 % à la valeur moyenne du poids des carcasses mesurée à l'aide d'une balance ($R^2 = 0,99$). Même si non significative, cette différence persistait pour tous les groupes de poids, indiquant une tendance à la sous-estimation du poids par DXA. La valeur moyenne du contenu en gras donnée par DXA (6,89 kg) était de 21,7 % inférieure à celle provenant des analyses chimiques (8,81 kg), pour un R^2 de 0,92 (RSD = 1,17 kg). Pour le pourcentage de gras, il y avait une meilleure correspondance entre le DXA et les analyses chimiques avec des carcasses plus grasses. Ce n'est qu'avec les carcasses composées de 30 à 35 % de gras que les deux types de mesures étaient hautement équivalents. Malgré tout, les valeurs moyennes DXA et celles des analyses chimiques étaient fortement reliées ($R^2 = 0,81$; RSD = 2,59 %). La masse maigre DXA était 4,3 % plus élevée que celle des analyses chimiques. Exprimée en pourcentage de maigre, la mesure DXA était également supérieure. Cependant, il y avait une forte relation entre la masse maigre obtenue par DXA et le contenu en protéine ($R^2 = 0,97$; RSD = 0,272 kg) et celui en eau ($R^2 = 0,99$; RSD = 0,421 kg). Le coefficient de détermination entre la valeur du contenu minéral osseux DXA et le contenu en cendres des analyses chimiques n'était que de 0,68. Le contenu minéral osseux donné par DXA était davantage relié avec le poids de la carcasse ($R^2 = 0,93$) que le contenu en cendres ($R^2 = 0,70$).

En analysant les demi-carcasses par pièces, l'estimation du contenu en gras de l'épaule et du jambon se rapprochait des valeurs des analyses chimiques. Par contre, pour la longe et le flanc, le DXA sous-estimait le contenu en gras et conséquemment surestimait le maigre. Les auteurs expliquent cette différence par l'épaisseur de tissu moindre de la longe et du flanc et par la grande quantité d'os dans la région de la longe. Ils ont aussi suggéré que des équations de prédiction spécifiques pour chacune des pièces devraient être utilisées.

Lukaski et al. (1999) ont comparé la technique DXA (appareil Hologic modèle 2000W) et l'analyse chimique avec des porcs de poids variant entre 52 et 113 kg. Il y avait correspondance entre les deux techniques pour le poids corporel, les masses de gras et les

masses de tissu maigre. Cependant, le poids des cendres de la carcasse était supérieur au contenu minéral osseux DXA. Ceci reflète le fait que les cendres contiennent aussi le contenu minéral non osseux. Comme de nombreuses études (Brunton et al., 1993 ; Pintauro et al., 1996 ; Mitchell et al., 1998b), les auteurs arrivaient à la conclusion que le DXA sous-estimait le pourcentage de gras. Les auteurs expliquaient cette situation par le fait que l'on assume que la quantité et la composition des tissus mous (majoritairement du gras) situés sous les os soient équivalentes à celles situées au-dessus. En effet, la distribution du tissu adipeux dans certaines régions (abdomen, thorax) n'est pas uniforme comparativement à ce qu'on retrouve au niveau des membres. Deuxièmement, ils soulevaient aussi le fait que le DXA ne puisse déterminer la composition tissulaire à l'intérieur des os (principalement du gras : moelle osseuse) contrairement à l'analyse chimique.

Une étude récente de Marcoux et al. (2003) a voulu démontrer la valeur de la technique DXA dans l'évaluation de la composition de demi-carcasses de porcs en la comparant à la dissection. Un appareil LUNAR était utilisé en mode « adulte ». Les meilleurs résultats étaient au niveau du poids de la demi-carcasse ($R^2 = 0,98$; $RSD = 0,273$ kg) et de celui des pièces primaires de la carcasse (épaule, flanc, longe et jambon). Le poids des muscles étaient également bien prédits pour chacune des pièces ($R^2 = 0,87$ et $RSD = 0,200$ kg pour l'épaule, $R^2 = 0,86$ et $RSD = 0,203$ kg pour le jambon, $R^2 = 0,88$ et $RSD = 0,192$ kg pour la longe). La technique DXA avait tendance à surestimer le poids des muscles par rapport aux valeurs de la dissection. Pour le gras de la carcasse, le DXA avait aussi un potentiel intéressant (R^2 de 0,84 et $RSD = 0,482$ kg), mais tendait à sous-estimer ce paramètre. En comparant le DXA aux analyses chimiques de carcasses de porcs, les résultats de Marcoux et al. (2003) démontraient une tendance à la surestimation du maigre et la sous-estimation du gras, tout comme ce qui a été mesuré par Mitchell et al. (1998a). Pour la portion osseuse, les résultats de Marcoux et al. (2003) démontraient que l'appareil LUNAR (modèle DPX-L en mode « adulte ») ne parvenait pas à prédire de façon adéquate la quantité d'os de la carcasse (R^2 entre 0,19 et 0,54). Curieusement, c'était la valeur de muscle donné par DXA qui prédisait le mieux le poids des os de la carcasse. Selon Marcoux et al. (2003), cette situation s'expliquerait par la composition différente des os de la carcasse. En effet, les os longs renferment une grande proportion de moelle (eau et gras), ce qui contribue à augmenter le poids des os sans faire augmenter le

contenu minéral. Cette explication est appuyée par le fait que dans le cas de la longe où les os ne contiennent pas de moelle, le poids de ces derniers est mieux prédit par le contenu minéral osseux que par le muscle DXA. Les auteurs confirmaient aussi le potentiel de la technique pour la prédiction du poids de la viande servant au calcul du rendement boucher ($R^2 = 0,92$; $RSD = 0,435$ kg) et du taux de viande maigre ($R^2 = 0,82$; $RSD = 0,599$ kg).

L'application de la technique DXA pour la détermination de la composition chimique ou disséquée chez l'espèce ovine est toute nouvelle. Vingt-quatre demi-carcasses d'agneaux croisés à partir de brebis Romney et de béliers de différentes races (Dorset Down, Oxford Down, Poll Dorset, Southdown, Suffolk et Texel) ont été analysées avec un appareil DXA (Clarke et al., 1999). Par la suite, les demi-carcasses étaient disséquées puis analysées chimiquement pour le gras et la fraction maigre (eau + protéine). Le poids total DXA (gras + maigre + contenu minéral osseux) se rapprochaient énormément du poids des demi-carcasses mesuré à l'aide d'une balance ($R^2 = 0,99$; $RSD = 0,099$ kg). Les valeurs moyennes des deux types de mesures ne différaient que de 2 %. La relation entre le pourcentage de gras DXA et celui de l'analyse chimique était linéaire et hautement reliée ($R^2 = 0,92$; $RSD = 1,2$ %). Cette situation a déjà été observée dans plusieurs études (Jebb, 1995; Lukaski, 1993; Mitchell et al., 1996a, 1996b, 1997). Pour la masse totale de gras, la relation était encore plus importante entre le DXA et l'analyse chimique, avec un R^2 de 0,97 ($RSD = 0,163$ kg). Du côté de la protéine, la relation entre la masse maigre DXA et la masse maigre chimique (protéine + eau) était encore une fois très étroite ($R^2 = 0,98$; $RSD = 0,232$ kg), avec une différence de 8 % entre les valeurs moyennes des deux techniques. Les relations entre les mesures DXA et celles de la dissection pour la région partant de l'os de la hanche jusqu'aux membres inférieurs (le gigot étant la seule partie disséquée) étaient toutes élevées et se rapprochaient de ce qui avait été mesuré avec les demi-carcasses. Au niveau du gras, des R^2 de 0,83 ($RSD = 1,6$ %) et 0,93 ($RSD = 0,066$ kg) étaient obtenues pour le pourcentage et la masse de gras, respectivement. Finalement, le poids total du gigot obtenait le R^2 le plus élevé entre les deux techniques (0,99 et $RSD = 0,092$ kg). Ces résultats démontrent que l'analyse DXA par région possède une application directe pour la détermination des coupes à privilégier.

Chez des agneaux croisés de poids variant entre 6,1 et 48,6 kg, Rozeboom et al. (1998) ont comparé les paramètres mesurés avec la technique DXA à ceux obtenus par analyse chimique. Le poids de la carcasse était hautement relié avec la masse totale de tissus mesurée par DXA ($R^2 = 0,92$). La relation entre les pourcentages de tissu maigre des deux techniques étaient moins fortes ($R^2 = 0,59$). Pour le pourcentage de gras, l'association entre les mesures des deux techniques était modérée ($R^2 = 0,34$). Les auteurs ont aussi déterminé des équations de prédiction pour les pourcentages d'eau, de gras et de tissu maigre. Le modèle de régression obtenue expliquait respectivement 84, 74 et 85 % de la variation observée, respectivement. La meilleure prédiction était obtenue lorsque la masse maigre donnée par DXA était incluse comme variable indépendante.

2.3.3 Facteurs de variation

Plusieurs facteurs peuvent avoir une action potentielle sur les résultats de la technique DXA. Parmi ceux-ci, on dénombre l'état d'hydratation, la réduction du poids et l'épaisseur de tissu du corps à analyser (Mazess et al., 1990). Au niveau de l'appareil lui-même, la marque ainsi que le logiciel et sa version auraient un effet sur la précision des résultats (Jebb et al., 1995). Des études ont mis en lumière d'importantes différences entre les appareils de marque Hologic, LUNAR et Norland pour la composition en os et en tissus mous (Tothill et al., 1994). Durant les dernières années, les manufacturiers ont mis sur le marché de nouveaux logiciels afin de corriger certains problèmes tels que la dépendance de la mesure du contenu minéral osseux face à l'épaisseur du tissu à balayer (Laskey et Phil, 1996).

Étant donné qu'on doit sélectionner une vitesse de balayage pour l'appareil LUNAR, il est primordial de connaître l'influence de ce paramètre sur la précision des résultats. C'est exactement sur ce point que se sont penchés Mazess et al. (1990). Ainsi, en utilisant de jeunes adultes balayés à vitesse moyenne et rapide, aucune différence n'était perceptible entre les deux vitesses de balayage.

Laskey et al. (1992) ont observé une différence entre le contenu minéral osseux d'un fantôme évalué par le mode de balayage du corps entier ou par le balayage par régions corporelles.

C'est avec le balayage du corps entier qu'ils obtenaient les plus grandes valeurs de contenu minéral osseux. De plus, les différences entre les deux modes augmentaient avec l'épaisseur de tissu. À des épaisseurs de tissu supérieures, l'appareil LUNAR avait de la difficulté à discriminer les os et le tissu mou. De plus, les images apparaissaient moins claires. En conséquence, plus d'os (CMO) était détecté dans les sections osseuses du fantôme de même que dans celles n'en contenant pas (bras et jambes). Afin de vérifier cet effet de l'épaisseur de tissu sur le contenu minéral osseux, les auteurs ont balayé une première fois un jeune homme puis une seconde fois, mais cette fois-ci avec des sacs de solution saline afin d'augmenter l'épaisseur tissulaire d'environ 4 cm. Ici encore, une épaisseur supérieure causait une augmentation d'à peu près 5 % du contenu minéral osseux. Les auteurs ont donc conclu qu'avec des épaisseurs de tissu supérieures (> 20-25 cm), les quantités de gras et d'os seraient surestimées (Laskey et Phil, 1996). Cela s'expliquerait par une augmentation de l'atténuation des photons de basse énergie.

Mazess et al. (1990) ont examiné la relation entre la valeur R et l'épaisseur de tissu en utilisant trois fantômes différents (eau, gras et alcool à 21 %). En passant d'une épaisseur de 15 à 25 cm, il y avait une très légère augmentation du R (0,01). Cependant, les différences entre l'eau et le gras pour le R demeuraient constantes, quelle que soit l'épaisseur. En conséquence, il y aurait une petite influence de l'épaisseur de tissu sur la mesure du gras. Les sujets avec une épaisseur de tissu supérieure obtiendraient donc des valeurs R légèrement plus élevées et une mesure de gras plus faible.

Svendsen et al. (1993) ont comparé les résultats obtenus avec l'appareil LUNAR suite au balayage de jeunes femmes avec ceux obtenus après avoir placé sur ces mêmes sujets une quantité appréciable de lard (8,8 kg pour une épaisseur de 3,5 cm). Les changements au niveau du maigre et du gras étaient détectés par l'appareil, mais la mesure du contenu minéral osseux était augmentée. Les auteurs notaient une élévation du nombre de pixels d'os. Jebb et al. (1995) ont rapporté que le DXA (appareil Hologic modèle QDR-1000W) sous-estimait le pourcentage de gras des épaules de porc, à des épaisseurs de tissu entre 5 et 25 cm. Au-delà de 30 cm d'épaisseur, il y avait une tendance à la surestimation du pourcentage de gras.

Chez des porcs pesant entre 52 et 113 kg, aucune corrélation n'était observée entre les différences DXA-analyse chimique et la variation de l'épaisseur de tissu (variant de 15 à 28 cm) (Lukaski et al., 1999). De même, Clarke et al. (1999) n'ont pas trouvé de variation significative dans les résultats de la technique DXA avec l'épaisseur de tissu avec des demi-carcasses d'agneaux. Cependant, une attention particulière était donnée lors de la découpe afin d'avoir une uniformité dans la division des carcasses. De même, la variation dans l'épaisseur des carcasses entre les sujets était relativement minime.

L'état d'hydratation du corps à balayer a aussi été mentionné comme un facteur pouvant influencer la technique DXA. L'eau ne se trouvant que dans la portion maigre de la carcasse, un changement dans l'état d'hydratation ne devrait se refléter que sur le poids de tissu maigre. Effectivement, Going et al. (1993) n'ont pas observé de différence dans le contenu minéral osseux avec une variation de l'état d'hydratation. Pour le poids total de tissu et le poids de tissu maigre, la technique DXA arrivait à détecter les variations attendues.

Brunton et al. (1993) ont montré que le contenu minéral osseux donné par DXA ne représentait que 70 % de l'analyse chimique des cendres de la carcasse chez des porcs de 1,5 kg tandis que cette valeur augmentait à 99 % pour des animaux de 5,9 kg. Le poids de l'animal aurait donc un effet sur l'efficacité de l'appareil LUNAR à prédire la composition de la carcasse. Mitchell et al. (1998b) ont aussi remarqué un effet du poids sur la capacité de la technique DXA à évaluer le contenu en gras. Ils ont aussi observé qu'un pourcentage de gras inférieur à 4 % ne pouvait être détecté par l'appareil LUNAR. Ils en sont venus à la conclusion que la technique DXA pouvait être très utile, mais à condition qu'il y ait ajustement des résultats pour le poids, le type d'appareil et la version du logiciel.

En résumé, l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) est une technique pouvant prédire la composition tissulaire d'un corps spécifique. Des études chez l'humain, le poulet, le porc et l'agneau ont donné de bons résultats. Les résultats de ces études ont cependant démontré que la technique DXA ne donnait pas une évaluation exacte de la composition. Le DXA sous-estime le poids total, le gras et les os. L'inverse se produit dans l'estimation du maigre où il y a surestimation par DXA. Malgré les divergences entre les

mesures DXA et la composition déterminée par dissection ou analyse chimique, le DXA peut être utile pour la prédiction de la composition. Des équations de prédiction peuvent donc être utilisées de façon efficace. La qualité de la prédiction varie en fonction du tissu évalué. La meilleure prédiction est celle du poids total de tissu, suivi de celle du maigre. Pour la prédiction du gras, on observe une diminution de la qualité de la prédiction par rapport à celle du poids total et du poids de maigre. C'est pour la prédiction des os que la technique DXA est la moins efficace. De plus, pour que la prédiction à partir de la technique DXA soit optimale, on doit choisir le bon mode (en fonction de la taille et du poids de l'élément à balayer). Le tableau 2.1 résume les équations de prédiction obtenues par les études précédentes sur la prédiction corporelle à partir du DXA.

Tableau 2.1. Équations de prédiction de la composition tissulaire par DXA

Équations de prédiction	R ²	Espèce	Auteurs
Protéine (g) = -2,2 + (0,187 *maigre _{DXA})	0,95	Poulet (chimique)	Mitchell et al. (1997)
Protéine (kg) = - 1,28 + (0,227* maigre _{DXA})	0,94	Porc (carcasses) (chimique)	Mitchell et al. (1996a)
Gras (%) = 450 - (315*valeur R)	0,80	Porc	Mitchell et al.
Protéine (g) = -145 + (0,23*maigre _{DXA})	0,98	(demi-carcasses) (chimique)	(1998a)
Maigre (kg) = 1,7382 + (0,9242* maigre _{DXA})	0,88	Porc (demi-carcasses) (dissection)	Marcoux et al. (2003)
Gras (%) = 394 - (277*R)	0,74	Porcelets	Mitchell et al.
Protéine (g) = -157 + (0,188*maigre _{DXA})	0,89	(chimique)	(1998b)
Maigre (kg) = - 2,04 + (0,94*maigre _{DXA}) + (0,15*poids corporel)	0,98	Porcs (chimique)	Svendsen et al. (1993)
Gras (kg) = 0,34 + (0,83* gras _{DXA}) + (0,055*poids corporel) ¹	0,99	Porcs	Pintauro et al.
Maigre(kg) = - 0,19 + (0,78*maigre _{DXA}) + (0,16*poids corporel) ¹	0,98	(chimique)	(1996)
Maigre(kg) = - 2,04 + (0,94*maigre _{DXA}) + (0,15*poids corporel) ²	0,98		
Gras (%) = - 2,25 + (0,92*% gras-gigot _{DXA})	0,83	Agneaux	Clarke et al.
Maigre(%) = 4,53 + (1,04* % maigre-gigot _{DXA})	0,85	(Gigots)	(1999)
Gras (kg) = - 49,16 + (0,87*gras-gigot _{DXA})	0,93	(dissection)	
Maigre (kg) = 55,45 + (1,21*maigre-gigot _{DXA})	0,96		
Masse totale (kg) = - 63,14 + (1,02*masse-gigot _{DXA})	0,99		

¹ pour le mode adulte² pour le mode pédiatrique

2.4 Conclusion et objectifs de l'étude

Cette revue de la littérature scientifique a été réalisée dans le cadre du projet «Utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) pour la prédiction de la composition des carcasses d'agneau». Ce projet s'inscrit dans le mouvement de l'industrie ovine québécoise d'évaluation et d'amélioration de la qualité des carcasses d'agneau afin de rencontrer les exigences des consommateurs. Ce projet comportait de nombreux objectifs. Parmi ceux-ci, on note le développement d'une méthode indirecte d'évaluation de la composition des carcasses des agneaux (muscle, gras et os) à l'aide de mesures de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA). Également, ce projet avait pour but de déterminer, par dissection, la teneur en muscles, en gras et en os de différents génotypes d'agneaux produits au Québec et ce, à différents poids d'abattage.

