

**Influence de la race, du sexe et du poids d'abattage sur la  
qualité de la viande d'agneau lourd**

**Rapport final**

**Projet 02DAE007**

**Remis à la Direction du développement de la transformation alimentaire et des  
marchés du MAPAQ dans le cadre du programme ConcertAction**

**Préparé par**

**François Castonguay et Mireille Thériault,  
Agriculture et Agroalimentaire Canada**

**pour la**

**Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec**

**Novembre 2005**

# TABLE DES MATIÈRES

<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>II</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>IV</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>V</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>VI</b>
<b>RÉSUMÉ COURT</b> .....	<b>VIII</b>
<b>RÉSUMÉ LONG</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. MISE EN SITUATION</b> .....	<b>1</b>
1.1. Généralités .....	1
1.2. Problématique .....	2
<b>2. REVUE DE LITTÉRATURE</b> .....	<b>3</b>
2.1. Classification des fibres musculaires .....	3
2.2. Relation entre le type et le nombre de fibres et la qualité de la viande .....	4
2.3. Sélection génétique sur la qualité de la viande .....	5
<b>3. IMPACT DU PROJET</b> .....	<b>7</b>
<b>4. OBJECTIFS DU PROJET</b> .....	<b>7</b>
4.1. Général .....	7
4.2. Spécifiques .....	8
<b>5. HYPOTHÈSES</b> .....	<b>8</b>
<b>6. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL</b> .....	<b>8</b>
6.1. Sélection des agneaux .....	8
6.2. Logement .....	9
6.3. Traitements .....	9
6.4. Alimentation .....	9
6.5. Suivi de croissance et abattage .....	9
6.6. Échantillonnage de la viande à l'abattoir .....	10
6.7. Classification des carcasses .....	10
6.8. Dissection des carcasses .....	11
6.9. Analyses sur la viande .....	11
6.9.1. Caractéristiques physico-chimiques .....	12
6.9.2. Typage des fibres musculaires .....	13
6.9.3. Cinétique enzymatique .....	15

6.10. Analyses statistiques.....	18
<b>7. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....</b>	<b>18</b>
7.1. Caractéristiques musculaires du longissimus dorsi d'agneau .....	18
7.2. Fibres musculaires et performances de croissance.....	20
7.3. Activités enzymatiques.....	25
7.4. pH .....	26
7.5. Tendreté.....	27
7.6. Pertes en eau et pertes à la cuisson.....	29
7.7. Composition chimique .....	29
7.8. Couleur .....	30
<b>8. CONCLUSIONS &amp; IMPLICATIONS.....</b>	<b>31</b>
<b>9. RÉFÉRENCES.....</b>	<b>32</b>

## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1.	PERFORMANCES DE CROISSANCE EN FONCTION DU SEXE, DE LA RACE ET DU POIDS D'ABATTAGE .....	37
TABLEAU 2.	COMPOSITION DES CARCASSES EN FONCTION DU SEXE, DE LA RACE ET DU POIDS D'ABATTAGE .....	38
TABLEAU 3.	PROPORTION ET SURFACE DES DIFFÉRENTS TYPES DE FIBRES MUSCULAIRES DU LONGISSIMUS DORSI EN FONCTION DU SEXE, DE LA RACE ET DU POIDS D'ABATTAGE .....	39
TABLEAU 4.	DÉFINITIONS ET ABRÉVIATIONS DES VARIABLES UTILISÉES DANS LES TABLEAUX DES CORRÉLATIONS.....	40
TABLEAU 5.	CORRÉLATIONS ENTRE LES PARAMÈTRES DE QUALITÉ DE VIANDE ET CEUX DE CROISSANCE.....	41
TABLEAU 6.	CORRÉLATIONS ENTRE LES PARAMÈTRES DE QUALITÉ DE VIANDE .....	42
TABLEAU 7.	ACTIVITÉ ENZYMATIQUE DE LA VIANDE DU LONGISSIMUS DORSI EN FONCTION DU SEXE, DE LA RACE ET DU POIDS D'ABATTAGE .....	45
TABLEAU 8.	QUALITÉ DE LA VIANDE DU LONGISSIMUS DORSI EN FONCTION DU SEXE, DE LA RACE ET DU POIDS D'ABATTAGE .....	46

## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.	SITES DE PRÉLÈVEMENTS SUR LE LONGISSIMUS DORSI POUR LES DIFFÉRENTES ANALYSES DE QUALITÉ DE LA VIANDE.....	12
FIGURE 2.	COLORATIONS DE L'ATPASE ET DE LA SUCCINATE DÉSHYDROGÉNASE .....	14

## REMERCIEMENTS

Comme coordonnateur de l'équipe de recherche, je voudrais adresser des remerciements à toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce projet.

L'équipe de recherche et la Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec (FPAMQ) désirent d'abord remercier le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), via le programme ConcertAction, pour le financement du projet. Il faut également souligner que ce projet d'envergure a été financé en partie (croissance et découpe) par le CORPAQ.

Je tiens personnellement à remercier la FPAMQ pour avoir fait confiance à mon équipe de recherche pour la réalisation de ce projet.

Des remerciements vont aux neuf entreprises ovines qui ont mis à notre disposition les agneaux nécessaires au projet : Bergerie de La Chouette (Nancy Bergeron et Michel Reid); Bergerie du Gigot Giguant (Élyse Nadeau et Daniel Ouellet); Ferme Robert Girard (Robert Girard et Sophie Bédard); Ferme Lapointe senc. (Phillipe, Roxanne et Jimmy Lapointe); Ferme Réal Parent (Réal Parent); Les Bergeries Mimeault (Marc Mimeault et Sylvie Émond); Patphanie (Patrick Pelletier et Stéphanie Carrier); Bergerie du Patriote (Éric Jobin); Ferme Syljack (Jacquelin Moffet et Sylvie Letellier).

Merci au MAPAQ, une fois de plus, qui, via le financement qu'il accorde à la Station d'évaluation des agneaux commerciaux, nous a permis de mener à bien ce projet dans des conditions de logement voisines d'une station expérimentale. Des remerciements sont également adressés au Comité de gestion de la station d'évaluation des agneaux commerciaux pour avoir accepté notre projet. Un merci particulier à Giovanni Lebel, opérateur de la station, pour son aide précieuse.

La COOP Fédérée de Québec a également participé à la réussite du projet en fournissant gratuitement une partie de l'alimentation des agneaux. Merci à Sylvain Boyer et à David Arseneault de la COOP Fédérée qui étaient responsables de la formulation des suppléments alimentaires. Merci au Dr Dany Cinq-Mars de la Direction des services technologiques du MAPAQ pour ses précieux conseils sur l'alimentation des agneaux.

Merci au Dr Claude Gariépy, chercheur en qualité des viandes au Centre de recherche et de développement sur les viandes de Saint-Hyacinthe (CRDA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, qui assurait l'encadrement scientifique du projet. Le Dr Jean Amiot, professeur au

Département des sciences des aliments et de nutrition de l'Université Laval, a également participé à la mise en place des bases scientifiques du projet.

Je tiens à remercier Liviu Dragomir, étudiant de 2<sup>e</sup> cycle au Département des sciences animales de l'Université Laval qui s'est chargé des analyses de laboratoire sur la qualité de la viande, de la compilation de ces résultats et qui a participé à leur analyse. Merci à Catherine Avezard, technicienne de laboratoire, qui a guidé Liviu Dragomir dans la réalisation des analyses de laboratoire.

Tout le travail de découpe a été réalisé au Centre de recherche et de développement sur les bovins laitiers et le porc d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville. J'aimerais remercier sincèrement le chercheur Dr Candido Pomar qui était responsable de la supervision scientifique de cet aspect du projet. Le travail méticuleux de Marcel Marcoux (professionnel de recherche) et de Normande Ouellette (technicienne de laboratoire) lors de la découpe des carcasses mérite également des remerciements. Merci à Steve Méthot pour ses conseils pour la réalisation des analyses statistiques.

Du côté de mon équipe de recherche à l'Université Laval, je tiens à remercier Francis Goulet (professionnel de recherche au Département des sciences animales de l'Université Laval) qui a mis en place le projet avec la FPAMQ et qui y a participé activement (aide technique, planification, coordination, compilation); Mireille Thériault (professionnelle de recherche au Département des sciences animales) qui a assuré le suivi technique du projet, réalisé la compilation et l'analyse statistique des données et participé à la rédaction du rapport final; Julie Mercier (étudiante de 2<sup>e</sup> cycle au Département des sciences animales) qui a réalisé la coordination de la partie « découpe des carcasses » ainsi que la compilation de ces informations.

Sans l'appui des organismes précédemment cités et sans le travail de nos nombreux collaborateurs, ce projet n'aurait pu être réalisé avec autant de succès.



Dr François Castonguay, PhD

*Chercheur en production ovine*

*Agriculture et Agroalimentaire Canada*

*Centre de recherche et de développement sur les bovins laitiers et le porc*

*En poste au Département des Sciences Animales*

*Pavillon Paul-Comtois, Université Laval*

*Québec, G1K 7P4*

Tél. : (418) 656-2131 poste 8358

Courrier électronique : François.Castonguay@san.ulaval.ca

## RÉSUMÉ COURT

Cette étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de la race, du sexe et du poids d'abattage sur certains paramètres qualitatifs de la viande d'agneau lourd. Cinquante-quatre agneaux (27 de chaque sexe) de race Suffolk (SU) et 54 agneaux (27 de chaque sexe) de race Dorset (DP) ont été abattus à trois strates de poids vif (41-44, 46-49 et 51-54 kg). À l'abattage, des échantillons du longissimus dorsi (LD) ont été prélevés. Le reste du muscle a servi pour la détermination des autres paramètres de qualité. Les résultats montrent que le LD possédait une très forte proportion de fibres intermédiaires (51.2-65.5 %) par rapport aux fibres rouges (5.7-9.3 %) et blanches (27.6-39.5 %). Le LD des Dorset serait, sur la base de l'activité de la lactate déshydrogénase (LDH), plus glycolytique que celui des Suffolk. Le LD des mâles était moins glycolytique que celui des femelles. Globalement, l'augmentation du poids d'abattage a été accompagnée d'une réduction du caractère oxydatif, exprimé par la mesure de l'activité de la citrate synthase. Les traitements n'ont eu aucun effet marqué sur la valeur pH et conséquemment sur les pertes en eau de la viande fraîche et les pertes en jus lors de la cuisson. Des effets négligeables des traitements ont été observés sur les paramètres de couleur. La viande des femelles était plus grasse et moins concentrée en eau que celle des mâles. Le LD des Dorset était également plus riche en gras et moins riche en eau que celui des Suffolk. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux races à l'étude pour la tendreté du LD. La force de cisaillement diminuait avec une augmentation du poids d'abattage. Mais ces changements dans la tendreté seraient peu perceptibles par le consommateur. Aucune corrélation n'a été observée entre les caractéristiques des fibres musculaires et les forces de cisaillement. Globalement, le sexe, le poids d'abattage et la race ont eu peu d'effet important sur la qualité de la viande du LD.

Pour l'industrie, il ne semble donc pas y avoir de restriction, en terme de qualité de viande, à augmenter le poids de carcasse des agneaux lourds dans l'objectif d'augmenter la marge de profit des producteurs et de fournir aux consommateurs des découpes possédant plus de viande.



## RÉSUMÉ LONG

Les deux principales raisons les plus couramment invoquées par les consommateurs pour justifier leur refus d'acheter de la viande d'agneau sont l'excès de gras et le faible rendement en viande des coupes commercialisées. Pour les producteurs ovins, la production du type de carcasses recherché fait intervenir plusieurs aspects de la régie, notamment le choix des races et de leurs croisements, l'alimentation, le poids d'abattage. Cependant, le travail de recherche sur l'amélioration du rendement en viande des carcasses doit se faire de concert avec le maintien de la qualité de la viande, critère de première importance pour le consommateur.

Il existe une grande variabilité des résultats publiés en ce qui concerne les différents facteurs zootechniques qui peuvent influencer la qualité de la viande d'agneau. Dans le cas spécifique du Québec, il n'existe pas d'étude qui se soit attardée à évaluer les effets de différents facteurs d'élevage sur la qualité de viande. Il apparaissait donc pertinent de mener une telle étude surtout dans le contexte où l'industrie ovine québécoise cherche par tous les moyens possibles à se démarquer de la concurrence étrangère. La qualité de la viande fait partie des éléments sur lesquelles la renommée de l'agneau du Québec s'appuie.

Environ 23 races pures sont présentes dans les troupeaux ovins du Québec; les agneaux mis en marché se caractérisent donc par une grande hétérogénéité. Les études sur la qualité de la viande des races utilisées au Québec sont rares et difficiles à transférer directement dans nos élevages étant donné la multitude de facteurs supplémentaires qui affectent les résultats publiés par les autres études (poids d'abattage, alimentation, environnement, . . . ).

Concernant le poids d'abattage, les producteurs seraient intéressés à augmenter le poids des agneaux qu'ils vendent pour améliorer le rendement en viande de leur carcasse. Les consommateurs y trouveraient leur compte puisque cette augmentation du poids des carcasses engendrerait un accroissement de la quantité de viande, notamment de la surface de l'œil de longe. Les éleveurs, pour leur part, verraient leurs bénéfices accrus. En effet, économiquement, la production d'agneaux plus lourds permet d'améliorer le nombre de kilogrammes de viande vendus par brebis tout en augmentant que très peu les coûts d'alimentation et de régie. L'intérêt pour l'augmentation du poids

des carcasses est également partagé par les transformateurs qui y voient de plus en plus d'avantages du point de vue de la découpe.

Ainsi, ce projet de recherche avait pour objectif d'évaluer l'effet de la race, du sexe et du poids d'abattage sur certains paramètres qualitatifs (qualités chimiques et organoleptiques) de la viande d'agneau lourd produite au Québec. Plus spécifiquement, nous avons évalué les différences de qualité de la viande entre des agneaux de race maternelle Dorset et ceux de race paternelle Suffolk, deux races qui sont reconnues pour avoir des patrons de croissance musculaire et de déposition de gras différents. De plus, ce sont les races les plus populaires au Québec qui sont largement utilisées en croisement. Dans l'objectif d'accroître éventuellement le poids d'abattage des agneaux au Québec, qui est autour de 44 kg présentement, nous avons voulu déterminer les variations des paramètres liés à la qualité de la viande d'agneau en fonction du poids d'abattage pour des strates de poids variant entre 41 à 54 kg. Comme les agneaux des deux sexes sont généralement commercialisés, il apparaissait intéressant de valider les résultats sur les deux sexes.

Cinquante-quatre agneaux (27 mâles et 27 femelles) de race Suffolk (SU) et 54 agneaux (27 mâles et 27 femelles) de race Dorset (DP) ont été abattus à trois strates de poids vif (41-44 kg, 46-49 kg et 51-54 kg). Immédiatement après l'abattage, des échantillons du muscle longissimus dorsi (LD) ont été prélevés et congelés dans l'azote liquide pour la détermination des caractéristiques histoenzymologiques et biochimiques. Le lendemain de l'abattage, toutes les longes courtes du côté droit des carcasses ont été prélevées et congelées sous vide. La demi-carcasse gauche de chaque agneau a été expédiée à la Station de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada de Lennoxville pour y être découpée (découpe primaire et commerciale) et disséquée. Le poids des différents tissus (gras sous-cutané, intermusculaire et viscéral, muscle et os) a alors été déterminé. Les analyses de laboratoire ont été réalisées au Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Hyacinthe. Les teneurs en eau, en gras et en protéines ont été déterminées sur une partie du LD. Sur ce muscle, on a aussi déterminé la perte à la cuisson et la tendreté. Des analyses histoenzymologiques et biochimiques ont permis de déterminer le type de fibres musculaires. Par histologie, on a aussi évalué le nombre, le type et le diamètre des fibres musculaires du LD.

Les résultats montrent que le LD possédait une très forte proportion de fibres intermédiaires (51.2-65.5 %) par rapport aux fibres rouges (5.7-9.3 %) et blanches (27.6-39.5 %). Le LD des Dorset serait, sur la base de l'activité de la lactate déshydrogénase (LDH), plus glycolytique que celui des Suffolk. Le LD des mâles était moins glycolytique que celui des femelles. Globalement, l'augmentation du poids d'abattage a été accompagnée d'une réduction du caractère oxydatif, exprimé par la mesure de l'activité de la citrate synthase. Les traitements n'ont eu aucun effet marqué sur la valeur pH et conséquemment sur les pertes en eau de la viande fraîche et les pertes en jus lors de la cuisson. Des effets négligeables des traitements ont été observés sur les paramètres de couleur. La viande des femelles était plus grasse et moins concentrée en eau que celle des mâles. Le LD des Dorset était également plus riche en gras et moins riche en eau que celui des Suffolk. La force de cisaillement pour la viande de Dorset était statistiquement inférieure à celle des Suffolk et diminuait avec une augmentation du poids d'abattage. Mais ces changements dans la tendreté seraient peu perceptibles par le consommateur. Aucune corrélation n'a été observée entre les caractéristiques des fibres musculaires et les forces de cisaillement. Globalement, le sexe, le poids d'abattage et la race ont eu peu d'effet important sur la qualité de la viande du LD.

Pour l'industrie, il ne semble donc pas y avoir de restriction, en terme de qualité de viande, à augmenter le poids de carcasse des agneaux lourds dans l'objectif d'augmenter la marge de profit des producteurs et de fournir aux consommateurs des découpes possédant plus de viande.

## 1. MISE EN SITUATION

### 1.1. Généralités

Les deux principales raisons les plus couramment invoquées par les consommateurs pour justifier leur refus d'acheter de la viande d'agneau sont l'excès de gras et le faible rendement en viande des coupes commercialisées. Pour les producteurs ovins, la production du type de carcasses recherché fait intervenir plusieurs aspects de la régie, notamment le choix des races et de leurs croisements, l'alimentation et le poids d'abattage. Le génotype influence fortement la quantité et la vitesse de déposition des tissus musculaires et adipeux. La sélection génétique est donc une avenue à privilégier puisqu'elle permet un changement réel et durable.

Les producteurs pourraient également être intéressés à augmenter le poids des agneaux qu'ils vendent pour augmenter le rendement en viande de leur carcasse. Les consommateurs y trouveraient leur compte puisque cette augmentation du poids des carcasses engendrerait un accroissement de la quantité de viande, notamment de la surface de la côtelette (œil de longe). Les éleveurs, pour leur part, verraient leurs bénéfices accrus. En effet, économiquement, la production d'agneaux plus lourds permet d'améliorer le nombre de kilogrammes de viande vendus par brebis tout en augmentant que très peu les coûts d'alimentation et de régie. L'intérêt pour l'augmentation du poids des carcasses est également partagé par les transformateurs qui y voient de plus en plus d'avantages du point de vue de la découpe (FPAMQ, 2001a et b).