Cette revue des travaux antérieurs avait donc pour but de résumer ce qui a été fait en terme d'évaluation de la composition de la carcasse chez plusieurs espèces animales, dont le poulet, le porc et surtout l'agneau. Plus précisément, les effets de la race, du sexe et du poids d'abattage sur la composition ont été approfondis afin de bien comprendre les résultats du projet «Utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) pour la prédiction de la composition des carcasses d'agneau» et d'être en mesure de les discuter. Nous avons pu constater qu'il existait de nombreuses différences entre les races et les sexes au niveau de la composition de la carcasse. Pour l'effet de la race, on voit de nets écarts entre les races de type paternel et celles de type maternel. Ces dernières ont tendance à déposer davantage de gras et ce, plus tôt dans le développement de l'animal. Pour l'effet sexe, on observe le même phénomène entre les mâles et les femelles. En effet, les agneaux femelles ont un désavantage au niveau du dépôt du gras. En ce qui concerne l'effet du poids d'abattage, on voit qu'à partir d'un certain poids d'abattage, le dépôt du muscle plafonne tandis que celle du gras augmente.

Cette revue de littérature a aussi permis de résumer les informations disponibles sur l'utilisation en recherche de la technologie de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité, que ce soit chez l'humain ou chez différentes espèces animales (poulets, porcs et

agneaux). La plupart des études arrivent à la conclusion que la technique DXA est très efficace pour la prédiction du poids total et du maigre. La précision de la prédiction du gras est un peu moins fiable. C'est avec les os que la prédiction par DXA est la moins intéressante. Concernant la race, le sexe et le poids d'abattage, aucune des études consultées n'a démontré un effet de ces facteurs sur la précision de la technique DXA. En conclusion, les travaux antérieurs démontrent que le DXA est une technique efficace afin de prédire la composition de la carcasse que ce soit chez des poulets, des porcs ou des agneaux. La prédiction doit toutefois tenir compte de facteurs d'ajustement étant donné que les mesures DXA ne sont pas des estimations exactes de la composition corporelle.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

Brienne, J.P., Denoyelle, C., Baussart, H., Daudin, J.D. 2001. Assessment of meat fat content using dual energy X-ray absorption. *Meat Sci.* 57 : 235-244.

Brunton, J.A., Bayley, H.S., Atkinson, S.A. 1993. Validation and application of dual-energy X-ray absorptiometry to measure bone mass and body composition in small infants. *Am. J. Clin. Nutr.* 58: 839-845.

Butler-Hogg, B.W., Francombe, M.A., Dransfield, E. 1984. Carcass and meat quality of ram and ewe lambs. *Anim. Prod.* 39 : 107-113.

Cameron, N.D., Drury, D.J. 1985. Comparison of terminal sire breeds for growth and carcass traits in crossbred lambs. *Anim. Prod.* 40 : 315-322.

Carson, A.F., Moss, B.W., Steen, R.W.J., Kilpatrick, D.J. 1999. Effects of the percentage of Texel or Rouge de l'Ouest genes in lambs on carcass characteristics and meat quality. *Anim. Sci.* 69 : 81-92.

Clarke, R.D., Kirton, A.H., Bartle, C.M., Dobbie, P.M. 1999. Application of dual-energy x-ray absorptiometry for ovine carcass evaluation. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 59 : 272-274.

Croston, D., Kempster, A.J., Guy, D.R., Jones, D.W. 1987. Carcass composition of crossbred lambs by ten sire breeds compared at the same carcass subcutaneous fat proportions. *Anim. Prod.* 44 : 99-106.

- Crouse, J.D., Busboom, J.R., Field, R.A., Ferrell, C.L. 1981. The effects of breed, diet, sex, location and slaughter weight on lamb growth carcass composition and meat flavor. *J. Anim. Sci.* 53 : 376-386.
- Cruickshank, G.J., Muir, P.D., Maclean, K.S., Goodger, T.M., Hickson, C. 1996. Growth and carcass characteristics of lambs sired by Texel, Oxford Down and Suffolk rams. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 56 : 201-204.
- Cunningham, N.L., Carpenter, Z.L., King, G.T., Butler, O.D., Shelton, J.M. 1967. Relationship of linear measurements and certain carcass characteristics to retail value, quality and tenderness of ewe, wether and ram lambs. *J. Anim. Sci.* 26 : 683-687.
- Dickerson, G.E., Glimp, H.A., Tuma, H.J., Gregory, K.E. 1972. Genetic resources for efficient meat production in sheep, growth and carcass characteristics of ram lambs of seven breeds. *J. Anim. Sci.* 34 : 940-951.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Hogg, B.W., Walters, B.R. 1990. Carcass and eating quality of ram, castrated ram and ewe lambs. *Anim. Prod.* 50 : 291-299.
- Ellis, M., Webster, G.M., Merrell, B.G., Brown, I. 1997. The influence of terminal sire breed on carcass composition and eating quality of crossbred lambs. *Anim. Sci.* 64 : 77-86.
- Flamant, J.C., Perret, G. 1976. Crossbreeding and sheep meat production. Comparison and selection of sire breeds. Dans 2èmes Journées de la Recherche Ovine et Caprine, pp. 110-134. INRA et ITOVIC, Paris.
- Fourie, P.D., Kirton, A.H., Jury, K.E. 1970. Growth and development of sheep. II. Effect of breed and sex on the growth and carcass composition of the Southdown and Romney and their cross. *N. Z. J. of Agr. Res.* 13 : 753-770.

Going, S.B., Massett, M.P., Hall, M.C., Bare, L.A., Root, P.A. 1993. Detection of small changes in body composition by dual-energy X-ray absorptiometry. *Am. J. Clin. Nutr.* 57 : 845-850.

Hanrahan, J.P. 1979. Lamb carcass quality. How important are breed of sire and sex of lamb. *Anim. Prod.* 28 : 3, 457.

Hodge, R.W., Oddie, N. 1984. Prediction of bone-in retail cuts and edible meat of crossbred lamb carcasses. *Austr. J. Exp. Agr. and Anim. Husb.* 24 : 344-349.

Hopkins, D.L. 1989. Development of a commercial price schedule for producers and processors of lambs. *Austr. J. Exp. Agr.* 29 : 23-27.

Hopkins, D.L., Wotton, J.S.A., Gamble, D.J., Atkinson, W.R., Slack-Smith, T.S., Hall, D.G. 1995. Lamb carcass characteristics. 1. The influence of carcass weight, fatness, and sex on the weight of « trim » and traditional retail cuts. *Austr. J. Exp. Agric.* 35 : 33-40.

Jebb, S.A., Goldberg, G.R., Jennings, G., Elia, M. 1995. Dual-energy X-ray absorptiometry measurements of body composition: effects of depth and tissue thickness, including comparisons with direct analysis. *Clin. Sci.* 88 : 319-324.

Jury, K.E., Fourie, P.D., Kirton, A.H. 1977. Growth and development of sheep. IV. Growth of the musculature. *N. Z. J. Agric. Res.* 20 : 115-121.

Kemp, J.D., Shelley, J.M., Ely, D.G., Moody, W.G. 1972. Effects of castration and slaughter weight on fatness, cooking losses and palatability of lamb. *J. Anim. Sci.* 34 : 560-562.

Kempster, A.J., Cuthbertson, A. 1977. A survey of the carcass characteristics of the main types of British lamb. *Anim. Prod.* 25 : 165-179.

- Kempster, A.J., Croston, D., Guy, D.R., Jones, D.W. 1987a. Growth and carcass characteristics of crossbred lambs by ten sire breeds, compared at the same estimated carcass subcutaneous fat proportions. *Anim. Prod.* 44 : 83-98.
- Kempster, A.J., Croston, D., Guy, D.R., Jones, D.W. 1987b. Tissue growth and development in crossbred lambs sired by ten breeds. *Liv. Prod. Sci.* 16 : 145-162.
- Kirton, A.H., Hight, G.K., Duganzich, D.M. 1967. A comparison of the carcass quality of Romney with Border Leicester x Romney lambs and Southdown x Romney with Southdown x (Border Leicester x Romney) lambs. *N. Z. J. Agric. Res.* 10 : 33-42.
- Kirton, A.H., Clarke, J.N., Hickeys, S.M. 1982. A comparison of the composition and carcass quality of Kelly and Russian Castrate, ram, wether and ewe lambs. *Proc. of the N. Z. Soc. Of Anim. Prod.* 42 : 117-118.
- Lands, L.C., Hornby, L., Hohenkerk, J.M., Glorieux, F.H. 1996. Accuracy of measurements of small changes in soft-tissue mass by dual-energy X-ray absorptiometry. *Clin. Invest. Med.* 19 : 279-285.
- Laskey, M.A., Lyttle, K.D., Flaxman, M.E., Barber, R.W. 1992. The influence of tissue depth and composition on the performance of the Lunar dual-energy X-ray absorptiometer whole-body scanning mode. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 : 39-45.
- Laskey, M.A., Phil, D. 1996. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Nutrition* 12 : 45-51.
- Latif, M.G., Owen, E. 1980. A note on the growth performance and carcass composition of Texel- and Suffolk- sired lambs in an intensive feeding system. *Anim. Prod.* 30 : 311-314.
- Leymaster, K.A., Jenkins, T.G. 1993. Comparison of Texel- and Suffolk-sired crossbred lambs for survival. Growth and compositionnal traits. *J. Anim. Sci.* 71 : 859-869.

Lirette, A., Seoane, J.R., Minvielle, F., Froehlich, D. 1984. Effects of breed and castration on conformation, classification, tissue distribution, composition and quality of lamb carcasses. *J. Anim. Sci.* 58 : 6, pp. 1343-1357.

Lloyd, W.R., Slyter, A.L., Costello, W.J. 1981. Effect of breed, sex and final weight on feedlot performance, carcass characteristics and meat palatability of lambs. *J. Anim. Sci.* 51 : 2, pp. 316-320.

Lukaski, H.C., Marchello, M.J., Hall, C.B., Schafer, D.M., Siders, W.A. 1999. Soft tissue composition of pigs measured with dual x-ray absorptiometry: comparison with chemical analyses and effects of carcass thicknesses. *Nutrition* 15 : 9, pp. 697-703.

Lunar Corporation. 1998. DPX Series Operator's Manual. Part Number 6756.

Marcoux, M., Bernier, J.F., Pomar, C. 2003. Estimation of Canadian and European lean yields and composition of pig carcasses by dual-energy x-ray absorptiometry. *Meat Sci.* 63 : 359-365.

Mazess, R.B., Barden, H.S., Bisek, J.P., Hanson, J. 1990. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 51 : 1106-1112.

McClelland, T.H., Bonaiti, B., Taylor, S.C.S. 1976. Breed differences in body composition of equally mature sheep. *Anim. Prod.* 23 : 281-293.

Mitchell, A.D., Conway, J.M., Potts, W.J.E. 1996a. Body composition analysis of pigs by dual-energy x-ray absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 74 : 2663-2671.

Mitchell, A.D., Conway, J.M., Scholz, A.M. 1996b. Incremental changes in total and regional body composition of growing pigs measured by Dual-energy x-ray absorptiometry. *Growth Dev. Aging* 60 : 95-105.

Mitchell, A.D., Rosebrough, R.W., Conway, J.M. 1997. Body composition of chickens by dual energy x-ray absorptiometry. *Poultry Sci.* 76: 1746-1752.

Mitchell, A.D., Scholz, A.M., Pursel, V.G., Evock-Clover, C.M. 1998a. Composition analysis of pork carcasses by dual-energy x-ray absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 76: 2104-2114.

Mitchell, A.D., Scholz, A.M., Conway, J.M. 1998b. Composition analysis of small pigs by dual-energy x-ray absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 76: 2392-2398.

More O'Ferrall, G.J., Timon, V.M. 1977a. A comparison of eight sire breeds for lamb production. 1. Lamb growth and carcass measurements. *Ir. J. Agric. Res.* 16 : 267-275.

More O'Ferrall, G.J., Timon, V.M. 1977b. A comparison of eight sire breeds for lamb production. 1. Lamb carcass composition. *Ir. J. Agric. Res.* 16 : 277-284.

Oberbauer, A.M., Arnold, A.M., Thonney, M.L. 1994. Genetically size-scaled growth and composition of Dorset and Suffolk rams. *Anim. Prod.* 59 : 223-234.

Osikowski, M., Borys, B. 1976. Effect on production and carcass quality characteristics of wether lambs of crossing Blackheaded Mutton, Ile de France and Texel rams with Polish Merino ewes. *Liv. Prod. Sci.* 3 : 343-349.

Pintauro, S.J., Nagy, T.R., Duthie, C.M., Goran, M.I. 1996. Cross-calibration of fat and lean measurements by dual energy x-ray absorptiometry to pig carcass analysis in the pediatric body weight range. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 293-298.

Rozeboom, K.J., Thomas, M.G., Hillman, L. Chanetsa, F., Lipsey, R.L., Keisler, D.H. 1998. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in estimating the carcass composition of wether lambs. *J. Anim. Sci.* 76 suppl. 1 : 149.

- Svendsen, O.L., Haarbo, J., Hassager, C., Christiansen, C. 1993. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *Am. J. Clin. Nutr.* 57 : 605-608.
- Taylor, S.C., Mason, M.A., McClelland, T.H. 1980. Breed and sex differences in muscle distribution in equally mature sheep. *Anim. Prod.* 30 : 125-133.
- Thompson, J.M., Atkins, K.D., Gilmour, A.R. 1979. Carcass characteristics of heavy weight crossbred lambs. II. Carcass composition and partitioning of fat. *Aust. J. Agric. Res.* 30 : 1207-1214.
- Tothill, P., Avenell, A., Reid, D. 1994. Comparisons between Hologic, Lunar and Norland dual-energy x-ray absorptiometers and other techniques used for whole-body soft tissue measurements. *Eur. J. Clin. Nutr.* 48 : 781-794.
- Vesely, J.A., Peters, H.F. 1972. Muscle, bone, and fat and their interrelations in five breeds of lamb. *Can. J. Anim. Sci.* 52 : 629-636.
- Wolf, B.T., Smith, C., Sales, D.I. 1980. Growth and carcass composition in the crossbred progeny of six terminal sire breeds of sheep. *Anim. Prod.* 31 : 307-313.
- Wolf, B.T. 1982. An analysis of the variation in the lean tissue distribution of sheep. *Anim. Prod.* 34 : 257-264.
- Wood, J.D., Macfie, H., Pomeroy, R.W., Twinn, D.J. 1980. Carcass composition in four sheep breeds : the importance of type of breed and stage of maturity. *Anim. Prod.* 30 : 135-152.
- Wylie, A.R.G., Chestnutt, D.M.B., Kilpatrick, D.J. 1997. Growth and carcass characteristics of heavy slaughter weight lambs : effects of sire breed and sex of lamb and relationships to serum metabolites and IGF-1. *Anim. Sci.* 64 : 309-318.

CHAPITRE 3

UTILISATION DE L'ABSORPTIOMÉTRIE AUX RAYONS X À DOUBLE INTENSITÉ POUR LA PRÉDICTION DE LA COMPOSITION DES CARCASSES D'AGNEAUX¹

3.1 Résumé

Cent quarante-quatre agneaux des races Dorset et Suffolk et des deux sexes (mâle ou femelle) et ont été abattus selon quatre strates de poids d'abattage différentes (36-39 kg, 41-44 kg, 46-49 kg et 51-54 kg). Leurs demi-carcasses ont été analysées à l'aide de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) afin d'estimer les poids des tissus totaux, du gras, du muscle et du contenu minéral osseux pour les comparer aux poids obtenus par dissection. C'est dans la prédiction du poids de la demi-carcasse entière et des pièces primaires (épaule, gigot, longe et flanc) que la technique DXA est la plus précise et c'est toujours avec la variable poids DXA que la prédiction est la meilleure ($R^2 > 0,993$). Le poids du muscle de la demi-carcasse est également bien prédit par l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité ($R^2 = 0,93$). La qualité de la prédiction du pourcentage de gras disséqué de la demi-carcasse est beaucoup plus faible ($R^2 = 0,771$ et $CV = 10,41\%$) que celle du poids de tissu total. La prédiction du poids des os par le CMO n'est pas très précise que ce soit pour la demi-carcasse ou pour chacune des pièces primaires (R^2 entre 0,136 et 0,696; CV entre 10 et 12 %). La technique DXA s'avère une méthode de prédiction efficace du poids total et de la quantité de muscle, de gras et d'os des carcasses d'agneaux et de leurs coupes primaires.