Cependant, avec l'objectif d'augmenter la proportion de muscles et de diminuer le pourcentage de gras de nos carcasses, il est impératif de maintenir la haute qualité légendaire de la viande d'agneau et d'éviter la détérioration de la qualité de viande observée dans d'autres productions (porcine par exemple) par une sélection exagérée sur le gain et sur la réduction du gras dorsal. Les deux principaux paramètres qui définissent un agneau de qualité sont donc sa composition en viande et en gras mais aussi la qualité de cette chair (Field et Whipple, 1998; Sanudo *et al.*, 2000). Par *qualité de la chair*, on fait notamment référence à la couleur, au goût et à la texture de la viande. En ce qui a trait à la viande d'agneau particulièrement, le consommateur recherche un produit rosé, tendre, juteux et ayant un goût savoureux.

Paradoxalement, les systèmes de classification dans toutes les productions animales sont essentiellement basés sur le rendement en viande des carcasses. La classification des carcasses des agneaux lourds au Québec, mise en place par la Fédération des producteurs d'agneaux et moutons du Québec (FPAMQ) en 2001, ne fait pas exception à cette règle. En effet, bien qu'elle valorise les carcasses dont le rendement en viande vendable est supérieur, la grille de paiement ne considère nullement la qualité de la viande de ces carcasses.

## **1.2. Problématique**

On observe une détérioration de la qualité générale de la viande chez les espèces qui ont été fortement sélectionnées sur la vitesse de croissance et le développement musculaire, telles la volaille et le porc. La sélection dirigée sur la réduction du gras de carcasse (sélection pour réduire le gras dorsal) mène, lorsque poussée à l'extrême, à une diminution de la tendreté et de la jutosité de la viande.

Même si l'industrie ovine québécoise a toujours su convaincre sa clientèle de la qualité exceptionnelle de son produit, la concurrence de la Nouvelle-Zélande, de l'Australie et même celle de l'Ouest canadien se fait de plus en plus sentir. Devant le développement exponentiel de la production ovine au Québec, les producteurs se doivent d'augmenter leur part de marché afin d'accroître la viabilité de leur industrie. Pour ce faire, il est primordial de développer des stratégies d'élevage qui permettront aux éleveurs de rester les leaders dans le secteur « haut de gamme » de la viande d'agneau. Ces stratégies, qu'elles passent par la sélection génétique ou l'augmentation du poids d'abattage, doivent permettre de conserver les qualités organoleptiques tant recherchées de la viande d'agneau.

La production ovine québécoise se démarque des autres pays producteurs d'agneaux par son système de production intensif. En effet, la production d'agneaux lourds à l'année longue, en réclusion, et l'utilisation de races à fort potentiel de croissance nous permettent de produire des agneaux lourds plus jeunes, dont la viande est tendre, juteuse, de couleur pâle et avec un goût moins prononcé.

Certaines études tendent à démontrer que l'augmentation du poids de la carcasse est reliée à l'augmentation du gras de couverture et à une diminution de la qualité de la viande. Cependant, la plupart des études sur le sujet ont été réalisées aux États-Unis ou dans l'Ouest canadien. Les particularités du système de production ovin québécois nous permettent de croire qu'il est possible de maintenir les propriétés actuelles de qualité tout en augmentant le poids des agneaux à l'abattage. De plus, il est permis de croire que certaines races pourraient avoir le potentiel de produire des carcasses plus lourdes sans augmentation simultanée du gras de couverture tandis que d'autres en seraient incapables.

Du point de vue génétique, des travaux sont nécessaires pour mieux comprendre et contrôler la dynamique de population des fibres musculaires afin de permettre l'amélioration de la qualité de la viande tout en préservant les performances de croissance.

## **2. REVUE DE LITTÉRATURE**

La mise en place des tissus adipeux succède à la croissance des muscles. L'augmentation du poids de la carcasse et du rendement en viande maigre est cependant possible si la sélection pour accroître le potentiel de croissance musculaire est réalisée selon des caractéristiques cellulaires bien définies.

Le muscle se compose de fibres. Le type de fibres musculaires (rouge, intermédiaire, blanche), leurs proportions et leurs activités métaboliques sont intimement liés à la croissance du muscle. La transformation biochimique du muscle en viande ainsi que la qualité de cette dernière sont également déterminées par les caractéristiques des fibres musculaires.

### **2.1. Classification des fibres musculaires**

Les fibres musculaires sont classées principalement selon l'activité des protéines contractiles et leur métabolisme énergétique. On distingue les fibres rouges, blanches et intermédiaires par des analyses histoenzymatiques basées sur la mise en évidence de l'activité enzymatique de l'ATPase myofibrillaire, qui caractérise le type contractile (vitesse de contraction lente ou rapide), et de la succinate déshydrogénase (SDH) qui caractérise le type métabolique de la fibre (oxydatif - aérobie, qui requiert de l'oxygène - ou glycolytique - anaérobie, qui ne requiert pas

d'oxygène).

Les fibres rouges ont une vitesse de contraction lente et un métabolisme énergétique de type oxydatif. Ces fibres consomment beaucoup d'énergie car elles sont sollicitées en permanence pour des contractions de faible intensité ce qui les caractérise par une activité ATPasique faible. Elles sont pauvres en glycogène et vont utiliser principalement le glucose comme source d'énergie. Leur métabolisme oxydatif élevé est relié à leur richesse en mitochondries et lipides, elles sont bien vascularisées et très résistantes à la fatigue. Elles sont riches en myoglobine ce qui leur confère une coloration rouge.

Les fibres blanches ont une vitesse de contraction rapide et un métabolisme énergétique de type glycolytique. Ces fibres dégradent très rapidement l'ATP, se contractent très rapidement pendant des temps très courts et sont peu sollicitées, ce qui explique leur richesse en glycogène et une forte activité ATPasique myofibrillaire. Ces fibres ont une couleur blanche, elles sont pauvres en myoglobine, mitochondries et lipides, elles sont peu vascularisées et peu résistantes à la fatigue.

Les fibres intermédiaires ont une vitesse de contraction rapide mais un métabolisme énergétique de type oxydo-glycolytique. Ces fibres dégradent rapidement l'ATP, possèdent une activité ATPasique myofibrillaire élevée qui, couplée à un métabolisme énergétique de type oxydatif, leur permet de faire un travail prolongé de grande intensité. Ces fibres sont souvent sollicitées. Elles sont riches en glycogène et en lipides et comme les fibres rouges, elles sont riches en myoglobine, mitochondries et sont bien vascularisées.

## **2.2. Relation entre le type et le nombre de fibres et la qualité de la viande**

Des corrélations négatives ont été obtenues entre la taille et le nombre de fibres musculaires chez les espèces fortement sélectionnées pour le rendement en viande, telles que le porc et le poulet (Rehfeldt *et al.*, 1999), de même qu'entre la taille des fibres et la qualité de la viande, principalement chez le porc (Larzul *et al.*, 1997). Conséquemment, la sélection d'individus à forte masse musculaire et à faible adiposité, résultant de l'accroissement de la taille des fibres, risque d'entraîner une réduction du nombre de fibres musculaires au niveau de la progéniture, réduisant

par surcroît leur vitesse de croissance et leur efficacité alimentaire. La couleur, la texture et le pouvoir de rétention d'eau de la viande de ces individus seraient également affectés négativement (Rehfeldt *et al.*, 1999; Stickland, 1995; Oksjberg *et al.*, 1994). Ces phénomènes seraient dus à une sélection indirecte vers une plus forte proportion de fibres blanches dont le diamètre est plus grand que celui des fibres rouges (Oksjberg *et al.*, 1994; Larzul *et al.*, 1997). Les problèmes de qualité de viande en émergence chez le porc, notamment, seraient un bel exemple de ce type de sélection indirecte.

Il existe peu d'études ayant évalué les caractéristiques biochimiques et histologiques du muscle chez l'agneau en relation avec les performances de croissance et la qualité de la viande. Selon Valin *et al.* (1982), les agneaux ayant une plus forte proportion de fibres rouges, auraient une flaveur plus intense et une meilleure jutosité que ceux possédant une plus grande quantité de fibres blanches et ce, indépendamment du niveau d'adiposité de la carcasse.

### **2.3. Sélection génétique sur la qualité de la viande**

Chez les mammifères, il est connu que le nombre de fibres musculaires est déterminé au moment de la naissance. La grosseur du muscle chez l'adulte est donc la résultante du nombre de fibres présent à la naissance et de la taille atteinte par chacune d'entre elles durant la croissance. L'identification des facteurs génétiques sous jacents à la mise en place du nombre et des différents types de fibres musculaires pourrait permettre le développement d'outil de sélection orientée à la fois vers les performances animales et la qualité de la viande. En effet, les valeurs d'héritabilité (portion génétique d'un caractère qui est transmissible à la progéniture) de ces paramètres varient de 0.2-0.5, tel que rapporté par Rehfeldt *et al.* (1999). Selon ces auteurs, les animaux sélectionnés principalement sur la base de leur vitesse de croissance ont généralement une plus grande quantité de fibres musculaires alors que ceux sélectionnés pour augmenter le pourcentage de viande maigre ont plutôt des fibres de diamètre plus grand.