¹ Ce chapitre sera soumis pour publication dans la revue scientifique *Meat Science*

3.2 Introduction

Depuis de nombreuses années, les consommateurs associent le gras animal à la recrudescence des maladies coronariennes. Les consommateurs ont réagi en diminuant la teneur en gras de leur alimentation. Ce changement de comportement les a menés à rechercher des coupes de viande plus maigres. Dans le but de répondre aux désirs des consommateurs et d'améliorer la qualité de la viande mise en marché, plusieurs travaux de recherche ont voulu caractériser la composition de la carcasse et évaluer les variations reliées à divers traitements (génétique, alimentation, régie, etc.). La production ovine ne fait pas exception à cette tendance. Cependant, les méthodes traditionnelles utilisées pour l'évaluation de la composition de la carcasse (dissection et analyses chimiques) nécessitent de longues heures de travail et sont conséquemment très coûteuses. De nouvelles technologies sont maintenant disponibles telles que l'impédance bioélectrique (BIA : Bio-Impedance Analysis ; Mazess et al., 1990), la conductivité électrique du corps entier (TOBEC : Total Body Electrical Conductivity; Roubenoff et al., 1993), l'imagerie par résonance magnétique (Mazess et al., 1990), la tomographie aux rayons X assistée par ordinateur (Brienne et al., 2001) et l'absorptiométrie photonique à double intensité (DPA) (Brienne et al., 2001). Une autre de ces méthodes appelée «absorptiométrie aux rayons X à double intensité» ou DXA peut aussi être utilisée pour la détermination de la composition corporelle (Mazess et al., 1990). Le DXA est rapide, simple à utiliser et très précis. De plus, le DXA a l'avantage de ne pas dépendre d'autres mesures (longueur, température de la carcasse) comme avec les technologies BIA et TOBEC (Cosgrove et al., 1988 ; Laskey et Phil, 1996).

L'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) permet de déterminer très rapidement (20 minutes par demi-carcasse d'agneau) les portions de maigre, de gras et de contenu minéral osseux d'un corps particulier. Cette technique est basée sur l'absorption différentielle des tissus à deux faisceaux de photons de faible et de haut niveaux d'énergie (Mazess et al., 1990). Pour l'appareil DXA de marque LUNAR (LUNAR Corporation; modèle DPX-L; Madison, Wisconsin, États-Unis), ces niveaux sont de 38 et 70 kilo-électronvolt (keV). Lorsque les deux faisceaux traversent le corps à balayer, ils subissent

une atténuation de leur énergie. Un coefficient d'atténuation est donc calculé pour chacun des faisceaux et pour chaque pixel. Le gras et le tissu maigre possèdent des propriétés d'atténuation différentes et celles-ci sont évaluées préalablement par balayage d'étalons de composition connue. Pour la fraction osseuse, l'atténuation est constante pour les deux niveaux d'énergie. Le coefficient d'atténuation des tissus mous (valeur R) est le ratio des coefficients d'atténuation à 38 et 70 keV (Laskey et Phil, 1996 ; Mitchell et al., 1996a; Mitchell et al., 1997; Mitchell et al., 1998a). Plus la capacité d'atténuation du faisceau de basse énergie par les tissus est supérieure à celle du faisceau de haute énergie et plus la valeur de R est élevée. La valeur R diminue linéairement avec l'augmentation de la teneur en gras du tissu mou. Les résultats s'expriment différemment selon les composantes. Pour les os, on retrouve le contenu minéral osseux (CMO, en g), de même que la densité osseuse (DMO, en g/cm^2) (Laskey et Phil, 1996). Pour le gras, la masse totale du tissu mou et sa proportion en gras est évaluée par le DXA. Finalement, la masse de maigre est obtenue par différence entre la masse totale du tissu mou et de celle du gras. On peut donc utiliser ces différentes composantes DXA afin de prédire la composition observée de la demi-carcasse.

Cette technique a déjà été validée chez l'humain (Mazess et al., 1990 ; Van Loan et Mayclin, 1992 ; Going et al., 1993 ; Pritchard et al., 1993 ; Tothill et al., 1994 ; Tataranni et al., 1996 ; Oldroyd et al., 1998). En effet, elle est couramment utilisée au niveau médical pour déterminer le contenu minéral osseux, la densité osseuse et la composition en gras et en muscle des tissus. Le DXA a aussi fait l'objet d'études chez les animaux d'élevage : avec des porcs vivants (Brunton et al., 1993 ; Svendsen et al., 1993 ; Picaud et al., 1996 ; Pintauro et al., 1996 ; Mitchell et al., 1998b ; Lukaski et al., 1999), des carcasses de porcs (Ellis et al., 1994 ; Mitchell et al., 1996a, 1998a ; Brienne et al., 2001 ; Marcoux et al., 2003), des poulets (Mitchell et al., 1997) et des agneaux (Rozeboom et al., 1998 ; Clarke et al., 1999). Ces études ont démontré que le DXA s'avérait efficace pour prédire de la composition corporelle chez l'espèce porcine. Cependant, les porcs sont des animaux de forme et d'épaisseur différentes de celles des agneaux. La composition de leur carcasse est aussi différente (Field et al., 1974 ; Kempster, 1980). Ces différences entre les espèces ovine et porcine ne nous permettent donc pas de transposer directement cette technologie sans la valider préalablement avec des ovins. De plus, le DXA a déjà été utilisé chez l'agneau, mais avec un appareil de type Hologic (Rozeboom et al., 1998 ; Clarke et al.,

1999). Néanmoins, il existe des différences entre les appareils dans leur capacité d'évaluation de la composition corporelle (Olroyd et al., 1998). C'est pourquoi, nous avons comparé les résultats de la dissection des demi-carcasses d'agneaux avec ceux du DXA afin de valider cette technique et de déterminer précisément les équations de prédiction basées sur les variables DXA. Nous avons utilisé deux races très différentes : le Dorset, une race de type maternel et le Suffolk, une race de type paternel. Nous avons aussi utilisé des agneaux mâles et femelles et des poids d'abattage couvrant un large éventail, de 36 à 54 kg, afin d'avoir des demi-carcasses de composition très différente et de vérifier si l'appareil n'était pas influencé par ces différences importantes dans la composition. La technique DXA pourrait s'avérer utile dans la prédiction de la composition de la carcasse d'agneau, dans le but de remplacer la méthode de dissection lors de futurs projets d'évaluation de la qualité de carcasse chez l'espèce ovine. De plus, contrairement aux études précédentes menées chez l'espèce ovine, la présente étude désire valider la technique DXA avec des génotypes adaptés au marché nord-américain.

3.3 Matériel et méthodes

3.3.1 Échantillonnage des animaux et conditions d'élevage

Cent quarante quatre brebis de race Suffolk (SU) et 129 brebis de race Dorset (DP) ont été synchronisées à l'aide d'éponges vaginales chez 9 producteurs commerciaux de façon à obtenir 72 agneaux SU (36 mâles entiers et 36 femelles) et 72 agneaux DP (36 mâles entiers et 36 femelles). Les saillies ont été synchronisées pour aider à uniformiser l'âge et le poids des agneaux au début du test. Au sevrage, vers 50 jours d'âge, les agneaux ont été pesés à la ferme et envoyés à la Station d'évaluation des agneaux commerciaux de Saint-Jean-de-Dieu (Québec) afin que tous les agneaux soient élevés dans des conditions environnementales similaires.

Les 144 agneaux utilisés dans ce projet ont été distribués au hasard selon un plan expérimental en factoriel $2 \times 2 \times 4$ en blocs complets, dont les effets principaux étaient le sexe (mâles et femelles), la race (SU et DP) et la strate de poids à l'abattage ($P1 = 37,5$ kg,

P2 = 43,3 kg, P3 = 48,6 kg et P4 = 53,2 kg). Les agneaux ont été répartis dans 18 enclos contenant chacun huit agneaux. Les agneaux de chaque bloc ont été placés dans deux enclos selon leur sexe. Dans chaque enclos, quatre agneaux de chaque race, chacun appartenant à un poids d'abattage différent, ont été placés (P1, P2, P3 et P4). Les agneaux ont été nourris à volonté avec un aliment complet ovin de type début contenant 18 % de protéines et rumensin jusqu'à environ 35 kg (moulée tout cube contenant de la farine de luzerne) et un aliment de type croissance ayant 15 % de protéines et du rumensin (moulée tout cube contenant de la farine de luzerne) pour le reste de leur croissance. De l'eau et un fourrage sec de bonne qualité leur étaient également servi à volonté.

3.3.2 Abattage

Les agneaux ont été pesés hebdomadairement tout au long de l'expérience. À l'atteinte du poids d'abattage (évalué à la balance, de façon individuel), les agneaux ont été mis à jeun la veille de l'abattage, assurant un jeûne minimum de 12 heures. Les agneaux ont été abattus dans un abattoir commercial après une dernière pesée (à jeun) juste avant l'abattage. Après cette opération, la peau a été enlevée et la tête coupée au niveau de la première vertèbre cervicale. Chacune des carcasses d'agneaux a été pesée à chaud, puis refroidie et conservée à une température de 4°C pendant 24 heures. Par la suite, les carcasses ont été classifiées selon les barèmes d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (ACIA, 1999) par du personnel expérimenté et le poids des carcasses froides a été enregistré. Lors de cette manipulation, le gras péri-rénal a été retiré de la carcasse et conservé dans un sac identifié au numéro de la carcasse. Les carcasses ont ensuite été coupées longitudinalement et cinq jours après l'abattage, la moitié gauche a été pesée et expédiée au Centre de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville.

3.3.3 Découpes et mesures par absorptiométrie

À l'arrivée au Centre de recherche, chaque demi-carcasse a été pesée à nouveau. La longueur, de la première côte à l'os de la hanche, le nombre de côtes et toutes les remarques concernant la demi-carcasse (qualité de la coupe longitudinale, ablation de certains

éléments) ont été notés. La panne, les parures, l'onglet et le bout de la patte avant jusqu'à l'articulation du genou ont été retirés, puis pesés. Les demi-carcasses ont été découpées en quatre pièces primaires : épaule, gigot, longe et flanc (annexe A). Chaque pièce a été pesée individuellement.

Dans le but de connaître leurs teneurs en muscle, en os et en gras, les demi-carcasses ont été balayées par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA), à l'aide d'un ostéodensitomètre (LUNAR Corporation; modèle DPX-L; Madison, Wisconsin, États-Unis). Les quatre pièces primaires ont été placées sous l'appareil en respectant la disposition anatomique de la demi-carcasse. Le mode pédiatrique moyen a été utilisé pour le balayage des demi-carcasses. Le choix de ce mode a été basé sur une expérience préliminaire qui démontrait une meilleure correspondance, avec ce mode, entre les données DXA et celles de la dissection. Les résultats du balayage ont été analysés à l'aide du programme Corps entier version 4.7e (LUNAR Corporation; Madison, Wisconsin, États-Unis) pour la demi-carcasse entière, de même que pour chacune des pièces primaires (analyse par régions). Ces analyses ont permis d'estimer, pour l'ensemble de la demi-carcasse et pour chacune des pièces primaires, le poids total ainsi que celui des muscles, du gras et du contenu minéral osseux (CMO). Une valeur R, représentant le rapport des coefficients d'atténuation des deux faisceaux de rayons X, a aussi été obtenue.

Une découpe commerciale consistant en la séparation des pièces primaires en huit parties (épaule carrée, cou, jarret, pointe de la poitrine, gigot semi-désossé, longe, carré et flanc) a été réalisée par la suite. Chaque pièce issue de la découpe commerciale a été disséquée afin de séparer les muscles, les os ainsi que les gras sous-cutané, intermusculaire et viscéral. Chacune de ces fractions disséquées a été pesée.

3.3.4 Analyses statistiques

Les poids des fractions obtenues par dissection et celle par DXA ont été comparés à l'aide de l'analyse T-Test avec la procédure « Means » (SAS, 1999). La relation mathématique entre le poids des différents tissus obtenus par dissection et ceux estimés par DXA a été

établi par régression linéaire, à l'aide de la procédure « Reg » du logiciel SAS. Pour ce faire, le poids des différents tissus estimés par DXA (muscle, gras et CMO) et la valeur R étaient les variables indépendantes. Les poids des tissus disséqués, soit le poids total ainsi que le poids des muscles, du gras et des os, étaient les variables dépendantes. Pour les analyses de régression du poids total de la demi-carcasse, les variables retenues ont été celles provenant de l'analyse globale des tissus de la demi-carcasse. Seulement les variables DXA (variables indépendantes) de chacune des pièces primaires ont été utilisées pour la prédiction des poids des différents tissus et le poids total de la pièce correspondante dans les analyses de régression.

La précision de la relation entre les variables obtenues par dissection et celles obtenues par DXA a été évaluée sur la base de leur coefficient de détermination ajusté (R^2) et leur écart type résiduel (ETR). L'effet du sexe, de la race et du poids d'abattage sur la qualité de la prédiction ont été vérifiés par analyse de variance des résidus obtenus des régressions. L'erreur entre les variables obtenues par dissection et celles obtenues par DXA a été estimée en suivant la procédure de Theil (1966) et définie comme étant la moyenne des carrés de l'erreur (mean square of the prediction error : MSPE) et la moyenne observée. La MSPE a été décomposée en erreur de tendance centrale (ETC), erreur due à la régression (ER) et erreur due au bruit (EB) comme suggéré par Benchaar et al. (1998). L'erreur de tendance centrale indique comment les moyennes DXA s'écartent des valeurs moyennes de la dissection. L'erreur due à la régression mesure la déviation du coefficient de régression obtenu par la méthode des moindres carrés par rapport à un, la valeur qui aurait été obtenue si la dissection et le DXA avaient été en accord parfait. L'erreur due au bruit est la variation restante. En fait, cette erreur est la variance inexplicée et elle représente la portion de la MSPE qui ne peut pas être corrigée (Theil, 1966). Finalement, lorsque exprimées en pourcentage de la MSPE, l'erreur de tendance centrale, l'erreur due à la régression et l'erreur due au bruit sont appelées proportion du biais, proportion de la régression (déviation de la pente de régression par rapport à un) et proportion du bruit, respectivement. Tous les calculs ont été faits en utilisant les procédures statistiques appropriées (SAS, 1999) ou programmés avec le même logiciel.

3.4 Résultats et discussion

3.4.1 Statistiques descriptives

Le poids chaud moyen des carcasses, tous sexes, races et poids d'abattage confondus, étaient de $23,86 \pm 3,68$ kg et il est représentatif du poids d'abattage des agneaux commerciaux de la province de Québec. En effet, Hammell et Laforest (1999) ont mesuré des poids moyens de carcasses chaudes de 23,2 kg pour les mâles et 22,6 kg pour les femelles, avec des animaux engraisés dans les deux stations d'épreuve des agneaux commerciaux du Québec, durant la période 1992-1995. En ce qui concerne la composition de la demi-carcasse (Tableau 3.1), les pourcentages moyens de gras disséqué (24,3 %) et de muscle disséqué (55,5 %) sont en accord avec ce qui a été mesuré par Kempster et Cuthbertson (1977) (24 % gras et 56 % muscle), Wolf et al. (1980) (26,7 % gras et 55,7 % muscle), Beermann et al. (1995) (25 % gras et 55,6 %) et Hopkins (1996) (26,8 % gras et 57,5 % muscle) pour des agneaux de poids équivalent.

En comparant les données de composition de la demi-carcasse et de chacune des pièces primaires obtenues par dissection avec celles mesurées par DXA (Tableaux 3.1 et 3.2), le DXA tend à sous-estimer les quantités totales de tissus, de gras ($P < 0,001$) et à surestimer la quantité de muscle ($P < 0,001$) (Tableau 3.1). Ceci s'avère vrai pour la demi-carcasse et toutes les pièces primaires prises séparément. Des observations semblables ont été rapportées chez le porc (Mitchell et al., 1998b; Lukaski et al., 1999; Marcoux et al., 2003). Ces écarts entre la dissection et le DXA peuvent s'expliquer par plusieurs raisons. Tout d'abord, il ne faut pas oublier que le DXA a été mis au point pour une utilisation médicale chez les humains et avant tout pour l'estimation du contenu minéral osseux et de la densité osseuse. L'application de cette technologie pour l'évaluation de la composition du tissu mou a été faite en utilisant des « fantômes » composés de lard, de polyoxyméthylène (une résine), d'alcool et d'eau (équivalent à 99,5, 40, 21 et 5 % de gras) (Mazess et al., 1990). Ces matériaux représentaient un large éventail de % de gras et c'est la relation entre leurs valeurs R respectives qui a permis de calibrer le DXA pour l'estimation de la composition du tissu mou (Mazess et al., 1990). Plus précisément, cette calibration a permis de

déterminer les coefficients références d'atténuation du gras et du maigre nécessaires dans le calcul de la valeur R servant à l'estimation de la quantité de gras et de maigre par DXA.