D'un point de vue métabolique, le muscle de l'agneau se situe à l'opposé de celui du porc (Talmant *et al.* 1986). Sa composition en type de fibres pourrait plus facilement favoriser la sélection pour augmenter le poids et la masse musculaire sans pour autant affecter la qualité de sa viande. La



stratégie à adopter pour améliorer simultanément la quantité et la qualité de la viande sans affecter les performances de croissance consisterait donc à sélectionner les individus ayant une plus grande quantité de fibres de diamètre modéré.

En plus du nombre et de la taille des fibres, la sélection devrait également tenir compte du type métabolique (rouge, intermédiaire, blanc), compte tenu des corrélations génétiques établies avec la qualité de la viande et des valeurs d'héritabilité élevées calculées pour ce caractère (0.46-0.58) (Larzul *et al.*, 1997).

Fédération des producteurs d'agneaux et moutons Québec (FPAMQ) 2001a. La rentabilité en transformation d'agneaux lourds : une équation à multiples variables. 53 pp.

Fédération des producteurs d'agneaux et moutons Québec (FPAMQ) 2001b. Étude sur les habitudes de consommation et d'achat de l'agneau du Québec. 144 pp.

Field, R.A. et Whipple, G. 1998. The relation of slaughter and carcass weight to production and processing efficiency and market acceptability. *Sheep and Goat Research Journal*. 14:98-105.

Larzul C., Lefaucheur I., Ecolan P., Gogué J., Talmant A., Sellier P., Le Roy P., Monin G. 1997. Phenotypic and genetic parameters for longissimus muscle fiber characteristics in relation to growth, carcass, and meat quality traits in Large White pigs. *J. Anim. Sci.* 75:3126-3137.

Oksbjerg, N., Henckel, P. and Rolph, T., 1994. Effects of salbutamol, and beta-adrenergic agonist, on muscles of growing pigs fed different levels of dietary protein. Muscle fiber properties and muscle fiber accretion. *Acta Agric. Sca., Sect. Anim. Sci* 44:12.

Rehfeldt C., Stickland N.C., Fiedler I., Wegner, J. 1999. Environmental and genetic factors as sources of variation in skeletal muscle fibre number. *Basic Appl. Myol.* 9:235-253.

Sanudo, C., Santolaria, M.P., Maria, G., Osorio, M.T., Sierra, I. 1996. Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive lamb production systems. *Meat Science*. 42:195-202.

Stickland, N.C. 1995. Microstructural aspects of skeletal muscle growth. Dans: 2nd Dummerstorf Muscle-Workshop, muscle growth and meat quality. K. Ender Ed., Rostock.

Talmant A., Monin G. Briand M., Dadet M., Briand Y. 1986. Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Sci.* 18:23-40.

Valin C., Touraille C., Vigneron P., Ashmore C.R. 1982. Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Sci.* 6:257-263.

### **3. IMPACT DU PROJET**

La connaissance des caractéristiques histologiques et biochimiques musculaires des agneaux utilisés en sélection pourrait être un outil précieux pour mieux cibler les individus susceptibles de permettre une augmentation du poids à l'abattage tout en favorisant de meilleures performances, ainsi que des rendements de carcasse et de qualité de viande améliorés. La mise en commun de l'ensemble de l'information issu des aspects cellulaires, métaboliques et génétiques, tel que proposé dans cette étude, n'a jamais été réalisé au Québec et que très rarement à travers le monde, surtout en ce qui a trait à la viande d'agneau. Ce projet est le premier d'une approche intégrée sur l'étude de la production efficace de viande ovine québécoise de qualité.

La création d'une équipe de recherche sur la qualité de la viande ovine permettra également d'envisager l'élaboration de nouveaux protocoles de recherche qui s'attaqueraient à d'autres problématiques que le secteur pourrait identifier au cours des prochaines années. Le mandat de cette équipe est de développer des techniques de mesures et d'amélioration de la qualité de la viande d'agneau pour rencontrer les exigences des consommateurs. Cette équipe de recherche s'avère donc un maillon important pour le maintien du développement de l'industrie ovine québécoise.

Les actions des intervenants du secteur ovin en mise en marché de l'agneau, en régie d'élevage et en recherche doivent être concertées afin de conserver la réputation de *produit de qualité supérieure* qui fait que l'agneau du Québec peut et pourra continuer à se démarquer de la concurrence. Cette recherche se veut la suite logique des projets de découpe d'agneaux lourds et de perception du produit réalisés par la FPAMQ (2001a et b) dont les résultats et conclusions justifient clairement la présente étude.

### **4. OBJECTIFS DU PROJET**

#### **4.1. Général**

Cette étude a pour objectif d'évaluer l'effet de la race, du sexe et du poids d'abattage sur certains paramètres qualitatifs (chimique et organoleptique) de la viande d'agneau lourd.

## **4.2. Spécifiques**

- i. Évaluer les différences de qualité de la viande entre des agneaux de race maternelle (Dorset) et ceux de race paternelle (Suffolk), pour les deux sexes;
- ii. Déterminer les variations des paramètres liés à la qualité de la viande d'agneau en fonction du poids d'abattage (de 41 à 54 kg);
- iii. Enrichir notre banque de données sur la qualité de l'agneau lourd du Québec de façon à pouvoir la comparer et la différencier des autres pays et provinces.

## **5. HYPOTHÈSES**

1. La qualité de la viande n'est pas différente entre les races Dorset et Suffolk, malgré le fait que le patron de déposition des tissus adipeux soit pourtant très différent entre ces deux races;
2. L'augmentation du poids d'abattage, dans l'intervalle de 41 à 54 kg, n'affecte pas la tendreté, la texture, la jutosité et la coloration de la viande d'agneau.

## **6. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL**

*Cette expérience est le complément d'un projet de plus grande envergure qui s'intitulait « Détermination des courbes de croissance en viande maigre pour différents génotypes d'agneaux dans un système de production intensive » qui était financé par le CORPAQ (Projet #101064).*

### **6.1. Sélection des agneaux**

À l'automne 2001, 273 brebis (144 Suffolk [SU] et 129 Dorset [DP]) ont été synchronisées, chez 9 producteurs, à l'aide d'éponges vaginales et de PMSG afin de regrouper les agnelages et ainsi produire des agneaux les plus uniformes possible en terme d'âge et de poids au sevrage.

Les agneaux ont été sevrés entre 55 et 60 jours d'âge. La sélection des agneaux participant au projet a été effectuée vers 65 jours d'âge. À l'aide de l'information sur le poids au sevrage, le gain moyen quotidien 0-50 jours et la valeur des indices génétiques (ÉPD), 72 agneaux SU (36 mâles et 36 femelles) et 72 agneaux DP (36 mâles et 36 femelles) ont été choisis pour participer à l'expérience.

## **6.2. Logement**

Les agneaux sélectionnés ont été transportés vers la station provinciale d'évaluation des agneaux commerciaux de St-Jean-de-Dieu. À leur entrée en station, tous les agneaux ont reçu un vaccin contre l'entérotoxémie (Covexin 8, Schering-Plough) ainsi qu'un vermifuge (Ivomec, Merial) et ont été pesés une première fois.

## **6.3. Traitements**

Les 144 agneaux ont été répartis en fonction de leur sexe (M et F), de leur race (SU et DP) et de leur strate de poids vif cible à l'abattage : 41-44 kg (P1), 46-49 kg (P2) et 51-54 kg (P3)). Il s'agit donc d'un dispositif factoriel 2x2x3. Les strates de poids ciblées dans cette expérience représentent les catégories de poids à l'abattage de l'agneau lourd au Québec. Les mâles et les femelles ont été placés dans des parquets séparés (8 agneaux/parc). Dans un même parc, on a regroupé quatre agneaux de chaque race (4 SU et 4 DP) et à l'intérieur de chaque race on avait un individu représentant les quatre strates de poids d'abattage. Les agneaux ont été regroupés de façon à minimiser, à l'intérieur d'un même parquet, les variations de poids au moment de l'entrée en station.

## **6.4. Alimentation**

Les agneaux ont reçu une moulée commerciale complète cubée de type « croissance » (18 % de protéine; énergie métabolisable de 2.76 Mcal/kg) à volonté jusqu'à 35 kg et une autre de type « finition » (15 % de protéine; énergie métabolisable de 2.79 Mcal/kg) pour le reste de leur croissance. Un fourrage sec de bonne qualité leur a également été servi à volonté (consommation estimée à moins de 10 %). La quantité de concentrés servie par parquet a été mesurée quotidiennement. Une fois par semaine, on a pesé les refus de moulée.

## **6.5. Suivi de croissance et abattage**

La pesée des agneaux était effectuée de façon hebdomadaire, chaque mercredi, à l'aide d'une balance électronique. Les agneaux qui avaient atteint leur poids vif d'abattage cible étaient mis à jeun pour une période d'environ 12 h avant leur abattage (le jeudi matin). Une dernière pesée des agneaux était réalisée à l'abattoir avant chaque abattage (poids vif à jeun). Les abattages ont eu lieu

à l'abattoir de Luceville, pendant 14 semaines, et ils se sont échelonnés du 9 mai au 15 août.