Tableau 3.1 Poids total et des muscles, du gras et des os disséqués des demi-carcasses et des coupes primaires^a

Variables	Moyenne	ETR ^b	Min	Max
Demi-carcasse				
Gras ^c (%)	24.3	5.3	10.4	37.8
Gras ^d (g)	2 791	898	835	5 116
Muscle ^e (g)	6 238	849	4 325	8 253
Os ^f (g)	2 042	296	1 480	2 936
Poids total (g)	11 071	1 683	7 452	14 049
Épaule^g				
Gras (%)	23.9	4.6	12.6	36.7
Gras (g)	976	273	384	1 705
Muscle (g)	2 169	313	1 487	2 892
Os (g)	852	146	566	1 388
Poids total (g)	3 997	591	2 761	5 310
Gigot^g				
Gras (%)	18.5	3.8	7.7	27.9
Gras (g)	722	206	234	1 259
Muscle (g)	2 421	320	1 707	3 165
Os (g)	704	109	487	951
Poids total (g)	3 848	540	2 706	4 870
Longe^g				
Gras (%)	30.4	8.3	9.7	51.4
Gras (g)	706	314	124	1 676
Muscle (g)	1 159	178	722	1 561
Os (g)	350	70	197	559
Poids total (g)	2 220	467	1 195	3 251
Flanc^g				
Gras (%)	37.2	8.1	14.7	57.7
Gras (g)	387	141	93	869
Muscle (g)	489	87	245	789
Os (g)	135	26	84	202
Poids total (g)	1 012	203	581	1 504

^aN = 140 observations pour toutes les variables étudiées.

^bETR, écart type résiduel.

^c [(Différence entre le poids total des coupes disséquées et la somme des os et des muscles disséqués) divisée par le poids total] x 100.

^d Différence entre le poids total des coupes disséquées et la somme des poids disséqués des os et des muscles

^e Différence entre le poids total des coupes disséquées et la somme des poids disséqués des os, le gras intermusculaire, viscéral et sous-cutané

^f Incluant une partie des pattes avant, arrière et la queue.

^g Selon la méthode de dissection détaillée à l'annexe A.

Tableau 3.2 Composition de la demi-carcasse et des coupes primaires ainsi que la valeur R obtenus par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA)^a

Variables	Moyenne^b	ETR^c	Min	Max
Demi-carcasse				
Gras (%)	11.4	5.6	3.8	25.1
Gras (g)	1 285	762	282	3 161
Muscle (g)	8 986	1 186	6 311	11 658
CMO ^d (g)	430	76	255	661
R-value ^e	1.369	0.013	1.339	1.396
Poids total (g)	10 701	1 731	6 909	13 845
Épaule				
Gras (%)	11.8	5.0	3.9	23.8
Gras (g)	484	248	111	1 097
Muscle (g)	3 297	446	2 308	4 330
CMO ^d (g)	179	36	108	305
R-value ^e	1.367	0.011	1.341	1.391
Poids total (g)	3 963	614	2 584	5 312
Gigot				
Gras (%)	9.4	4.3	3.8	21.2
Gras (g)	368	197	102	926
Muscle (g)	3 243	411	2 364	4 333
CMO ^d (g)	177	29	113	239
R-value ^e	1.373	0.011	1.347	1.398
Poids total (g)	3 787	547	2 590	4 805
Longe				
Gras (%)	13.7	8.3	3.8	32.9
Gras (g)	316	248	38	1 036
Muscle (g)	1 688	275	914	2 229
CMO ^d (g)	66	16	31	124
R-value ^e	1.365	0.019	1.325	1.401
Poids total (g)	2 070	479	993	3 150
Flanc				
Gras (%)	13.4	7.0	3.9	33.3
Gras (g)	130	86	20	393
Muscle (g)	758	138	437	1 123
CMO ^d (g)	8	3	2	17
R-value ^e	1.365	0.016	1.325	1.398
Poids total (g)	898	202	469	1 412

^a N = 140 observations pour toutes les variables étudiées.

^b Chaque variable de la composition corporelle déterminée par DXA est différente ($P \leq 0,001$) de sa valeur de dissection respective (valeurs moyennes présentées au Tableau 3.1).

^c ETR, écart type résiduel.

^d CMO, contenu minéral osseux.

^e Valeur R, ratio entre les coefficients d'atténuation des deux rayons X d'énergie différente.

Étant donné que ces fantômes n'étaient composés que d'un seul type de matériel disposé uniformément, on peut s'attendre à des écarts dans l'estimation de la composition tissulaire par DXA avec des animaux entiers ou des carcasses. En effet, les animaux sont composés de plusieurs tissus et leur disposition n'est pas homogène. De plus, la composition de ces matériaux n'est pas exactement représentative de la composition des tissus disséqués.

Une autre source d'erreur pour expliquer la différence provient de la valeur R. En effet, le DXA assume que l'état d'hydratation de la fraction maigre du tissu mou est constante dans son calcul du coefficient d'atténuation du maigre (R_{maigre}). Or, l'état d'hydratation peut varier selon le stade de développement (Roubenoff et al., 1993). Chez de jeunes animaux, comme les agneaux, on peut s'attendre à une différence par rapport à la valeur de référence calculée chez l'humain. L'état d'hydratation peut aussi différer entre les pièces primaires issues de la demi-carcasse, les petites pièces perdant davantage d'eau par évaporation que les plus grosses pièces. Des valeurs d'hydratation variables peuvent modifier le R_{maigre} de sa valeur de calibration et ainsi affecter la valeur R et amener une erreur dans la détermination de la teneur en gras et en maigre (Brunton et al., 1993).

Une autre explication a été avancée sur les problèmes d'estimation des tissus par DXA. En effet, une augmentation de l'épaisseur a comme effet d'augmenter la valeur R par un phénomène appelé « beam hardening » : les photons de basse énergie sont retirés du rayon X, et de ce fait, changent la distribution spectrale pour des énergies de photon supérieures (Genton et al., 2002). Même si une calibration efficace du DXA à l'aide d'un fantôme de composition connu corrige le « beam hardening » (Lunar Corporation, 1998), certaines études ont observé une sous-estimation du gras chez des sujets d'épaisseur tissulaire supérieure à 10 cm de tissu (Mazess et al., 1990 ; Madden et al., 1997).

La caractérisation différente de certains tissus entre la dissection et le DXA peut aussi expliquer la non concordance entre les données DXA et celles de la dissection. Par exemple, au niveau du gigot, le bout de patte arrière et la queue n'ont pas été disséqués et leurs poids ont été comptabilisés comme de l'os par la dissection. Cependant, ces deux

parties contiennent également du muscle et du gras que le DXA est en mesure de détecter. Le même phénomène s'observe avec le bout de patte avant, au niveau de l'épaule.

Une autre cause d'erreur repose sur le fait que le DXA ne peut discriminer plus de deux tissus à la fois. En effet, la technologie DXA balaie le sujet avec deux faisceaux de rayons X et mesure leur atténuation par pixels de dimension prédéterminée. Le coefficient d'atténuation des deux faisceaux est constant pour les pixels avec de l'os. Pour ceux sans os, le rapport entre les deux coefficients d'atténuation varie linéairement avec la teneur en gras du tissu mou. La valeur R est donc utilisée pour calculer les quantités de gras de chaque pixel pendant que la quantité de muscle est donnée comme étant la différence entre la masse totale du pixel moins celle du gras estimée. Par la suite, la composition en gras et en muscle du tissu mou des pixels avec de l'os est assumée similaire à celle du tissu mou de la région avoisinante des os (Lunar Corporation, 1998). En conséquence, lorsqu'il y a présence d'os, le DXA ne peut séparer le gras et le muscle et il assume que la quantité et la composition du tissu mou de la région contenant de l'os est équivalente à celle de la région avoisinante ne contenant pas d'os. Conséquemment, l'estimation de la composition des tissus mous des pièces contenant une forte proportion d'os n'est pas aussi efficace que celle des régions sans os à cause du peu de pixels sans os disponibles pour l'évaluation directe des quantités de gras et de muscle dans les pièces à forte proportion osseuse (Genton et al., 2002). Lukaski et al. (1999) ont expliqué la sous-estimation du gras et des os par le fait que le DXA est incapable d'évaluer la composition des tissus mous contenus à l'intérieur de l'os (i.e., la moelle).

3.4.2 Prédiction du poids de la carcasse et des tissus disséqués à partir des variables DXA

La relation mathématique existante entre les variables indépendantes obtenues par DXA (variables indépendantes) et les variables obtenues par dissection (variables dépendantes) pour la demi-carcasse entière et pour chacune des pièces primaires disséquées a été étudiée. Malgré des différences importantes observées entre les variables étudiées selon la race, le sexe et le poids d'abattage, ces traitements n'ont pas eu d'effet sur les résidus obtenus par

régression entre les variables de dissection et celles obtenues par DXA. Nous pouvons donc conclure que la capacité du DXA à estimer la composition des sujets balayés est indépendante du sexe, de la race ou du poids d'abattage des agneaux, c'est-à-dire du poids ou de la composition des carcasses. Cette observation est intéressante, car aucune étude préalable n'a vérifié l'effet de ces facteurs sur la précision de la technique DXA. Conséquemment, seulement les résultats des régressions obtenues pour l'ensemble des données, tous sexes, races et poids d'abattages confondus, sont présentés et discutés dans cet ouvrage.

3.4.2.1 Poids de la carcasse

En général, le DXA sous-estime le poids de la demi-carcasse (Figure 3.1) ainsi que celui des pièces primaires ($P < 0,001$) (Tableaux 3.1 et 3.2). Le même phénomène a été observé chez des poulets (Mitchell et al., 1997), chez des porcs (Mitchell et al., 1998a et 1998b; Marcoux et al., 2003) ainsi que chez des agneaux (Rozeboom et al., 1998; Clarke et al., 1999). En étudiant l'erreur de prédiction moyenne (« root mean square prediction error » ou RMSPE) de la relation établie entre les poids de la demi-carcasse à la dissection et le poids estimé par DXA, on voit que la plus grande partie de l'erreur provient de la distance entre la courbe de régression et la ligne d'identité (erreur de tendance centrale = 91 %). Conséquemment, l'erreur provient majoritairement de la sous-estimation du DXA (différence entre les moyennes). Le reste de l'erreur est expliqué par la variation aléatoire (erreur due au bruit = 7 %) et par la pente de la courbe de régression (erreur due à la régression = 2 %).

Le poids de la demi-carcasse entière et de celui de l'épaule, de la longe et du gigot est prédit par DXA avec des coefficients de détermination élevés ($R^2 > 0,995$) et des coefficients de variation de l'erreur faibles ($CV < 1$ %) (Tableau 3.3). Le poids du flanc est légèrement moins bien prédit par les variables DXA avec un $R^2 = 0,955$ et un $CV = 4,3$ % (Tableau 3.3). Cette perte de précision de la prédiction du poids du flanc par le DXA peut s'expliquer par la faible épaisseur de ce morceau (Jebb et al., 1995; Mitchell et al., 1996a, 1998a), ce qui limite la capacité de l'instrument à détecter correctement l'atténuation des

rayons X qui le traversent (Mazess et al., 1990). Dans notre expérience, les flancs des agneaux de petits poids montraient parfois quelques pixels non lus par DXA.

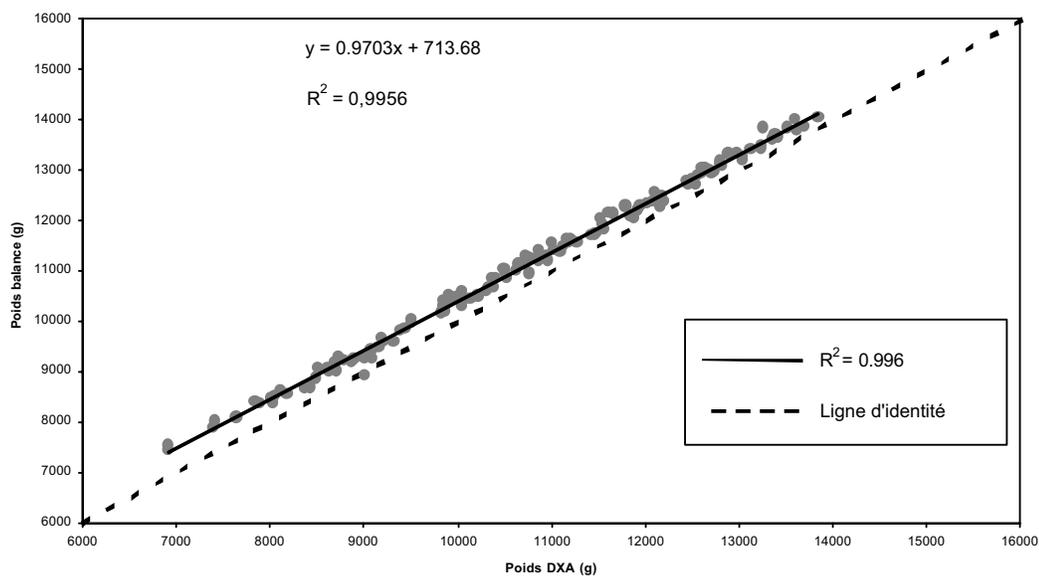


Figure 3.1 Poids total des demi-carcasses d'agneaux mesuré avec une balance en fonction du poids estimé par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA).

Poids total moyen des demi-carcasses d'agneaux mesuré avec une balance = 11 070 g ; erreur de prédiction moyenne (%) = 3,65 ; erreur de tendance centrale (%) (ETC) = 91,10 ; erreur due à la régression (%) (ER) = 1,53 ; erreur due au bruit (%) (ED) = 7,37.

Courbe de régression (—); ligne d'identité (- -).

Tableau 3.3 Qualité de la prédiction des poids de tissus disséqués basée sur les variables obtenues par absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) ^a

Variable dépendante (dissection)	Variable indépendante (DXA)	R ²	ETR ^b	CV ^c	Ordonnée à l'origine ± e.s. ^d	Pente ± e.s.
Demi-carcasse						
Gras (%)	Valeur R	0,771	2,5	10,4	518,24 ± 23,04	-360,80 ± 16,83
Muscle (g)	Muscle total (g)	0,930	226,0	3,6	32,77 ± 146,78	0,67 ± 0,02
Os (g)	CMO (g)	0,478	207,5	10,2	913,89 ± 100,99	2,61 ± 0,23
Poids total (g)	Poids total	0,996	103,7	0,9	713,68 ± 55,35	0,97 ± 0,01
Épaule						
Gras (%)	Valeur R	0,684	2,6	10,8	482,71 ± 26,61	-335,54 ± 19,46
Muscle (g)	Muscle (g)	0,890	103,7	4,8	-15,67 ± 65,60	0,66 ± 0,02
Os (g)	CMO (g)	0,468	101,5	12,0	369,17 ± 44,13	2,67 ± 0,24
Poids total (g)	Poids total (g)	0,993	50,6	1,3	193,34 ± 28,08	0,96 ± 0,01
Gigot						
Gras (%)	Valeur R	0,685	2,1	11,4	421,22 ± 23,37	-293,19 ±
Muscle (g)	Muscle (g)	0,929	85,4	3,5	-11,66 ± 57,66	17,02
Os (g)	CMO (g)	0,426	81,9	11,6	268,89 ± 43,74	0,75 ± 0,02
Poids total (g)	Poids total (g)	0,995	39,6	1,0	162,12 ± 23,70	2,47 ± 0,24
						0,98 ± 0,01
Longe						
Gras (%)	Valeur R	0,780	3,9	12,9	556,71 ± 23,76	-385,61 ± 17,41
Muscle (g)	Muscle (g)	0,826	74,5	6,4	163,00 ± 39,67	0,59 ± 0,02
Os (g)	CMO (g)	0,696	38,2	10,7	113,76 ± 13,70	3,56 ± 0,20
Poids total (g)	Poids total (g)	0,996	29,4	1,3	237,10 ± 11,19	0,96 ± 0,01
Flanc						
Gras (%)	Valeur R	0,580	5,3	14,2	564,58 ± 38,10	-386,29 ± 27,91
Muscle (g)	Muscle (g)	0,739	44,7	9,1	76,49 ± 21,16	0,54 ± 0,03
Os (g)	CMO (g)	0,136	24,3	18,0	111,67 ± 5,40	2,80 ± 0,59
Poids total (g)	Poids total (g)	0,955	43,2	4,3	130,83 ± 16,77	0,98 ± 0,02

^a N=140 observations pour toutes les variables étudiées.^b ETR, écart type résiduel.^c coefficient de variation (%).^d e.s., erreur standard.

La prédiction du poids total a déjà été vérifiée chez plusieurs espèces dont l'humain, les souris, les poulets et les porcs (Mazess et al., 1990 ; Mitchell et al., 1997). Les études menées avec des porcs montrent une excellente prédiction du poids total par DXA. Les coefficients de détermination et les coefficients de variation obtenus entre le poids de tissus total et celui estimé par DXA étaient de 1,00 et 2,00 % (Brunton et al., 1993), de 0,99 et 1,00 % (Pintauro et al., 1996), de 0,99 et 1,32 % (Mitchell et al., 1998a), de 0,99 et 1,65 % (Mitchell et al., 1998b) ainsi que de 0,976 et 0,76 % (Marcoux et al., 2003). Cependant, la comparaison avec ces études doit se faire avec précaution compte tenu du poids plus élevé des porcs et fréquemment, de l'intervalle de poids beaucoup plus élevé utilisé dans certaines études qui tendent à surestimer les R^2 (Gu et al., 1992). De plus, le mode de balayage peut expliquer des écarts entre des expériences utilisant des modes différents (mode adulte moyen : Svendsen et al., 1993 ; Mitchell et al., 1998a ; Marcoux et al., 2003).