Au moment de l'abattage, les agneaux étaient d'abord insensibilisés à l'aide d'une décharge électrique puis saignés par sectionnement de la veine jugulaire. Par la suite, la peau était enlevée, la tête coupée au niveau de la première vertèbre cervicale et ils étaient éviscérés. Chacune des carcasses était pesée à chaud avant d'être placée à une température d'environ 2°C.

### **6.6. Échantillonnage de la viande à l'abattoir**

Dans l'heure suivant l'abattage, un échantillon de muscle (un morceau d'environ 4 cm de long x 2 cm de large x 2 cm profond) a été prélevé dans le longissimus dorsi des 108 demi-carcasses droites. L'échantillon a par la suite été découpé en petits blocs carrés d'environ 1 cm<sup>2</sup> chacun. Huit à dix blocs ont été fixés pendant 30 secondes dans de l'isopentane refroidie avec de l'azote liquide. Les échantillons ont ensuite été placés dans des tubes qui ont été enfouis dans de la glace sèche en attendant leur transfert dans un congélateur à -80°C. Ces échantillons ont servi à la détermination des caractéristiques histo-enzymologiques du muscle. Le reste de l'échantillon de muscle (nécessaire aux analyses de la cinétique enzymatique), soit environ 3 morceaux, a été plongé directement dans l'azote liquide pour environ 30 secondes. Les morceaux ont par la suite été placés dans des tubes, conservés dans de la glace sèche en attendant leur transfert à -80°C pour l'analyse ultérieure de l'activité enzymatique musculaire.

### **6.7. Classification des carcasses**

Après 24 heures de refroidissement, les carcasses étaient classifiées, selon la procédure d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (1992), par le classificateur accrédité par la Fédération des producteurs d'agneaux et moutons du Québec. Ce dernier évaluait le développement musculaire des épaules, de la longe et des gigots (cote de conformation variant de 1 à 5; 1 = faible musculature, 5 = forte musculature). Une cote de conformation globale moyenne était ensuite calculée avec les cotes de chacune des parties. Il mesurait également, à l'aide d'une règle, l'épaisseur totale des tissus à la 12<sup>e</sup> côte à 11 cm de la ligne médiane (mesure « GR »). Cette mesure donne une estimation de l'état d'engraissement de l'animal. La mesure du GR et la cote de conformation permettent d'estimer le rendement en viande vendable de la carcasse (Jones *et al.*, 1996). Le poids

de la carcasse froide a également été enregistré.

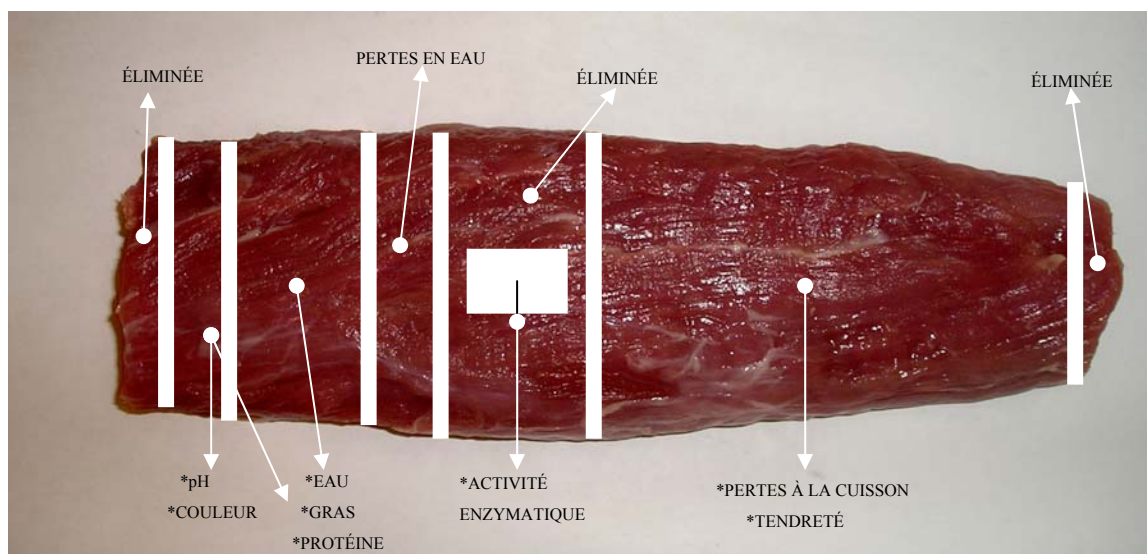
### **6.8. Dissection des carcasses**

Le lendemain de l'abattage, après l'étape de la classification, les carcasses ont été séparées en deux parties. Tous les carrés des demi-carcasses droites ont été prélevés, mis sous vide et congelés à -20 °C pour les analyses physico-chimiques de la viande. Les demi-carcasses gauches ont été expédiées au Centre de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Lennoxville pour y être découpées (découpe primaire et commerciale) et disséquées (% gras, % muscle et % os). Lors de la découpe, des mesures de l'épaisseur du gras dorsal et de la surface (évaluer avec un logiciel d'analyse d'images sur des images de côtelettes numérisés) et de l'épaisseur du longissimus sur une tranche faite entre les 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> côtes ont été réalisées. Le longissimus a également été pesé.

### **6.9. Analyses sur la viande**

Les analyses de laboratoire ont été réalisées au Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Hyacinthe.

Pour obtenir les échantillons pour les analyses physico-chimiques, les carrés congelés ont été placés pendant 48 h à une température de 1°C. Suite à la décongélation, le longissimus dorsi a été extrait de la pièce et des échantillons de viande ont été prélevés selon la figure 1 pour la réalisation des différentes analyses. Ainsi, une tranche d'environ 3.5 cm a été prélevée pour les analyses de pH et de couleur. Une autre tranche de 2.5 cm d'épaisseur a servi à la détermination de la perte en eau. Une autre partie du muscle, la plus importante, a été utilisée pour les évaluations de la tendreté et les pertes à la cuisson. La partie du muscle utilisée pour la détermination du pH et de la couleur a été lyophilisée pour la réalisation des analyses chimiques (%eau, %gras, %protéines). La figure 1 illustre également l'endroit où les échantillons ont été prélevés à l'abattoir pour les analyses histologiques et enzymatiques.



**Figure 1. Sites de prélèvements sur le longissimus dorsi pour les différentes analyses de qualité de la viande.**

### **6.9.1. Caractéristiques physico-chimiques**

Le pourcentage d'eau de la viande a été calculé à partir du poids perdu par l'échantillon suite à la lyophilisation. Le pourcentage de gras a été obtenu selon la méthode AOAC 991.36 (AOAC, 1995) mesuré en duplicata, par extraction à l'éther de pétrole à l'aide d'un appareil Soxtec System HT 1043 Extraction Unit Tecator (Foss North America Brampton ON, Canada). Le pourcentage de protéines a été déterminé selon la méthode AOAC 992.15 (AOAC, 1995) par combustion, dans deux répétitions, à l'aide d'un appareil de type FP428 (LECO Corporation, St. Joseph, MI, USA).

Une coupe transversale du longissimus dorsi ayant une épaisseur de 3.5 cm a été utilisée pour la détermination du pH et de la couleur. Après une exposition de 15 minutes à la température de la pièce à 21°C, les deux paramètres ont été successivement déterminés en trois répétitions. Le pH a été déterminé avec l'aide d'un pH-mètre Accumet Basic AB40 (Fisher Scientific International Inc. Hampton, NH, USA), munie d'une électrode à pénétration pour la viande de type Ingold Metler Toledo.

La couleur de la viande a été déterminée avec un colorimètre Minolta CR300 (Minolta Corporation, Ramsey, NJ, USA) selon le système de la Commission Internationale de l'Éclairage en coordonnées rectangulaires : L\*=clarté, a\*=la composante chromatique rouge-vert, b\*=la composante

chromatique jaune-bleu. La saturation ( $C^*$ ) était par la suite déterminée en utilisant la formule  $C^* = (a^*2+b^*2)^{1/2}$ . La teinte ( $h$ ) a aussi été calculée avec la formule  $h = \arctan(b^*/a^*)$ .

Les pertes en eau ont été évaluées à partir d'une quantité définie de viande (environ 9 g) laissée à une température de 4°C pendant 48 heures dans un contenant spécialement conçu à cette fin (EZ-DripLoss, Boehringer Ingelheim Vetmedica, Sioux Center, IA, USA). Le poids final a permis d'exprimer l'exsudation en pourcentage du poids initial. Pour chaque échantillon de viande, la perte en eau a été déterminée en triplicata.

Pour la mesure des forces de cisaillement, une partie du longissimus dorsi, d'une longueur moyenne de 10 cm, a été pesée et emballée sous vide. L'échantillon a ensuite été cuit au fumoir en atmosphère humide (100 %) jusqu'à une température interne de 68°C. La température était contrôlée par des deux thermocouples insérés dans autant de morceaux de viande. Après la cuisson, les échantillons ont été conservés pendant 24 heures à 4°C, puis pesés pour obtenir, par différence, les pertes à la cuisson. Par la suite, des bâtonnets de muscle mesurant 5 cm x 1 cm x 1 cm ont été préparés parallèlement à l'axe des fibres. La force de cisaillement perpendiculaire aux fibres des échantillons, caractérisant la tendreté, a été mesurée à l'aide d'un texturomètre TA.XT2i (Texture Technologies, Scarsdale, NY, USA). Ce paramètre a été évalué entre 6 à 9 reprises pour chaque agneau.

### **6.9.2. Typage des fibres musculaires**

Des coupes sériées de 14 µm provenant de trois blocs de viande différents pour chaque animal, ont été réalisées à l'aide d'un cryostat (Reichert-Jung, modèle 840, Buffalo, NY, USA). Les coupes ont été colorées pour mettre en évidence l'activité de la succinate déshydrogénase (SDH) et l'ATPase myofibrillaire en milieu basique. Environ 400 fibres musculaires réparties en 2 ou 3 faisceaux/individu ont été observées à l'aide d'un microscope Eclipse (Nikon, modèle E400) muni d'une caméra digitale (Diagnostic Instruments, modèle 3.2.0) et analysées à l'aide d'un logiciel d'analyse d'images (Image Pro Express 4.5). Le nombre de fibres ainsi que leur taille ont ainsi pu être déterminés (Figure 2).



### Activité SDH

La SDH est une enzyme de la paroi interne des mitochondries. Elle catalyse la déshydrogénation de l'acide succinique en acide fumarique au cours du cycle de Krebs. Son activité a été mise en évidence en utilisant la méthode de Nachlas *et al.* (1957). Une coloration bleue indique une activité oxydative (Figure 2).

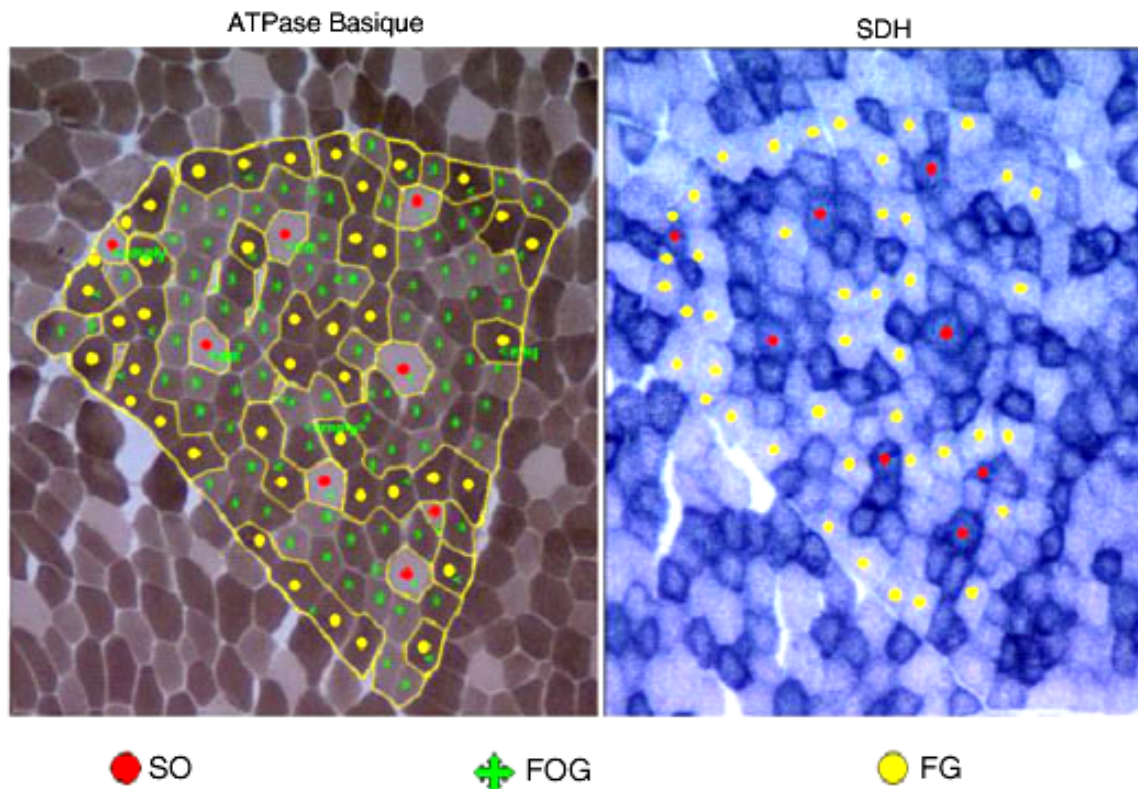


Figure 2. Colorations de l'ATPase et de la succinate déshydrogénase

Pour mettre en évidence l'activité de cette enzyme, les coupes étaient incubées pendant 1 h à 37°C dans un milieu contenant 25 ml Tris (0.2M; pH 7.4), 0.1 g de NBT (nitro-bleu-tetrazolium), 10 ml de MgCl<sub>2</sub> (0.05 M), 25 ml (1M) de succinate de sodium et 0.5 g de ménadione. Après rinçage dans du sérum physiologique, les coupes étaient fixées (15 min) dans une solution (5 ml formaldéhyde 40 %, 0.9 g NaCl, complétée à 100 ml avec de l'eau déionisée) et ensuite déshydratées dans des bains successifs d'éthanol (30 %, 50 % et 70 %), puis dans deux solutions éthanol-xylène (3:1; 1:1) et finalement dans du xylène pure. Les coupes étaient ensuite montées pour l'observation au

microscope.

### *Activité ATPase*

La mise en évidence de l'activité ATPasique myofibrillaire est basée sur la méthode de Guth et Samaha (1969). Cette méthode permet de distinguer les fibres à contraction lente des fibres rapides. Des coupes sériées étaient fixées pendant 5 minutes à la température ambiante dans une solution composée de formaldéhyde (40 %), sodium cacodylate (0.2M), CaCl<sub>2</sub> (2 %), sucrose (0.34M). Après la fixation, les lames étaient rincées pendant 1 minute dans une solution Tris-HCl 0.1M, CaCl<sub>2</sub> 0.18M, pH=7.8 et puis sont pré-incubées dans une solution alcaline (pH=10.4 ajusté avec NaOH 1N) pendant 15 min. à la température de la pièce afin d'inhiber l'activité ATPasique des fibres rouges. La solution de pré-incubation était composée de 2amino2methylpropanol (1.5M) et de CaCl<sub>2</sub> (2 %). Après rinçage dans une solution Tris-HCl 0.1M et CaCl<sub>2</sub> 0.18M (pH=7.8) pendant 1 minute, les coupes étaient incubées 45 minutes à 37°C dans un milieu basique (pH 9.4) contenant de l'ATP (0.14mM), CaCl<sub>2</sub> (2 %), KCl (0.5M), 2amino2methylpropanol (100mM). Sous l'action de l'ATPase myofibrillaire, il y a libération d'ions phosphoriques qui précipitent sous forme de phosphate de calcium. Les coupes étaient alors plongées dans une solution de CaCl<sub>2</sub> (1 %) puis incubées dans CoCl<sub>2</sub> (2 %) pendant 3 minutes. Le phosphate de calcium est alors transformé en phosphate de cobalt. Après un rinçage dans l'eau déionisée, les coupes étaient révélées dans un bain d'ammonium sulfide (1 %) pendant 2 minutes. Le phosphate de cobalt est transformé en sulfure de cobalt noir. Les coupes étaient rincées à l'eau distillée puis déshydratées dans des bains successifs d'éthanol (30 %, 50 % et 70 %), puis dans deux solutions éthanol-xylène (3:1; 1:1) et finalement dans du xylène pure. Les lames étaient ensuite montées pour l'observation au microscope.

Les fibres ont ensuite été classifiées (Figure 2) selon leur vitesse de contraction et leur activité métabolique en fibres lentes oxydatives (« slow oxidative », SO), rapides oxydo-glycolytiques (« fast oxido-glycolytic », FOG) et rapides glycolytiques (« fast glycolytic » FG).

### **6.9.3. Cinétique enzymatique**

L'activité oxydative du muscle, par la mesure de l'activité de l'enzyme citrate synthase (CS), ainsi que l'activité glycolytique, mesurée par celle de la lactate déshydrogénase (LDH), ont également

été évaluées. Les deux activités enzymatiques étaient mesurées à partir d'un même surnageant dilué, obtenu par centrifugation d'un broyat (environ 500 mg) de viande dans un tampon d'extraction.

#### *Activité de la citrate synthase (CS)*

La citrate synthase est localisée dans la matrice mitochondriale, elle caractérise le métabolisme aérobie en catalysant la formation d'oxalate à partir de citrate. La mise en évidence de son activité est basée sur la méthode de Srere (1969).