Les seules études disponibles sur l'utilisation de la technique DXA chez l'agneau ont été faites avec un appareil différent (Hologic QDR 4500A) (Rozeboom et al., 1998 et Clarke et al., 1999). Rozeboom et al. (1998) ont utilisé des demi-carcasses de 63 agneaux croisés, abattus à des poids variant entre 6 et 49 kg. La composition des demi-carcasses était déterminée par analyse chimique afin de comparer les résultats obtenus par DXA. Bien que précise pour la détermination de la composition de la carcasse (Rozeboom et al. 1998), l'analyse chimique ne peut être envisager pour une utilisation commerciale. De leur côté, Clarke et al. (1999) ont utilisé des demi-carcasses d'agneaux provenant du croisement de brebis Romney et de béliers de race Dorset, Oxford, Suffolk, Southdown et Texel. Les animaux étaient abattus à des poids équivalents aux standards commerciaux (poids chaud de carcasse entre 17 et 23 kg). Malgré un appareil différent, les résultats de ces deux études sont de précision comparable en ce qui concerne le poids de tissus total. En effet, les coefficients de détermination sont, comme dans le cas de notre expérience, élevés autant dans l'étude de Rozeboom et al. (1998) ($R^2 = 0,96$) que dans celle de Clark et al. (1999) ($R^2 = 1,00$). Les coefficients de variation de l'erreur étaient faibles dans les deux études (≤ 1 %). Clarke et al. (1999) ont aussi disséqué le gigot. Pour le poids de cette coupe, lorsque le poids disséqué est estimé par le poids DXA, les R^2 et CV sont similaires à ceux du poids

total de la carcasse ($R^2 = 0,99$ et $CV = 2,14 \%$) et vont dans le même sens que ce que nous avons mesuré pour le poids de tissus total du gigot ($R^2 = 0,995$ et $CV = 1,03 \%$).

La pente de la courbe de régression entre le poids de la demi-carcasse à la dissection et le poids estimé par DXA n'est pas statistiquement différente de 1 (0,97, $P < 0,001$). Cette observation est aussi vraie pour les quatre pièces primaires (pentes entre 0,97 et 0,98). Ceci indique que la sous-estimation du poids total des tissus par la technique DXA n'est pas plus marquée chez les agneaux et les coupes primaires de faibles poids (Figure 3.1). Chez l'agneau, Clarke et al. (1999) ont observé une pente similaire à celle observée dans cette étude, avec une valeur de 0,97. Marcoux et al. (2003) ont également obtenu une pente inférieure à 1 pour la demi-carcasse de porc (0,988) et pour l'épaule (0,993), la longe (0,990) et le flanc (0,951).

L'ordonnée à l'origine de l'équation de prédiction est significativement différente de zéro pour le poids total de la demi-carcasse et celui de toutes les pièces primaires. Cette observation est probablement une conséquence de l'évaluation par DXA de certains tissus que la dissection ne comptabilise pas (par exemple, le gras intramusculaire). Le même phénomène a été observé chez le porc avec des ordonnées à l'origine de 2 kg pour la demi-carcasse et de 500 et 360 g pour l'épaule et la longe (Marcoux et al., 2003).

Les résultats présentés dans cette section confirment ceux obtenus par d'autres projets de recherche en ce qui concerne la capacité de la technique DXA à prédire le poids des carcasses ou des coupes primaires. La capacité du DXA à estimer le poids des sujets balayés est indépendante du sexe et de la race des agneaux. Ces résultats sont en accord avec ceux de la littérature. En effet, dans les travaux antérieurs consultés, le DXA estimait avec précision le poids des animaux vivants ou des carcasses d'animaux de différentes espèces et poids. Néanmoins, le DXA estime ces poids avec des erreurs systématiques qui peuvent facilement être corrigées par régression, chaque pièce nécessitant une régression spécifique. Cependant, il est important de noter que le fait que le DXA soit capable de prédire adéquatement le poids des sujets balayés ne garantit pas que celle-ci prédira avec la

même précision la composition en gras, en muscle et en os (Roubenoff et al., 1993 ; Mitchell et al., 1996a). Cet aspect est étudié dans les sections suivantes.

3.4.2.2 Poids du gras

Tout comme pour le poids de la carcasse et des coupes primaires, le DXA sous-estime le poids du gras total de la demi-carcasse ($P < 0,001$) (Tableaux 3.1 et 3.2). On note une différence de 12,9 % entre les moyennes DXA et la dissection. Ceci est en accord avec ce que l'on retrouve dans la littérature (Jebb et al., 1995 ; Mitchell et al., 1996a, 1997 ; Clarke et al., 1999). Il est important de noter que le gras DXA ne représente pas exclusivement le tissu adipeux, mais bien la somme de tous les éléments adipeux des tissus mous (Svendsen et al., 1993). Cet élément peut donc expliquer les différences observées entre le gras obtenu par DXA et le gras obtenu par la dissection.

Le DXA utilise la valeur R pour déterminer la teneur en gras de la pièce balayée et la relation entre ces deux variables est assumée linéaire. Cependant, nous avons observé un manque de linéarité entre les variables pour des valeurs R élevées (valeur R > 1,38). Dans ces circonstances, l'appareil LUNAR parvient difficilement à évaluer les pourcentages de gras DXA inférieurs à 5 %. En conséquence, la variable pourcentage de gras DXA ne peut pas être utilisée dans la prédiction du pourcentage de gras disséqué. Par contre, la relation entre la valeur R et le pourcentage de gras disséqué étant linéaire, on peut utiliser la valeur R comme variable prédictive en remplacement du pourcentage de gras DXA. Le même phénomène a été observé par Mitchell et al. (1998b) chez des porcs.

Afin de vérifier qu'il n'y avait pas d'effet de la dissection influençant la prédiction du gras, une comparaison de la corrélation du pourcentage de gras disséqué entre la demi-carcasse et toutes les pièces primaires et la corrélation du pourcentage de gras DXA entre la demi-carcasse et toutes les pièces primaires a été faite. Les résultats montrent un fort lien entre les pourcentages de gras de la demi-carcasse et ceux des pièces primaires, que ce soit avec la dissection ou le DXA. Cependant, les coefficients de corrélation du pourcentage de gras disséqué et DXA du flanc avec ceux de la demi-carcasse et des autres pièces primaires sont

plus faibles et leurs différences sont plus élevées. Les coefficients de corrélation avec le pourcentage de gras DXA sont toujours supérieurs à ceux du pourcentage de gras disséqué, indiquant la difficulté à bien isoler le gras du flanc lors de la dissection.

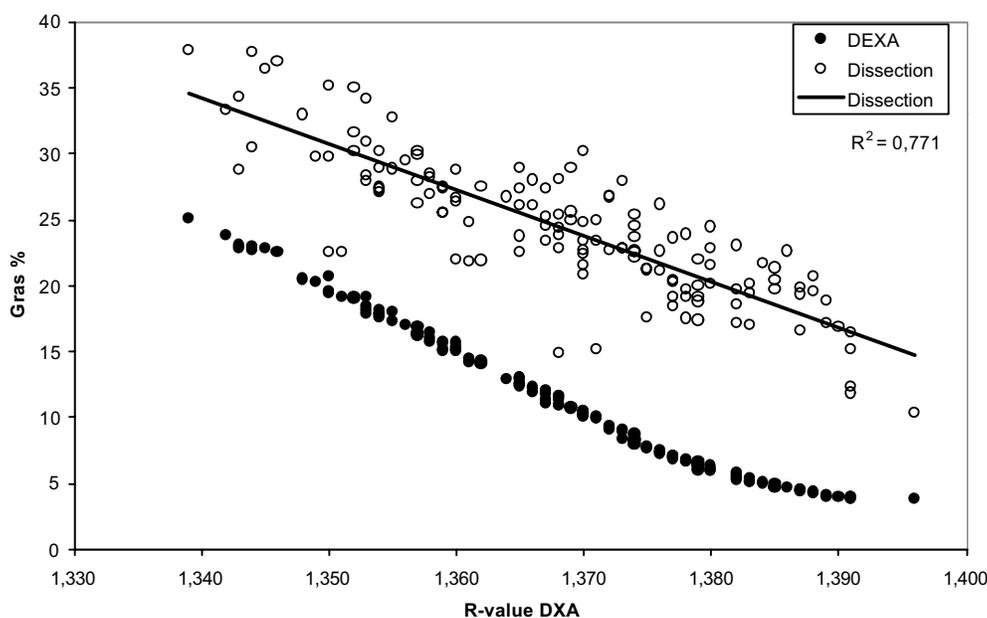


Figure 3.2 Relation entre le pourcentage de gras de la demi-carcasse d'agneaux estimé par DXA (●) ou mesuré par la dissection (○) et la valeur R (ratio des coefficients d'atténuation des tissus mous) obtenu par absorptiométrie aux rayons X à double intensité.

**(Droite de régression — : Gras disséqué (%) = 518,24 - 360,80*DXA-Valeur R;
R² = 0,771; ETR = 2,540)**

La prédiction du pourcentage de gras disséqué de la demi-carcasse est beaucoup plus faible (R² = 0,771 et CV = 10,41 %) que celle du poids de tissus total (Tableau 3.3). La qualité de la prédiction est équivalente pour l'épaule, le gigot et la longe (R² entre 0,684 et 0,780 et CV entre 10 et 13 %). Tout comme pour le poids de tissus total, le pourcentage de gras disséqué du flanc est moins bien prédit que celui des autres pièces primaires (R² = 0,580 et

CV = 14,18 %). La proportion importante d'os, la faible épaisseur de tissus, de même que la difficulté à bien isoler le gras du flanc avec la dissection peuvent expliquer cette baisse de la qualité de la prédiction.

De nombreuses études ont comparé les pourcentages de gras DXA avec ceux provenant de l'analyse chimique (Svendsen et al., 1993; Mitchell et al., 1996a, 1998a; Clarke et al., 1999). Dans tous les cas, ces études montrent une relation plus forte que celle entre le gras DXA et le gras disséqué ($R^2 > 0.80$ et $CV < 3\%$, pour le gras chimique), pour le total de la carcasse. Le gras chimique représente la somme des tissus adipeux retrouvés dans toutes les fractions de la carcasse. Il est obtenu à la suite du hachage de toute la carcasse et de l'analyse chimique de tous les tissus résultants. Le tissu adipeux disséqué ne contient pas seulement du gras. Il contient également de la protéine. Même chose pour le muscle disséqué qui comprend une certaine quantité de gras. De plus, le gras disséqué ne peut évaluer certaines fractions comptabilisées par DXA dans son estimation du gras (par exemple, le gras intramusculaire). Cette plus grande similitude entre le gras chimique et le gras DXA pourrait expliquer la force de leur relation comparativement à celle entre le gras disséqué et le gras DXA. De plus, Mitchell et al. (1998b) ont observé que les problèmes du DXA dans l'évaluation du gras augmentaient avec la diminution du poids corporel. En effet, les animaux de faibles poids ont un pourcentage de gras inférieur. Comme la présente étude l'a démontré, lorsque le pourcentage de gras DXA se retrouve sous la barre des 5 %, la prédiction par DXA n'est plus valide. Ceci expliquerait donc que la prédiction du pourcentage de gras soit problématique pour ces animaux de faibles poids. La figure 3.2 montre aussi que la différence entre le gras DXA et le gras disséqué tend à être supérieure chez les demi-carcasses moins grasses. Mitchell et al. (1998b) ont mis en évidence la même situation avec des demi-carcasses de porcs. On peut également expliquer cet effet par la plus grande difficulté de disséquer les carcasses maigres par rapport aux carcasses plus grasses.

Ici encore, la comparaison avec d'autres études s'avère risquée. Tout comme avec la prédiction du poids total corporel, les différences au niveau de l'espèce, des écarts de poids des animaux, du type d'appareil, des logiciels utilisés et de leurs versions peuvent expliquer

des variations importantes dans la qualité de la prédiction. Cependant, l'élément majeur rendant la comparaison difficile entre la prédiction du gras de cette étude avec d'autres études est l'utilisation d'une variable prédictive différente. Effectivement, l'utilisation de la valeur R comme variable indépendante dans l'équation de prédiction n'a fait l'objet d'aucune évaluation auparavant chez l'agneau. Chez le porc, certaines études ont utilisé la valeur R dans l'équation de prédiction du gras (Mitchell et al., 1998 ; Roy et al., 2001).

3.4.2.3 Poids du muscle

Les coefficients de détermination de cette étude se situent à 0,930 pour la demi-carcasse et au-dessus de 0,826 pour toutes les pièces, sauf le flanc. Les coefficients de variation (entre 3,5 et 6,5 %, sauf pour le flanc) nous indiquent aussi l'excellente capacité de prédiction de la technique DXA pour le poids du muscle. Le fait que le maigre DXA soit obtenu à partir du gras DXA et que l'estimation de cette dernière variable pour le flanc soit plus difficile (effet de la faible épaisseur de cette pièce, de sa dissection plus ardue et de sa forte proportion d'os) explique en grande partie la prédiction inférieure du muscle pour cette pièce. Cependant, une dernière explication peut être avancée pour comprendre ce phénomène. Il s'agit de l'effet de l'état d'hydratation des pièces. Étant donné qu'une pièce de petite dimension perd plus rapidement de l'eau, on peut croire que le flanc serait désavantagé par rapport aux autres pièces plus volumineuses pour la prédiction du poids du muscle.

Les coefficients de détermination obtenus se rapprochent de ce qui a déjà été mesuré chez des porcs où les valeurs DXA étaient mises en parallèle avec les résultats de la dissection des demi-carcasses. Marcoux et al. (2003) ont obtenu des coefficients de détermination élevés ($R^2 > 0,86$ pour la demi-carcasse et les pièces primaires) et des coefficients de variation faibles ($CV < 5 \%$). Plusieurs études mettant en parallèle le maigre DXA et le maigre chimique (eau + protéine) ont également démontré l'excellente capacité du DXA à prédire le contenu en maigre total de demi-carcasses de porcs ($R^2 = 0,98$ et $CV = 4 \%$) (Mitchell et al., 1998b).

Chez l'agneau, Clarke et al. (1999) ont également mesuré des coefficients de détermination élevés et des écart types résiduels faibles pour la prédiction du maigre ($R^2 = 0,98$ et $RSD = 0,232$ kg vs $0,226$ kg pour notre étude). Au niveau du gigot, il y avait aussi une grande similitude entre les résultats de Clarke et al. (1999) ($R^2 = 0,96$, $RSD = 0,115$ kg) et ceux de notre étude ($R^2 = 0,93$, $RSD = 0,085$ kg).

C'est avec la variable maigre DXA que l'on obtient la prédiction la plus juste. Le maigre DXA ne donne pas une mesure directe du poids des tissus maigres. Tel qu'indiqué précédemment, le DXA estime la masse musculaire par la différence entre le poids des tissus mous sans gras (« fat-free mass » ou poids des tissus mous DXA – gras DXA) et le contenu minéral osseux (CMO). Aussi, il faut être conscient que ce poids des tissus maigres ne représente pas seulement le poids de la masse musculaire, mais tous les éléments maigres contenus dans la demi-carcasse. Donc, on retrouve dans la variable maigre DXA des éléments (eau et protéines) provenant des os et du gras. Une autre explication vient du fait que le poids du muscle DXA est calculé par différence, les erreurs sur la mesure du gras et des os vont se répercuter sur le muscle. Le DXA a tendance à surestimer le poids du muscle, contrairement à ce qu'on note avec le poids de tissus total. Cette surestimation a aussi été démontrée par Mitchell et al. (1998a et 1998b) et Marcoux et al. (2003) avec des carcasses de porcs.

Compte tenu que le DXA sous-estime le poids total de la demi-carcasse, nous avons voulu utiliser les variables DXA ajustées pour le poids balance de la demi-carcasse afin d'améliorer la qualité de la prédiction. Contrairement à ce qui était espéré, on notait une diminution des coefficients de détermination et une augmentation des écart types résiduels (R^2 de $0,930$ à $0,908$, RSD de $0,226$ à $0,259$ kg) .

La pente de la droite de régression entre le poids maigre disséqué et celui estimé par DXA pour la demi-carcasse est de $0,689$. Pour l'épaule, le gigot, la longe et le fãnc, nous avons observé des pentes de $0,662$, $0,750$, $0,590$ et $0,544$, respectivement. Ceci démontre que la surestimation du poids de maigre par DXA est plus importante chez les agneaux ou les pièces ayant un contenu en maigre inférieur. De plus, cet écart dans la surestimation du

poids de maigre entre les pièces ayant des poids de maigre différents est encore plus important chez les petites pièces telles que la longe et le flanc. Tout comme pour la prédiction du poids de tissus total, la faible épaisseur de ces deux pièces pourrait expliquer cette observation. Chez le porc, le même phénomène a été démontré, avec des pentes de 0,714, 0,709, 0,708 et 0,787 pour la demi-carcasse, l'épaule, le jambon et la longe (Marcoux et al., 2003). Cependant, selon cette étude, la pente de la longe n'était pas inférieure à celle des autres pièces et de la demi-carcasse, comme nous l'avons observé. Ceci est probablement dû au fait que la longe de porc est une pièce beaucoup plus épaisse et massive et qu'il n'y a pas de pixels non diagnostiqués suite à l'analyse DXA comparativement à celle d'un agneau.