Les échantillons de muscle congelés à -80°C (environ 500 mg) étaient pesés et broyés pendant 3 minutes dans un tampon d'extraction composé de glycyglycine (63 mM), saccharose (0.5 M), EDTA (6.2 mM), NaF (125 mM) et dithiothreitol (5 mM). Le pH était ajusté à 7.5. L'échantillon de muscle était mélangé au tampon d'extraction en respectant un rapport de 5 ml de tampon d'extraction pour 500 mg de muscle. Le mélange était centrifugé à 3500 rpm à 4°C pendant 20 minutes. Le surnageant a été conservé. Dans une cuve à usage unique maintenue à 30°C, étaient ajoutés successivement les produits suivants : 0.05 ml du surnageant dilué en duplicata (1:15) dans du sérum physiologique contenant 1.5 % de BSA, 3.0 ml tampon de réaction [(Tris 0.1 M, EDTA 2.5mM, pH 8.1)], 0.1ml d'acétyl-CoA , 0.1 ml de DTNB 1mM et 0.1 ml d'oxaloacétate 10mM. La variation d'absorption était mesurée, sur les duplicata, avec l'aide d'un spectrophotomètre Varian Cary 50 (Varian Instruments, Walnut Creek, CA, USA) pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 412 nm. Le coefficient d'absorption du DTNB à cette longueur d'onde est 13.6 [l x mol<sup>-1</sup> x cm<sup>-1</sup>]. L'activité enzymatique a été exprimée selon l'équation de Beer-Lambert en UI (µmol d'oxalate transformé en citrate/min/g de viande).

$$\text{Activité}_{\text{CS}} (\text{UI/g}) = (\text{DO}/\text{min} \times \text{dilution} \times V_t) / (V_{\text{pd}}) \times (L/e) \times (V_e/m)$$

Où :

- DO/min : la pente (cinétique enzymatique)/min
- dilution = 1:15
- V<sub>t</sub> : volume total (3.35 ml)
- V<sub>pd</sub> : volume de la prise d'essai (0.05 ml)

- L : longueur de la cuve (1 cm)
- e : coefficient d'absorption du DTNB (13.6 [l x mol<sup>-1</sup> x cm<sup>-1</sup>])
- Ve : volume d'extraction (5 ml)
- m : poids de viande en mg

#### *Activité de la lactate déshydrogénase (LDH)*

La glycolyse, ou la voie Embden-Mayerhoff-Parnas, représente le processus de la dégradation, dans des conditions anaérobiques, du glucose qui provient du glycogène ou du glucose circulant, ce qui produit de l'acide lactique. Dans le tissu musculaire, ce processus, qui a lieu dans la matrice cellulaire, commence à partir du glycogène et suit 12 étapes jusqu'à l'acide lactique. La lactate déshydrogénase intervient en réduisant le pyruvate en acide lactique. Pour mettre en évidence l'activité de cette enzyme, la méthode de Bass *et al.* (1969) a été utilisée.

Le même surnageant obtenu lors de la préparation des échantillons pour l'analyse de l'activité de la citrate synthase a été utilisé pour la lactate déshydrogénase. Dans une cuve à usage unique maintenue à 30°C, étaient ajoutés successivement les réactifs suivants : 3 ml tampon de réaction [triethanolamine HCL 100mM, EDTA 5 mM, MgCl<sub>2</sub>, NADH et pyruvate de Na 2.5Mm] auquel on a ajouté 0.1 ml du surnageant dilué (1:200) dans du sérum physiologique contenant 1.5 % de BSA. La variation d'absorption a été suivie avec l'aide du spectrophotomètre, sur deux répliquats, pendant 5 minutes à une longueur d'onde de 340 nm. Le coefficient d'absorption du NADH à cette longueur d'onde est 6.22 [l x mmol<sup>-1</sup> x cm<sup>-1</sup>]. L'activité enzymatique a été calculée par l'équation de Beer Lambert en UI (µmol de pyruvate transformé en lactate/min/g de viande).

$$\text{Activité LDH (UI/g)} = (\text{DO/min} \times \text{dilution} \times \text{Vt}) / (\text{Vpd}) \times (\text{L/e}) \times (\text{Ve/m})$$

Où :

- DO/min : la pente (cinétique enzymatique)/min
- dilution = 1:200
- Vt : volume total (3.1 ml)
- Vpd : volume de la prise d'essai (0.1 ml)
- L : longueur de la cuve (1 cm)

- e : le coefficient d'absorption du DTNB ( $6220[l \times mmol^{-1} \times cm^{-1}]$ )
- $V_e$  : volume d'extraction (5 ml)
- m : le poids de viande en mg

### 6.10. Analyses statistiques

Les données ont été analysées à l'aide de la procédure GLM de SAS (SAS Institute Inc., 2001). Les trois sources de variation incluses dans le modèle statistique étaient le sexe, la race et le poids d'abattage. Compte tenu qu'un enclos ne contenait que des animaux d'un seul sexe, ce facteur a été testé en utilisant l'enclos comme unité expérimentale. Les deux autres facteurs et toutes les interactions ont été testés en utilisant l'animal comme unité expérimentale. Une analyse en composante principale a aussi été effectuée pour permettre d'illustrer les relations existant entre les variables de qualité de la viande et les divers paramètres de croissance et de qualité des carcasses. Les moyennes présentées sont des « moyennes des moindres carrés » (*Least square means*) qui tiennent compte du nombre d'observations.

## 7. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les deux premiers tableaux (Tableau 1 et Tableau 2) présentent les résultats concernant les performances de croissance et la composition des carcasses des agneaux utilisés dans la présente étude. Ces résultats, présentés à titre indicatif, ont été compilés dans le cadre d'une autre étude complémentaire à la présente partie qui porte sur la qualité de la viande d'agneau.

### 7.1. Caractéristiques musculaires du longissimus dorsi d'agneau

Le Tableau 3 présente l'effet des traitements sur la proportion et la surface des différents types de fibres musculaires. La proportion de fibres rouges (SO) est plus élevée chez les mâles que chez les femelles (8.2 % vs 6.9 %;  $P < 0.05$ ) alors qu'elle est semblable pour les deux races et tous les poids d'abattage.

Les proportions de fibres FOG et FG étaient dépendantes d'interactions Race x Poids et Race x Sexe (effets des poids d'abattage et du sexe différents selon les races). Ainsi, le pourcentage de

fibres FOG chez les Dorset (DP) a significativement diminué avec l'augmentation du poids d'abattage (64.9, 62.4 à 58.5 % pour les poids d'abattage 41-44, 46-49 et 51-54 kg, respectivement) alors qu'il est demeuré relativement constant chez les SU, (56.8, 57.0 et 58.8 % pour les strates 41-44, 46-49 et 51-54 kg, respectivement). Inversement, la proportion de fibres FOG chez les femelles et les mâles DP est demeurée inchangée (61.9 vs 62.0 %, respectivement), alors que chez les SU, les femelles avaient une proportion de fibres FOG plus élevée que les mâles (62.4 vs 52.6 %, respectivement).

Pour sa part, la population de FG a significativement augmenté avec le poids d'abattage chez les DP (27.7, 30.5 à 34.8 % pour les poids d'abattage 41-44, 46-49 et 51-54 kg, respectivement) alors qu'elle est demeurée relativement semblable chez les SU (35.3, 34.8 et 33.3 % pour les strates 41-44, 46-49 et 51-54 kg, respectivement). La proportion de fibres FG chez les femelles et les mâles DP était constante (31.7 vs 30.3 %, respectivement), alors que pour les SU, les femelles avaient une proportion de fibres FG plus faible que les mâles (30.2 vs 38.7 %, respectivement).

Par ailleurs, les traitements n'ont eu aucun effet sur la surface des différents types de fibres du longissimus dorsi. Les effets observés au niveau de la surface relative des différents types de fibres sont conséquemment attribuables aux variations associées à leur distribution.

Indépendamment de l'effet des traitements, le Tableau 3 montre que le muscle longissimus dorsi des agneaux possède une teneur relativement élevée (>90 %) en fibres à contraction rapide (FOG et FG), ayant un métabolisme glycolytique, par rapport à celles à contraction lente (SO), ayant un métabolisme purement oxydatif. La prédominance des fibres FOG, qualifiées d'intermédiaires quant à leur activité métabolique, y est particulièrement remarquable. Ces fibres ont une vitesse de contraction rapide et dérivent leur énergie autant par la voie oxydative (aérobie) que par la voie glycolytique (anaérobie). Les fibres à vitesse de contraction rapide se retrouvent généralement en plus forte concentration dans les muscles locomoteurs. Le muscle longissimus est, pour sa part, généralement reconnu comme étant un muscle postural ayant pour fonction principale l'extension de la colonne vertébrale. La présence d'une très forte teneur en fibres de type rapide dans ce muscle chez l'agneau suggère néanmoins une contribution importante à son activité physique

caractéristique. La combinaison de caractéristiques biochimiques et histochimiques ont d'ailleurs permis à Ouali *et al.* (1989) de classer le longissimus d'agneau en tant que muscle oxydo-glycolytique à contraction rapide alors qu'il est reconnu comme un muscle blanc (glycolytique) chez le porc. Les activités enzymatiques, tant glycolytique qu'oxydative, de ce muscle chez l'agneau ont d'ailleurs la particularité d'être à la fois plus élevées que celles d'autres muscles à prédominance oxydative ou à prédominance glycolytique (Briand et al, 1981a; 1981b). Des distributions variables en ce qui a trait aux trois principaux types de fibres musculaires dans le longissimus d'agneau sont toutefois rapportées dans la littérature. Ainsi, Solomon et al. (1981) ont trouvé, pour un poids de 41 kg, les valeurs suivantes : 7.1 % de fibres SO; 40 % de fibres FOG et 53 % de fibres FG. Pinkas *et al.* (1982) ont calculé, pour un poids de 30 kg, 27.6 % de fibres SO, 33.5 % de fibres FOG et 39.9 % de FG. Shackelford *et al.* (1995) ont obtenu, pour des agneaux de 43 kg, 15-17 % de fibres SO, 31-30 % de FOG et 53-54 % de FG. Carpenter *et al.* (1996) ont trouvé, pour des agneaux de 59 kg, 11.7 % de SO, 41.8 % de FOG et 46.5 % de FG. Le ratio fibres lentes/fibres rapides y semble généralement plus élevé que les résultats de la présente étude. Sazili *et al.* (2005) ont toutefois récemment obtenu un ratio de fibres lentes/rapides (7.5 % SO : 92.5 % FOG + FG) dans le longissimus de l'agneau essentiellement identique à celui que nous rapportons ici sans toutefois établir de distinction entre les fibres glycolytiques et celles oxydo-glycolytiques. La race, le poids et le sexe des agneaux sont autant de facteurs susceptibles d'expliquer ces différences.