Du côté de l'ordonnée à l'origine de la droite de régression du poids de maigre, elle n'est pas différente de zéro pour la demi-carcasse, l'épaule et le gigot. À l'opposé, pour la longe et le flanc, l'ordonnée à l'origine est différente de zéro (163 et 76 g, respectivement). Ceci signifie que pour la longe et le flanc, le DXA détecte des tissus qui ne sont pas mesurés par la dissection. Cette situation peut s'expliquer par le fait que ces deux pièces sont de petites dimensions et que leur dissection est plus difficile. Elles contiennent aussi une plus forte proportion de cartilage que l'épaule et le gigot. Ce tissu est caractérisé comme du maigre par DXA (Roubenoff et al., 1993), mais n'entre pas dans le poids de maigre disséqué. Cependant, Marcoux et al. (2003) n'ont pas mesuré d'ordonnées à l'origine différentes de zéro avec des demi-carcasses de porc.

En étudiant l'erreur de prédiction moyenne de la relation établie entre les poids de maigre de la demi-carcasse à la dissection et le poids maigre estimé par DXA, on voit que la plus grande partie de l'erreur provient de la distance entre la courbe de régression et la ligne d'identité (erreur de tendance centrale = 98 %). Conséquemment, l'erreur provient majoritairement de la surestimation du DXA (différence entre les moyennes). Le reste de l'erreur est expliqué par la variation aléatoire (erreur due au bruit = 1 %) et par la pente de la courbe de régression (erreur due à la régression = 1 %). Pour ce qui est des pièces, la distribution de la RMSPE entre les erreurs de tendance centrale, due à la régression et due au bruit sont du même ordre que pour la demi-carcasse, sauf pour le flanc où une plus

grande part de l'erreur provient de la dispersion autour de la ligne de régression (% erreur due au bruit = 6 %).

Les résultats présentés dans cette section confirment ceux obtenus dans d'autres travaux de recherche en ce qui concerne la capacité de DXA à prédire le poids du tissu maigre des carcasses ou des coupes primaires. Ces résultats sont en accord avec ceux de la littérature où le DXA estimait aussi bien le poids du tissu maigre des animaux vivants ou des carcasses d'animaux de différentes espèces et poids. Néanmoins, le DXA estime ces poids avec des erreurs systématiques qui peuvent facilement être corrigées par régression, chaque pièce nécessitant une régression spécifique.

3.4.2.4 Poids des os

La prédiction du poids des os par le CMO n'est pas très précise pour la demi-carcasse, l'épaule et le gigot (R^2 de 0,478, 0,468 et 0,426; CV de 10,19, 11,96 et 11,63 %). Cependant, la situation s'améliore avec la longe ($R^2 = 0,696$ et CV = 10,66 %). La nature même des os de la longe pourrait servir d'explication. Tel que mentionné par Marcoux et al. (2003), les os de la colonne vertébrale (comme ceux de la longe) ne contiennent pas de moelle. Leur poids se rapproche donc davantage de celui du CMO par rapport aux poids des os longs. C'est encore avec le flanc que la prédiction est la moins adéquate ($R^2 = 0,136$ et CV = 18 %). Ici aussi, la nature des os du flanc pourrait expliquer cette observation, le flanc contenant une forte proportion de cartilage, un tissu avec une fraction non-minérale très importante. Tout comme ce qui avait été évalué chez des demi-carcasses de porcs, c'est avec le maigre DXA que le poids des os est le mieux prédit (Marcoux et al., 2003). Pour la demi-carcasse, le coefficient de détermination passe de 0,478 à 0,583 en remplaçant la variable CMO par le maigre DXA dans l'équation de prédiction. La même situation s'observe au niveau de l'épaule (de 0,468 à 0,612), du gigot (de 0,426 à 0,687) et du flanc (de 0,136 à 0,314). Pour la longe, le coefficient de détermination reste équivalent que ce soit avec la variable prédictive CMO longe ou le poids de maigre de la longe (0,696 et 0,672).

La prédiction du poids des os par DXA n'est pas adéquate (R^2 entre 0,136 et 0,696, Tableau 3.3). Ceci repose sur la nature complètement différente entre les os tels qu'obtenus par dissection et le contenu minéral osseux (CMO) mesuré par DXA. Le contenu minéral osseux ne représente que la fraction minérale des os. Or, les os ne sont pas exclusivement constitués de minéraux (Field et al., 1974). Ils contiennent également du gras, de l'eau et des protéines (par exemple, la moelle osseuse). Les os longs (fémur) contiennent généralement plus de cette fraction non-minérale que les os de la colonne vertébrale (Field et al., 1974). Cette fraction non-minérale (eau + gras + protéines) contribue donc à l'augmentation du poids des os disséqués sans toutefois faire augmenter le CMO. En conséquence, ce dernier se rapproche davantage du contenu en cendres de l'analyse chimique ($R^2 = 0,81$ et $RSD = 0,074$ kg; Mitchell et al., 1998b) que du poids des os disséqués.

En étudiant l'erreur de prédiction moyenne de la relation établie entre les poids de os de la demi-carcasse à la dissection et le poids du CMO estimé par DXA, on voit que la plus grande partie de l'erreur provient de la distance entre la courbe de régression et la ligne d'identité (erreur de tendance centrale = 97,64 %). Conséquemment, l'erreur provient majoritairement de la sous-estimation du DXA (différence entre les moyennes). Le reste de l'erreur est expliqué par la pente de la courbe de régression (erreur due à la régression = 2,24 %) et par la variation aléatoire (erreur due au bruit = 0,12 %). Pour ce qui est des pièces, la distribution de la RMSPE entre les erreurs de tendance centrale, due à la régression et due au bruit sont du même ordre que pour la demi-carcasse, sauf pour le flanc où une plus grande part de l'erreur provient de la dispersion autour de la ligne de régression (% erreur due au bruit = 3,65 %).

En résumé, le poids des os de la demi-carcasse et des pièces primaires n'est pas prédit de façon adéquate par DXA. La nature différente entre la variable « poids des os disséqués » et la variable prédictive, le contenu minéral osseux, explique en totalité cette mauvaise prédiction par DXA. Ceci est en accord avec ce qui a été observé dans la littérature.

3.5 Conclusion

Les résultats de cette étude démontrent que les variables DXA ne sont pas des mesures exactes du poids des tissus disséqués de la demi-carcasse d'agneaux, mais qu'elles peuvent être corrigées par régression. Ainsi, l'inclusion de ces variables dans des équations de prédiction peut permettre une prédiction améliorée selon les tissus évalués. Pour le poids de tissus total et le poids de muscle, la prédiction par DXA est très efficace. Par contre, la prédiction du gras n'est pas aussi précise. Elle est influencée par la teneur en gras des animaux et est surtout problématique chez les animaux très maigres (moins de 5 % de gras). Pour ce qui est du poids des os, le CMO n'est pas une variable prédictive efficace, compte tenu de sa nature différente de celle des os disséqués. C'est la variable maigre DXA qui semble être la plus appropriée pour prédire le poids des os disséqués.

L'utilisation des équations de prédiction doit être faite avec précaution, car des facteurs de correction différents peuvent s'appliquer selon l'appareil DXA utilisé, le mode de balayage de celui-ci et les logiciels utilisés, de même que leurs versions. En effet, de nombreux auteurs ont observé des différences dans la prédiction en fonction de l'appareil (Tohill et al., 1994 ; Tataranni et al., 1996 ; Oldroyd et al., 1998) et du mode de balayage (Pintauro et al., 1996 ; Mitchell et al., 1997, 1998a). De plus, on devrait tenir compte du poids de l'élément à balayer, car plusieurs études ont démontré une prédiction moyenne avec des poids faibles, entre 500 et 6000 g (Brunton et al., 1993; Mitchell et al., 1997). Mitchell et al. (1998a) vont même jusqu'à suggérer l'utilisation d'équations spécifiques pour chaque pièce de la carcasse.

L'absorptiométrie aux rayons X à double intensité, quoique trop lente pour une utilisation commerciale, pourrait très bien devenir la méthode de référence lors de projets de recherche sur la composition de la carcasse. Le temps de balayage très court (20 minutes), la simplicité et la précision du DXA en font une alternative de choix à la longue et coûteuse méthode de dissection. La capacité du DXA à analyser la carcasse par régions est aussi un élément favorisant son utilisation. Grâce au DXA, la composition et les changements de cette dernière chez des pièces à haute valeur commerciale pourront être évalués afin de

travailler plus efficacement sur l'amélioration des carcasses d'agneaux mises en marché. Cependant, des améliorations pourraient être apportées à la technique afin d'augmenter la qualité de la prédiction des os. Au niveau de la relation entre la valeur R et la quantité de gras des carcasses, d'autres études seraient nécessaires afin de comprendre la non linéarité entre ces deux valeurs.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), 1999. Normes de classification des agneaux lourds au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, 61 p.

Beerman, D.H., Robinson, T.F., Hogue, D.E. 1995. Impact of Composition Manipulation on Lean Lamb Production in the United States. *J. Anim. Sci.* 73 : 2493-2502.

Benchaar, C., Rivest, J., Pomar, C., Chiquette, J. 1998. Prediction of methane production from dairy cows using existing mechanistic models and regression equations. *J. Anim. Sci.* 76 : 617-627.

Brienne, J.P., Denoyelle, C., Baussart, H., Daudin, J.D. 2001. Assessment of meat fat content using dual energy X-ray absorption. *Meat Sci.* 57 : 235-244.

Brunton, J.A., Bayley, H.S., Atkinson, S.A. 1993. Validation and application of dual-energy x-ray absorptiometry to measure bone mass and body composition in small infants. *Am. J. Clin. Nutr.* 58 : 839-845.

Clarke, R.D., Kirton, A.H., Bartle, C.M., Dobbie, P.M. 1999. Application of dual-energy x ray absorptiometry for ovine carcass evaluation. *Proc. N. Zeal. Soc. Anim. Prod.* 59 : 272-274.

Cosgrove, J.R., King, J.W.B., Brodie, D.A. 1988. A note on the use of impedance measurements for the prediction of carcass composition in lambs. *Anim. Prod.* 47 : 311-315.

Ellis, K.J., Shypailo, R.J., Pratt, J.A. 1994. Accuracy of dual-energy x-ray absorptiometry for body-composition measurements in children. *Am. J. Clin. Nutri.* 60 : 660-665.

Field, R.A., Riley, M.L., Mello, F.C., Corbridge, M.H., Kotula, A.W. 1974. Bone composition in cattle, sheep and poultry. *J. Anim. Sci.* 39 : 493-499.

Genton, L., Hans, D., Kyle, U.G., Pichard, C. 2002. Dual-energy x-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition* 18: 66-70.

Going, S.B., Massett, M.P., Hall, M.C., Bare, L.A., Root, P.A., Williams, D.P., Lohman, T.G. 1993. Detection of small changes in body composition by dual-energy x-ray absorptiometry. *Am. J. Clin. Nutr.* 57 : 845-850.

Gu, Y., Scinckel, A.O., Martin, T.G., Forrest, J.C., Kuei, C.H., Watkins, L.E. 1992. Genotype and treatment biases in estimation of carcass lean of swine. *J. Anim. Sci.* 70 : 1708-1718.

Hammell, K.L., Laforest, J.P. 2000. Evaluation of the growth performance and carcass characteristics of lambs produced in Quebec. *Can. J. Anim. Sci.* 80 : 25-33.

Hopkins, D.L. 1996. The Relationship between Muscularity, Muscle : Bone Ratio and Cut Dimensions in Male and Female Lamb Carcasses and the Measurement of Muscularity using Image Analysis. *Meat Sci.* 44 : 4, pp. 307-317.

Jebb, S.A, Goldberg, G.R., Jennings, G., Elia, M. 1995. Dual-energy X-ray absorptiometry measurements of body composition: effects of depth and tissue thickness, including comparisons with direct analysis. *Clin. Sci.* 88 : 319-324.

Kempster, A.J., Cuthbertson, A. 1977. A survey of the carcass characteristics of the main types of British lamb. *Anim. Prod.* 25 : 165-179.

Kempster, A.J. 1980. Fat partition and distribution in the carcasses of cattle, sheep and pigs: a review. *Meat Sci.* 5 : 83-98.

Laskey, M.A., Lytle, K.D., Flaxman, M.E., Barber, R.W. 1992. The influence of tissue depth and composition on the performance of the Lunar dual-energy X-ray absorptiometer whole-body scanning mode. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 : 39-45.

Laskey, M.A., Phil, D. 1996. Dual-Energy X-Ray Absorptiometry and Body Composition. *Nutrition* 12 (1) : 45-51.

Lukaski, H.C., Marchello, M.J., Hall, C.B., Schafer, D.M., Siders, W.A. 1999. Soft Tissue Composition of Pigs Measured With Dual X-Ray Absorptiometry: Comparison With Chemical Analyses and Effects of Carcass Thicknesses. *Nutrition* 15 (9) : 697-703.

Lunar Corporation. 1998. DPX Series Operator's Manual. Part Number 6756.

Madden, A.M., Morgan, M.Y. 1997. The potential use of dual-energy X-ray absorptiometry in the assessment of body composition in cirrhotic patients. *Nutrition* 13: 40.

Marcoux, M., Bernier, J.F., Pomar, C. 2003. Estimation of Canadian and European lean yields and composition of pig carcasses by dual-energy X-ray absorptiometry. *Meat Sci* 63 : 359-365.

Mazess, R.B., Barden, H.S., Bisek, J.P., Hanson, J. 1990. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body and regional bone-mineral and soft-tissue composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 51 : 1106-1112.

Mitchell, A.D., Conway, J.M., Potts, W.J.E. 1996a. Body composition analysis of pigs by dual-energy X-ray absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 74 : 2663-2671.

Mitchell, A.D., Conway, J.M., Scholz, A.M. 1996b. Incremental changes in total and regional body composition of growing pigs measured by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Growth Dev. Aging* 60 : 95-105.

- Mitchell, A.D., Rosebrough, R.W., Conway, J.M. 1997. Body Composition of Chickens by Dual Energy X-Ray Absorptiometry. *Poultry Sci.* 76: 1746-1752.
- Mitchell, A.D., Scholz, A.M., Pursel, V.G., Evock-Clover, C.M. 1998a. Composition Analysis of Pork Carcasses by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 76: 2104-2114.
- Mitchell, A.D., Scholz, A.M., Conway, J.M. 1998b. Composition Analysis of Small Pigs by Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *J. Anim. Sci.* 76: 2392-2398.
- Oldroyd, B., Truscott, J.G., Woodrow, G., Milner, R., Stewart, S.P., Smith, A.H., Westmacott, C.F., Smith, M.A. 1998. Comparison of *in-vivo* body composition using two Lunar dual-energy X-ray absorptiometers. *Eur. J. Clin. Nutr.* 52 : 180-185.
- Picaud, J.C., Rigo, J., Nyamugabo, K., Milet, J., Senterre, J. 1996. Evaluation of dual-energy x-ray absorptiometry for body-composition assessment in piglets and term human neonates. *Am. J. Clin. Nutr.* 63 : 157-163.
- Pintauro, S.J., Nagy, T.R., Duthie, C.M., Goran, M.I. 1996. Cross-calibration of fat and lean measurements by dual energy X-ray absorptiometry to pig carcass analysis in the pediatric body weight range. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 293-298.
- Pritchard, J.E., Nowson, C.A., Strauss, B.J., Carlson, J.S., Kaymakci, B., Wark, J.D. 1993. Evaluation of dual energy X-ray absorptiometry as a method of measurement of body fat. *Eur. J. Clin. Nutr.* 47 : 216-228.
- Roubenoff, R., Kehayias, J.J., Dawson-Huges, B., Heymsfield, S.B. 1993. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in body composition studies: Not yet a "gold standard". *Am. J. Clin. Nutr.* 58 : 589-591.

Rozeboom, K.J., Thomas, M.G., Hillman, L. Chanetsa, F., Lipsey, R.L., Keisler, D.H. 1998. Use of dual-energy x-ray absorptiometry in estimating the carcass composition of wether lambs. *J. Anim. Sci.* 76 suppl. 1 : 149.

SAS Institute, Inc. 1999. SAS/STAT user's guide: Statistics. Version 8.2. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.

Svendsen, O.L., Haarbo, J., Hassager, C., Christiansen, C. 1993. Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo. *Am. J. Clin. Nutr.* 57 : 605-608.

Tataranni, P.A., Pettitt, D.J., Ravussin, E. 1996. Dual energy X-ray absorptiometry: inter-machine variability. *Int. J. Obes.* 20: 1048-1050.

Theil, H. 1966. Applied Economic Forecasting. North-Holland Publishing Company, Amsterdam.

Tothill, P., Avenell, A., Reid, D. 1994. Comparisons between Hologic, Lunar and Norland dual-energy X-ray absorptiometers and other techniques used for whole-body soft tissue measurements. *Eur. J. Clin. Nutr.* 48 : 781-794.

Van Loan, M.D., Mayclin, P.L. 1992. Body composition assessment : dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) compared to reference methods. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46 : 125-130.

Wolf, B.T., Smith, C., Sales, D.I. 1980. Growth and carcass composition in the crossbred progeny of six terminal sire breeds of sheep. *Anim. Prod.* 31 : 307-313.

CHAPITRE 4

DISCUSSION GÉNÉRALE

Le principal objectif de ce projet était de valider la technique de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité (DXA) pour la prédiction de la composition des carcasses d'agneaux. Les résultats obtenus permettent de déterminer que le DXA pouvait être utilisé adéquatement pour prédire le poids total de tissus de la carcasse, de même que sa quantité de muscle. En ce qui concerne le gras, la prédiction du DXA est quelque peu inférieure, mais elle peut tout de même être qualifiée de bonne ($R^2 \cong 0.7$). Il n'y a que la prédiction des os par DXA qui ne soit pas adéquate.

Un autre but de cette étude était d'évaluer si l'estimation de la composition corporelle par la technologie DXA était influencée par des facteurs tels que la race, le sexe et le poids d'abattage. Nos résultats nous permettent d'affirmer qu'il n'y a pas de biais dans la prédiction de la composition des carcasses d'agneaux par DXA provenant soit de la race, du sexe ou du poids d'abattage. Cet élément s'avère de première importance dans l'utilisation future de la technique DXA. En effet, étant donné le grand nombre de races répertoriées au Québec et tous les croisements qui en découlent, il est nécessaire d'avoir une évaluation équivalente pour toutes les carcasses, quel que soit leur génotype. C'est la même situation pour le poids, car les études portant sur la qualité de la carcasse tentent souvent d'évaluer à partir de quel poids les caractéristiques désirées sont optimales (rendement en viande maigre ou commercialisable). En conséquence, il est nécessaire d'utiliser des carcasses d'agneaux avec des intervalles de

poids d'abattage importants. De plus, au Québec, les femelles autant que les mâles sont destinés à l'abattage et il existe un grand intérêt dans la comparaison de la qualité de la carcasse entre les sexes. Étant donné que la technique DXA est en mesure d'évaluer de façon équivalente les carcasses d'agneaux de race, de sexe et de poids différents, elle peut être utilisée efficacement pour la prédiction de la composition des carcasses d'agneaux représentatives de ce que l'on retrouve au Québec.

C'est une excellente nouvelle lorsqu'on pense aux besoins criant de recherche en qualité de la carcasse. L'usage de la technique DXA permettra aux projets de recherche d'être plus efficaces, car le DXA est rapide (20 minutes par demi-carcasse), précis (pas de biais provenant des manipulateurs) et exige peu de main-d'œuvre comparativement à la dissection. Elle entraînera donc des économies appréciables. C'est un avantage très important dans le contexte actuel du Québec où l'obtention de financement pour la recherche est parfois problématique.

La possibilité d'estimer la qualité de la carcasse des agneaux du Québec à l'aide d'une technologie rapide, précise et peu coûteuse constitue aussi un avantage concurrentiel. En effet, la production ovine québécoise est en pleine expansion et la viande d'agneaux est de plus en plus populaire auprès des consommateurs de la province. Cependant, cette augmentation de la production ovine n'est pas suffisante pour alimenter le marché intérieur et la province n'est autosuffisante qu'à 40 %. De plus, les importations sont en pleine croissance, spécialement les importations de viande fraîche en provenance de la Nouvelle-Zélande et de l'Australie. De 2001 à 2002 seulement, on a enregistré un accroissement de 270 % ! Il est donc primordial que la production ovine québécoise se développe afin de reconquérir son propre marché. C'est dans cette optique que la Table filière ovine émettait des objectifs clairs concernant les besoins en recherche sur les facteurs affectant la qualité de la carcasse d'agneaux. La technique DXA s'avèrera un outil important au cours des prochaines années pour améliorer la qualité de l'agneau québécois.

Actuellement, un système de classification et de paiement sur la qualité est en voie d'implantation au Québec. Selon ce principe, les producteurs seront maintenant rémunérés sur la base d'une grille de classement. Les carcasses se verront attribuer un indice de classement

basé sur le poids, le gras et le rendement en viande. Le prix obtenu pour une carcasse donnée sera proportionnel à son indice de classement. Donc, une carcasse de qualité supérieur permettra aux producteurs d'augmenter ses revenus.

Présentement au Québec, il existe un problème dans l'homogénéité des carcasses d'agneaux. Cette situation découle principalement du grand nombre de races et de croisements utilisées. En effet, chaque producteur possède sa «recette miracle» en ce qui concerne la génétique à privilégier. Une évaluation précise de la qualité des différentes races, telle que permise par la technique DXA, permettra aux producteurs de connaître les croisements à privilégier et ainsi d'uniformiser les carcasses mises en marché.

Finalement, la production ovine québécoise est dans une période critique de son évolution. La demande est présente, mais l'offre n'est pas encore suffisante pour y répondre. Cependant, la quantité n'est pas le seul aspect sur lequel il faut se pencher. La qualité est essentielle, car c'est ce que le consommateur recherche. En ne tenant pas compte de cette réalité, les producteurs ne pourront s'accaparer le marché du Québec. Il ne faut pas non plus oublier les marchés d'exportation qui constituent un débouché très intéressant pour l'agneau du Québec. Dans une production où les recettes monétaires se chiffrent à 24 millions de dollars et augmentent constamment depuis les cinq dernières années, le travail d'amélioration de la qualité en vaut la chandelle. Et bonne nouvelle : un outil est maintenant disponible pour la recherche québécoise en production ovine, l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité.

ANNEXE A

PROCÉDURE DE DÉCOUPE DES CARCASSES D'AGNEAUX

Ce protocole a été réalisé dans le cadre du projet « Utilisation de l'absorptiométrie aux rayons X à double intensité pour la prédiction de la composition des carcasses d'agneaux ». Il s'inspire de plusieurs références telles que l'Agence canadienne d'inspection des aliments et de nombreux protocoles de découpe expérimentés par d'autres chercheurs spécialisés en qualité de carcasse chez l'agneau (ACIA, 1999; Agnobec, 1996; Fabbicante et Sultan, 1987, FAO, 1994; Garrett et al., 1992; Hopkins et al., 1994; Swatland, 1984).

1.0 Préparation standardisée de la demi-carcasse

Afin d'avoir une préparation standardisée des carcasses, l'abattage doit être uniforme. En premier lieu, les agneaux sont rendus inconscients par électrocution, puis saignés. Par la suite, il y a dislocation de la tête à la première vertèbre cervicale et retrait de la peau. La partie inférieure à l'articulation du jarret des pattes avant et arrière est aussi enlevée et les agneaux sont ensuite éviscérés. Les reins et le gras périrénal sont conservés sur la carcasse pour inspection vétérinaire. Tous les rapports de confiscation sont conservés, s'il y a lieu. La carcasse est ensuite refroidie au moins 12 heures puis classifiée selon le règlement sur la classification des carcasses de bétail d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (ACIA, 1999). La panne, c'est-à-dire le gras péri rénale, est enlevée, pesée et conservée dans un sac

Ensuite, on procède à la séparation de la carcasse en deux en coupant de la queue jusqu'au cou au centre de la ligne dorsale médiane. Le bonde traçabilité est transféré sur la partie gauche de la carcasse qui est conservée pour le projet et acheminée au Centre de recherche sur le bovin laitier et le porc de Lennoxville.

Les deux demi-carcasses sont également pesées. À l'arrivée au Centre de recherche, la demi-carcasse gauche est pesée et le nombre de côtes est pris en note. Ensuite, il y a mesure de la longueur de la demi-carcasse de l'os de la hanche jusqu'à la première côte (Figure 1). Toutes les remarques importantes quant à la présentation de la carcasse (qualité de la fente, aspect du gras de couverture, coup de couteau, ablation quelconque, etc.) sont notées. La préparation se termine par le retrait des parures (glandes, vaisseaux sanguins), de l'onglet et des morceaux de panne qui peuvent être demeurés sur la demi-carcasse. De plus, si besoin est, le bout de patte avant est sectionné jusqu'à l'articulation du genou. Chaque élément retiré de la demi-carcasse est pesé.



Figure 1. Mesure de la longueur de la demi carcasse

2.0 Découpe primaire

S'il y a un délai entre l'arrivée au Centre de recherche et la découpe primaire, la demi-carcasse est pesée une seconde fois avant de procéder à la séparation de celle-ci en quatre pièces primaires. Ces pièces sont le gigot, l'épaule, la longe complète et le flanc (Figures 2 et 3).

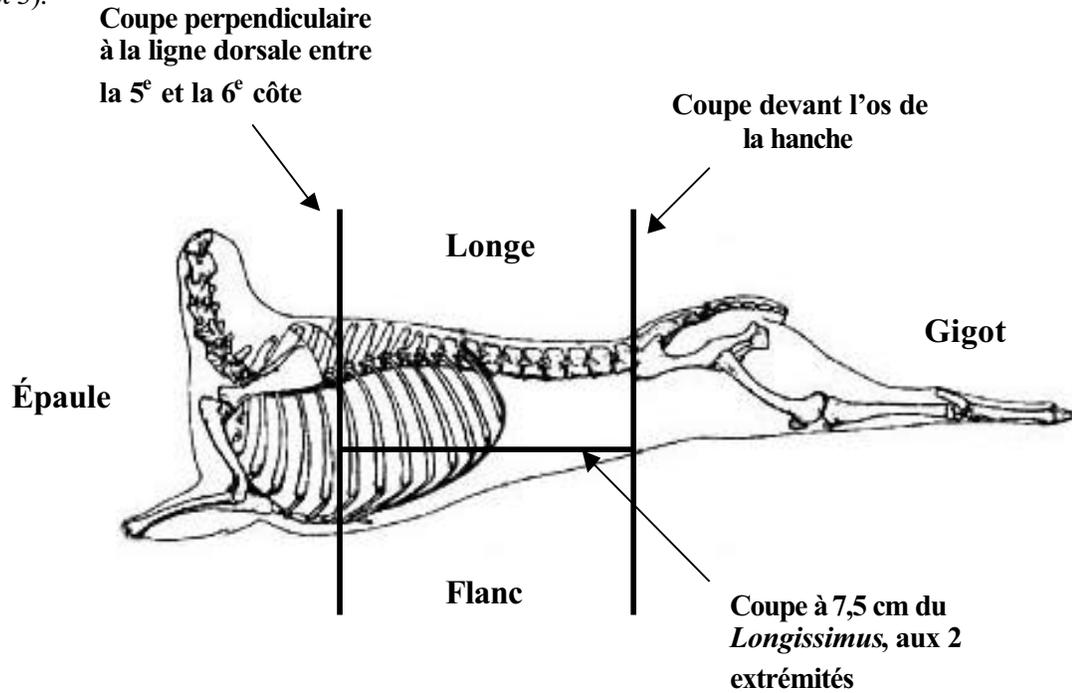


Figure 2. Découpe primaire de la demi-carcasse



Figure 3. Découpe primaire de la demi-carcasse

2.1 Épaule

On sépare l'épaule primaire de la longe complète et du flanc en coupant perpendiculairement à la ligne dorsale entre la 5^e et la 6^e côte (Figure 4).

**Coupe perpendiculaire à
la ligne dorsale entre la
5^e et la 6^e côte**

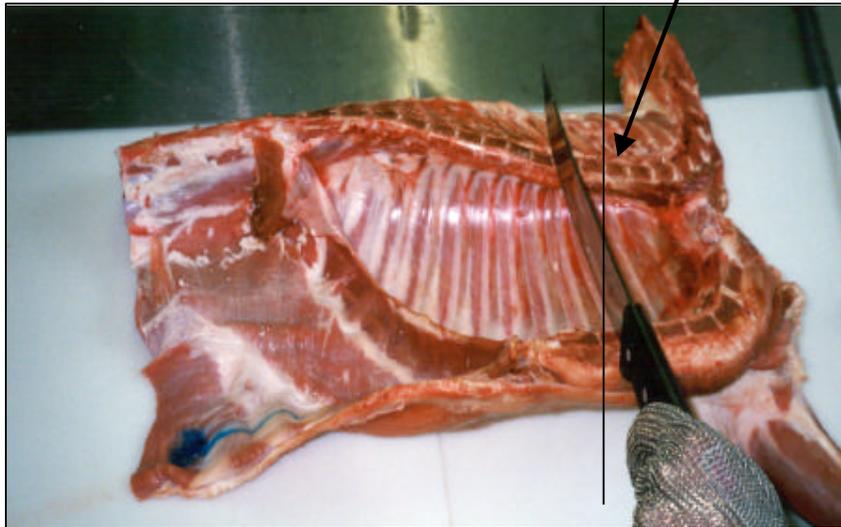


Figure 4. Séparation de l'épaule lors de la coupe primaire

2.2 Gigot

Le gigot primaire est séparé de la demi-carasse par une coupe perpendiculaire à la ligne dorsale passant juste devant l'os de la hanche (Figures 5 et 6).

**Coupe perpendiculaire à la
ligne dorsale, passant juste à
l'extrémité de l'os de la hanche**

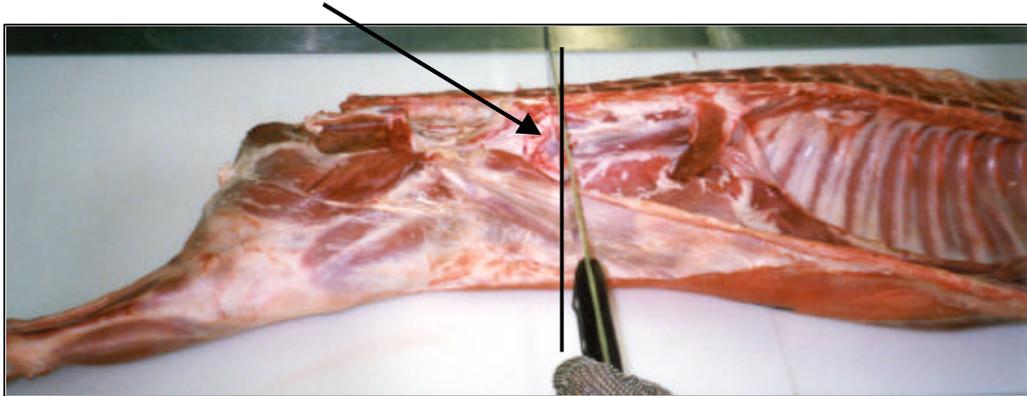


Figure 5. Séparation du gigot lors de la découpe primaire

Os de la hanche



Figure 6. Gigot primaire

2.3 Longe complète

On sépare la longe complète (longe + carré) du flanc par une coupe passant à 7,5 cm du *Longissimus* aux deux extrémités de la longe. On divise ensuite la longe complète en deux par un trait de scie perpendiculaire au dos entre la 12^e et 13^e côte. On obtient ainsi la longe primaire et le carré primaire (Figures 7 et 8).



Figure 7. Longe primaire

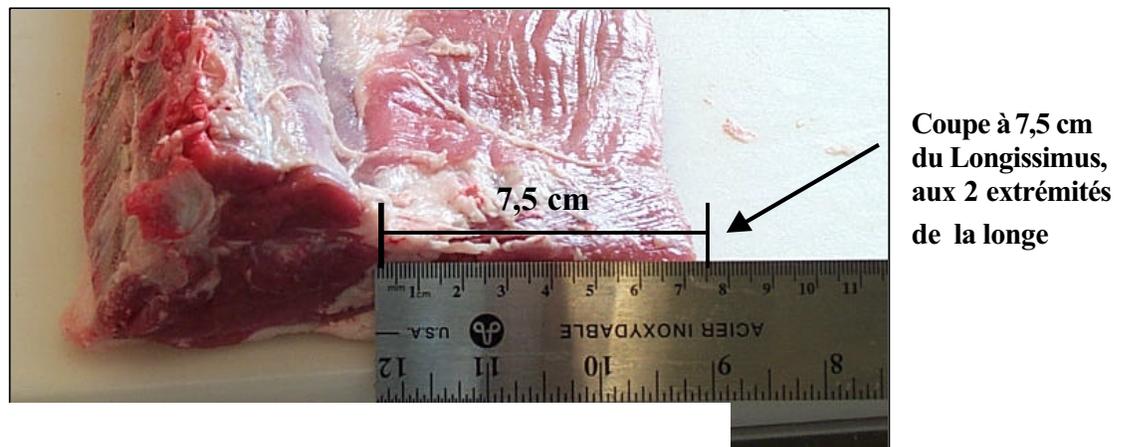


Figure 8. Séparation de la longe primaire du flanc



Figure 9. Flanc primaire

3.0 Découpe commerciale

3.1 Épaule

On retire le cou, la pointe de poitrine et le jarret afin d'obtenir une épaule carrée (Figure 10). Pour ce faire, on coupe entre la 3^e et la 4^e vertèbre cervicale à angle droit avec l'axe du cou. On sépare ensuite le jarret et la pointe de poitrine par un trait de scie passant à travers la base du corps de l'épaule (extrémité distale de l'humérus) et suivant la jonction entre le cartilage du sternum et les côtes ossifiées. On fait le parage de l'excédant de gras sous-cutané afin d'obtenir au plus 6 mm de gras de couverture.

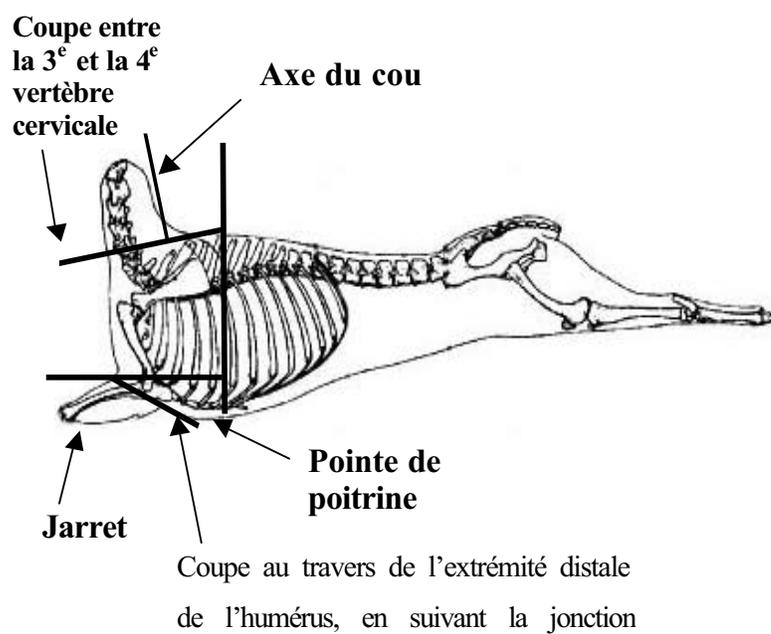


Figure 10. Découpe commerciale de l'épaule (épaule carrée)

3.2 Gigot

On prépare le gigot commercial en retirant le bout de la patte arrière au niveau de l'insertion du muscle du jarret (Figure 11). Ensuite, on enlève le bout de la queue en coupant entre les 3^e et 4^e vertèbres caudales et la partie de flanc demeurant sur le gigot. Finalement, on retire le gras sous-cutané excédentaire pour laisser au plus 6 mm de gras de couverture. On prépare le gigot semi-désossé en enlevant la tête du filet mignon et l'os de la hanche, en le désarticulant du fémur.

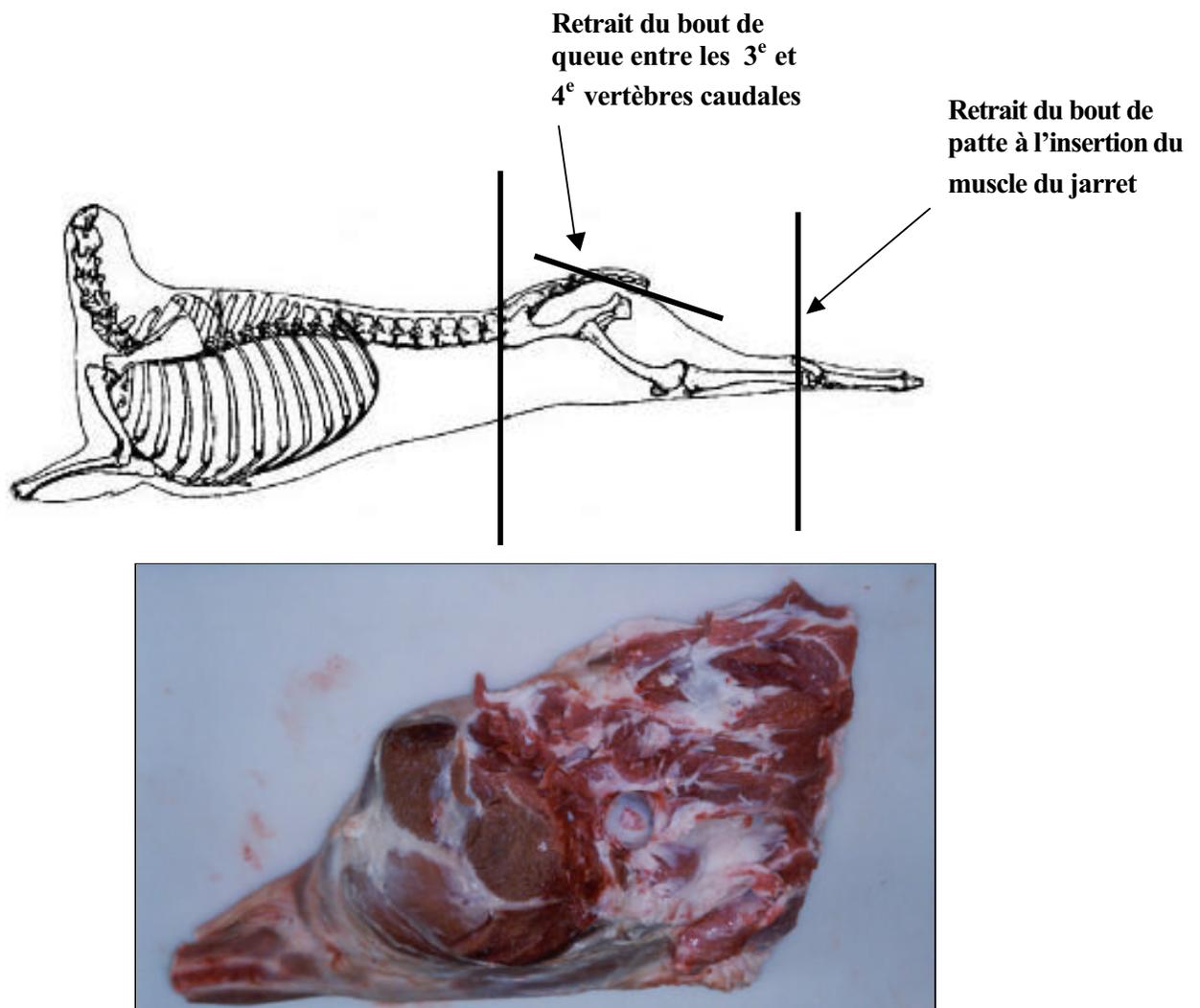


Figure 11. Découpe commerciale du gigot (gigot semi-désossé)

3.3 Longe et carré

On prépare la longe en coupe commerciale en laissant au maximum 6 mm de gras dorsal et en enlevant la partie de flanc en coupant à 3 cm du *Longissimus*, aux deux extrémités de la longe.

Pour le carré en coupe commerciale, on retire l'excédent de gras sous-cutané pour obtenir au plus 6 mm de couverture.

4.0 Dissection

La dissection s'effectue à la suite de la découpe commerciale pour chacune des pièces. Elle consiste en la séparation des pièces en leur différents tissus à l'aide d'un couteau. Les différents tissus obtenus sont les muscles, les os et le gras. Tout dépendant des pièces, certains muscles peuvent être isolés. Pour le gras, on distingue trois types principaux : les gras sous-cutané, intermusculaire et viscéral.

4.1 Épaule

On dissèque l'épaule carrée en ses différents tissus : muscles, os et gras sous-cutané, intermusculaire et viscéral. Pour le cou, on ne distingue aucun type de gras. Quant au jarret et à la pointe de poitrine, on sépare le gras en sous-cutané et intermusculaire seulement. Le bout de patte n'est pas disséqué.

4.2 Gigot

Le gigot est séparé en muscles, os et gras. Au niveau des muscles, la tête du filet mignon est isolée des autres muscles. Pour ce qui est du gras, les trois types (sous-cutané, intermusculaire et viscéral) sont séparés. Les bouts de queue et de patte ne sont pas disséqués.

4.3 Longe et carré

On dissèque la longe en séparant le *Longissimus*, le filet mignon, les autres muscles, les os et les gras sous-cutané, intermusculaire et viscéral. Du côté du carré, on procède de la même façon, sauf au niveau des muscles où il n'y a que le *Longissimus* qui est isolé des autres muscles.

4.4 Flanc

Le flanc est séparé en muscles, en os et en gras, sans distinction dans les types de muscle et de gras.

LISTE DES OUVRAGES CITÉS

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), 1999. Normes de classification des agneaux lourds au Canada. Agriculture et Agroalimentaire Canada, 61 p.

Agnobec. 1996. Évaluation du rendement de découpe et de désossage de l'agneau lourd- Rapport final. Agnobec, Québec.

Fabbricante, T., Sultan, W.J. 1987. Practical Meat Cutting and Merchandising-Volume 2 Pork, Lamb, Veal. AVI Publishing Company, Westport, Connecticut.

FAO. 1994. Abattage, découpe de la viande et traitement ultérieur. Étude FAO production et santé animale 91, Rome, Italie.

Garrett, R.P., Savell, J.W., Cross, H.R, Johnson, H.K. 1992. Yield Grade and Carcass Weight Effects on the Cutability of Lamb Carcasses Fabricated into Innovative Style Subprimals. J. Anim. Sci. 70: 1829-1839.

Hopkins, D.L., Wotton, J.S.A., Gamble, D.J., Atkinson, W.R., Slack-Smith, T.S., Hall, D.G. 1994. The yield of lamb carcasses prepared as «trim» and traditional cuts. Proc. Austr. Soc. Anim. Prod. 20: 156-159.

North American Meat Processors Association (NAMP), 1997. The meat buyers guide. North American Meat Processors Association, 209 p.

Swatland, H.J. 1984. Structure and development of meat animals, p.93-101. Prentice-Hall, New Jersey.

ANNEXE B

TABLEAUX COMPLÉMENTAIRES DE RÉSULTATS

Tableau 1 Effets du poids d'abattage, de la race et du sexe sur la composition de la demi-carrosse

Demi-carrosse	Poids d'abattage					Race			Sexe	
	36-39 kg (n=35)	41-44 kg (n=34)	46-49 kg (n=36)	51-54 kg (n=35)		DP (n=70)	SU (n=70)	F (n=72)	M (n=68)	
Gras (g)	1889,23 ± 498,64	2665,38 ± 515,68	2971,94 ± 622,42	3632,80 ± 876,52	3052,00 ± 887,56	2532,06 ± 834,68	3195,63 ± 895,13	2364,69 ± 678,60		
Gras (%)	21,1 ± 4,8	25,2 ± 4,0	25,0 ± 4,6	27,6 ± 6,0	26,8 ± 5,1	22,8 ± 5,0	27,8 ± 4,8	21,6 ± 4,0		
Muscle (g)	5187,14 ± 344,91	5890,00 ± 286,76	6691,42 ± 373,23	7156,86 ± 508,16	6248,33 ± 828,34	6225,83 ± 874,53	6189,25 ± 767,35	6287,72 ± 930,31		
Muscle (%)	58,7 ± 3,4	56,2 ± 2,8	56,6 ± 3,1	54,9 ± 3,8	55,8 ± 3,6	57,4 ± 3,3	54,9 ± 3,4	58,4 ± 2,8		
Os (g)	1770,97 ± 168,37	1944,71 ± 187,99	2169,08 ± 219,60	2277,89 ± 294,24	1945,57 ± 236,84	2138,96 ± 318,60	1940,56 ± 245,26	2149,96 ± 308,56		
Os (%)	20,1 ± 2,2	18,6 ± 2,1	18,4 ± 2,1	17,5 ± 2,7	17,5 ± 2,0	19,8 ± 2,3	17,3 ± 1,9	20,1 ± 2,1		
Total	9036,57 ± 604,81	10715,03 ± 571,19	12059,31 ± 545,95	13303,60 ± 716,47	11451,53 ± 1629,28	11124,93 ± 1770,84	11539,78 ± 1671,44	11021,88 ± 1708,36		
Épaule										
Gras (g)	691,37 ± 154,78	931,68 ± 142,80	1046,75 ± 164,64	1234,20 ± 267,74	1054,43 ± 284,11	899,21 ± 237,03	1066,82 ± 281,06	881,53 ± 227,91		
Gras (%)	26,1 ± 4,4	21,5 ± 3,5	25,7 ± 4,6	22,1 ± 3,9	25,7 ± 4,6	22,1 ± 3,9	26,1 ± 4,4	21,5 ± 3,5		
Muscle (g)	1790,49 ± 131,29	2057,97 ± 142,35	2319,86 ± 165,01	2495,46 ± 202,85	2158,83 ± 301,77	2176,80 ± 325,15	2124,82 ± 285,29	2213,34 ± 335,40		
Muscle (%)	54,8 ± 3,0	53,5 ± 2,5	53,7 ± 3,0	52,8 ± 3,4	53,3 ± 3,4	54,1 ± 2,7	52,8 ± 3,1	54,7 ± 2,7		
Os (g)	741,23 ± 88,76	813,38 ± 113,65	903,78 ± 114,67	947,71 ± 163,68	800,64 ± 110,46	903,70 ± 159,21	798,72 ± 112,72	908,76 ± 156,30		
Os (%)	22,7 ± 2,6	21,1 ± 2,4	20,9 ± 2,2	20,1 ± 3,2	19,9 ± 2,3	22,5 ± 2,6	19,9 ± 2,2	22,5 ± 2,6		
Total	3268,29 ± 203,76	3849,71 ± 259,66	4320,36 ± 177,94	4732,34 ± 277,11	4060,33 ± 568,15	4031,74 ± 622,42	4038,07 ± 568,82	4054,47 ± 623,54		

Tableau 1 Effets du poids d'abattage, de la race et du sexe sur la composition de la demi-carcasse (suite)

Longe	Poids d'abattage					Race				Sexe	
	36-39 kg (n=35)	41-44 kg (n=34)	46-49 kg (n=36)	51-54 kg (n=35)		DP (n=70)	SU (n=70)	F (n=72)	M (n=68)		
Gras (g)	436,91 ± 168,06	673,32 ± 217,50	755,14 ± 248,65	955,69 ± 350,26	818,81 ± 307,43	592,89 ± 279,44	870,14 ± 310,72	531,90 ± 205,90			
Gras (%)	24,9 ± 7,0	31,3 ± 6,8	31,1 ± 7,2	34,4 ± 9,3	33,6 ± 7,4	27,3 ± 8,0	35,5 ± 6,9	25,1 ± 6,0			
Muscle (g)	962,51 ± 97,69	1080,32 ± 82,79	1251,94 ± 93,61	1343,38 ± 124,03	1197,63 ± 177,75	1120,72 ± 171,84	1164,57 ± 156,17	1153,96 ± 200,68			
Muscle (%)	56,4 ± 5,5	52,0 ± 5,0	53,0 ± 5,0	50,2 ± 6,5	51,0 ± 5,6	54,7 ± 5,7	49,7 ± 5,5	56,2 ± 4,4			
Os (g)	310,14 ± 56,31	336,94 ± 60,72	361,67 ± 56,79	393,80 ± 79,64	350,59 ± 71,22	351,04 ± 70,33	336,21 ± 70,75	366,28 ± 67,39			
Os (%)	18,1 ± 3,0	16,2 ± 3,1	15,3 ± 3,0	15,0 ± 3,8	15,0 ± 3,1	17,3 ± 3,4	14,4 ± 2,8	18,1 ± 3,1			
Total	1723,97 ± 247,04	2101,76 ± 284,75	2381,14 ± 271,67	2693,94 ± 371,54	2376,76 ± 444,13	2077,64 ± 436,75	2381,83 ± 466,09	2063,47 ± 403,99			
Flanc											
Gras (g)	252,23 ± 85,81	376,59 ± 95,83	415,00 ± 111,97	502,77 ± 136,62	414,79 ± 136,93	359,06 ± 140,45	457,65 ± 140,04	312,03 ± 96,93			
Gras (%)	32,6 ± 8,4	38,0 ± 6,8	37,7 ± 7,0	40,4 ± 8,5	39,3 ± 7,3	35,0 ± 8,4	42,1 ± 6,7	32,0 ± 6,1			
Muscle (g)	391,57 ± 44,66	467,53 ± 37,66	526,44 ± 51,51	570,46 ± 80,56	489,56 ± 87,07	489,29 ± 88,10	480,65 ± 78,01	498,71 ± 95,82			
Muscle (%)	52,0 ± 6,6	48,1 ± 4,7	48,7 ± 5,4	46,6 ± 6,5	47,9 ± 5,8	49,8 ± 6,4	45,6 ± 5,5	52,3 ± 4,7			
Os (g)	112,34 ± 15,51	131,06 ± 23,46	142,39 ± 21,00	155,09 ± 23,25	127,16 ± 22,13	143,44 ± 27,36	126,86 ± 20,68	144,24 ± 28,34			
Os (%)	15,0 ± 2,6	13,5 ± 2,9	13,3 ± 2,6	12,7 ± 2,5	12,5 ± 2,2	14,7 ± 2,8	12,1 ± 2,0	15,3 ± 2,5			
Total (g)	759,40 ± 93,24	978,79 ± 94,18	1086,14 ± 110,38	1231,17 ± 119,44	1033,53 ± 200,89	995,76 ± 201,95	1068,06 ± 202,52	958,09 ± 185,84			

Tableau 1 Effets du poids d'abattage, de la race et du sexe sur la composition de la demi-carcasse (suite)

Gigot	Poids d'abattage				Race			Sexe	
	36-39 kg (n=35)	41-44 kg (n=34)	46-49 kg (n=36)	51-54 kg (n=35)	DP (n=70)	SU (n=70)	F (n=72)	M (n=68)	
Gras (g)	508,71 ± 113,99	683,79 ± 116,37	755,06 ± 137,92	940,14 ± 172,69	763,97 ± 196,39	680,90 ± 208,94	801,01 ± 199,36	639,24 ± 180,30	
Gras (%)	16,0 ± 3,4	18,8 ± 3,0	18,3 ± 3,4	21,0 ± 3,8	19,7 ± 3,6	17,3 ± 3,7	20,3 ± 3,4	16,6 ± 3,2	
Muscle (g)	2042,57 ± 141,00	2284,18 ± 135,18	2593,17 ± 179,17	2757,06 ± 183,54	2402,31 ± 302,92	2440,59 ± 336,95	2419,21 ± 299,23	2423,82 ± 342,47	
Muscle (%)	64,5 ± 2,5	62,8 ± 2,3	63,0 ± 2,2	61,5 ± 2,4	62,7 ± 2,5	63,2 ± 2,6	62,1 ± 2,4	63,9 ± 2,4	
Os (g)	607,26 ± 60,67	663,32 ± 74,03	761,25 ± 91,72	781,29 ± 97,75	667,19 ± 94,29	740,77 ± 109,89	678,76 ± 100,41	730,68 ± 111,04	
Os (%)	19,2 ± 1,9	18,2 ± 1,9	18,5 ± 1,8	17,4 ± 2,0	17,4 ± 1,7	19,2 ± 1,9	17,4 ± 1,7	19,3 ± 1,8	
Total	3165,46 ± 173,42	3639,44 ± 182,14	4115,94 ± 242,85	4482,31 ± 223,35	3839,46 ± 500,86	3868,93 ± 577,14	3904,63 ± 515,88	3800,79 ± 560,53	