## **7.2. Fibres musculaires et performances de croissance**

La croissance d'un muscle est la résultante du nombre de fibres qu'il contient et de la taille individuelle atteinte par chacune d'entre elles durant la croissance de l'animal. Chez le porc, ce nombre est généralement déterminé génétiquement dès la naissance (Lefaucheur, 1989) et est principalement responsable des différences de taille entre les muscles d'une même espèce ou entre des muscles identiques d'espèces différentes.

Dans la présente étude, les fibres FOG ont une surface inférieure à celle des deux autres types de fibres (surface moyenne, tous les traitements confondus : 1 796  $\mu\text{m}^2$  pour les FOG vs 2 352  $\mu\text{m}^2$  pour les SO et 2 272  $\mu\text{m}^2$  pour les FG;  $P < 0.001$ ). La surface relative qu'elles occupent par rapport à la surface du longissimus demeure néanmoins généralement supérieure à celle attribuable aux fibres

SO et FG due à leur proportion passablement plus importante que celle de ces dernières. Cette distribution supporte entièrement le caractère rapide et oxydo-glycolytique du longissimus d'agneau tel que déterminé par Ouali *et al.* (1988). Les fibres SO ont une taille égale à celle des fibres FG, mais leur contribution en terme de surface relative n'a guère dépassé 10 % alors que celle attribuable aux fibres FG a varié entre 31 % et 46 % (Tableau 3). Il est généralement accepté que les fibres rouges sont plus petites que celles dites intermédiaires ou blanches. Moody *et al.* (1980) ont néanmoins également observé à partir de longissimus d'agneaux abattus à 41 et 50 kg, des fibres rouges de tailles supérieures à celles des deux autres types de fibres. Les fibres typiquement glycolytiques (FG) sont généralement reconnues pour leur taille et leur vitesse de croissance supérieures à celles des autres types de fibres et on leur attribue généralement une part importante de la croissance musculaire des animaux de boucherie élevés en production intensive (Laville *et al.*, 2002). Dans notre étude, le gain moyen quotidien (GMQ) était positivement corrélé (Tableau 5; Abréviations au Tableau 4) à la teneur (%) et à la surface relative occupée par les fibres SO ( $r = 0.32$ ,  $P < 0.01$  et  $0.28$ ,  $P < 0.05$ , respectivement) et celles des FG ( $r = 0.32$ ,  $P < 0.01$  et  $0.37$ ,  $P < 0.01$ , respectivement), et négativement à celles attribuables aux FOG ( $r = -0.41$ ,  $P < 0.001$  et  $-0.46$ ,  $P < 0.001$ , respectivement). Une augmentation de la proportion de fibres SO et de la surface relative qu'elles occupent dans le longissimus est d'ailleurs associée à une réduction de l'âge à l'abattage ( $r = -0.38$ ,  $P < 0.01$  et  $-0.25$ ,  $P < 0.05$ , respectivement) et pourrait traduire le caractère globalement plus oxydatif de l'ensemble des muscles chez l'agneau. D'ailleurs, contrairement aux fibres SO, la contribution positive des fibres FG au GMQ ne se traduit pas au niveau de l'âge à l'abattage ( $r = -0.04$ ). La croissance plus rapide des fibres glycolytiques, d'une part, mais aussi la maturation également plus rapide du muscle longissimus durant la croissance de l'animal, associées à la déposition des autres tissus de la carcasse, sont autant de facteurs susceptibles d'expliquer ces résultats.

L'absence de corrélation entre la surface de l'œil de longe et, à la fois, l'âge à l'abattage ( $r = 0.14$ ; donnée non-présentée) et le GMQ ( $r = 0.01$ ; donnée non-présentée), supporte une croissance radiale hâtive du longissimus. D'ailleurs, en comparaison avec le muscle semitendineux, Moody *et al.* (1970) ont effectivement observé une croissance plus hâtive du longissimus d'agneau. L'absence de différence significative au niveau de la surface de l'œil de longe entre les agneaux des deux derniers



poids d'abattage comparativement à celle provenant des agneaux de 41-44 kg expliquerait l'effet significatif du poids d'abattage ( $P < 0.001$ ) sur la surface de l'œil de longe. Il n'existe d'ailleurs aucun effet significatif du poids à l'abattage sur la surface moyenne des fibres musculaires (Tableau 3). À des poids d'abattage approximatifs de 15, 30 et 38 kg, Kłowsowska *et al.* (1998) ont observé une augmentation de la taille des trois types de fibres dans le longissimus. Toutefois, en comparant des poids de 32 et 41 kg, Solomon *et al.* (1981) ont observé que seule la taille des fibres SO augmentait au niveau du longissimus alors qu'au niveau du semimembraneux une augmentation de la taille des trois types de fibres était observée. Selon Swatland (1984), le diamètre des fibres musculaires chez l'agneau augmente avec la croissance, et ce diamètre est relié au poids vif de l'animal et à sa masse musculaire seulement s'il est abattu à un stade de croissance incomplet. D'ailleurs, à des poids supérieurs à 45 kg, Moody *et al.* (1970) n'ont observé aucune augmentation de la taille des fibres dans le longissimus d'agneau. Cette observation supporte à la fois l'absence d'effet du poids d'abattage sur la taille des fibres ainsi que la non augmentation de la surface de l'œil de longe chez les agneaux abattus au-delà de 45 kg dans notre étude.

Comme le montre le Tableau 5, il n'existe aucune relation significative entre la surface totale des fibres et la surface de l'œil de longe ( $r = 0.19$ ). Par contre, celle-ci est faiblement mais positivement corrélée au pourcentage de fibres FG ( $r = 0.24$ ,  $P < 0.05$ ) et négativement à la proportion de FOG ( $r = -0.29$ ,  $P < 0.05$ ). Une augmentation au niveau de la surface des FOG tend cependant à augmenter la surface du muscle ( $r = 0.20$ ,  $P < 0.1$ ). Cette observation, associée à la corrélation négative qui existe entre les fibres FOG et FG, supporte le modèle de développement proposé en ce qui a trait au phénomène de dilution mitochondriale obligeant les plus grosses fibres FOG à adopter le métabolisme davantage glycolytique typique des FG. La croissance chez l'agneau serait donc principalement dépendante de l'augmentation des fibres glycolytiques (FG) au dépend des fibres SO et FOG (Kłowsowska *et al.*, 1998; Laville *et al.*, 2002) pour le semimembraneux et vastus lateralis. Dans la présente étude, les traitements n'ont eu aucun effet sur le nombre de fibres total du muscle (surface du muscle/taille moyenne des fibres :  $8.1$  vs  $8.6 \times 10^5$  pour les DP vs SU;  $8.2$  vs  $8.5 \times 10^5$  pour les femelles vs les mâles;  $7.9$ ,  $8.3$  et  $8.9 \times 10^5$  pour les strates de poids de 41-44, 46-49 et 51-54 kg, respectivement). La taille et la fréquence des adipocytes n'ont pas été déterminées histochimiquement et auraient pu constituer une explication logique à l'absence de relation entre la

taille moyenne des fibres et la surface du muscle n'eut été de l'absence d'effet du poids d'abattage sur la teneur en gras intramusculaire et d'une corrélation négative entre la surface du muscle et son pourcentage en gras ( $r = -0.27$ ,  $P < 0.05$ ). La taille adulte du longissimus (circonférence), dans sa portion antérieure (côte), et conséquemment des fibres qui s'y trouvent, semble donc avoir été atteinte dès le stade de 41-44 kg comme le suggère nos résultats.

Certaines relations fournissent une bonne compréhension de la dynamique de croissance du longissimus. En effet, le poids du longissimus augmente avec l'âge ( $r = 0.40$ ,  $P < 0.001$  - données non-présentées) et aussi avec le poids d'abattage ( $r = 0.69$ ,  $P < 0.001$ ; donnée non-présentée). Cette augmentation de poids n'est pas expliquée par une augmentation de gras intramusculaire ( $r = 0.02$ ). Puisque la surface du muscle et celle des fibres mesurées au niveau de la côte n'augmentent pas non plus avec le poids du muscle, ce dernier s'expliquerait essentiellement par une croissance radiale plus tardive au niveau de la région lombaire. Tel que présenté par Lawrie (1998), la région thoracique du longissimus posséderait en effet une croissance plus hâtive que sa région lombaire. Ce phénomène pourrait s'expliquer par l'ajout de sarcomères à l'extrémité des myofibrilles pour assurer leur croissance longitudinale. Cet ajout contribuerait cependant indirectement à la croissance radiale du muscle de par la position des fibres suivant un angle croissant le long du longissimus (c'est-à-dire non parallèle à l'axe du muscle).

Comme pour la taille, les autres caractéristiques des fibres musculaires du longissimus ont également été peu influencées par le poids d'abattage (Tableau 3). Des interactions significatives Race x Poids au niveau du pourcentage de fibres FOG et FG ne se sont pas traduites sur leur surface relative, sans doute en raison des tailles variables atteintes par les différents types de fibres. Par contre, une interaction hautement significative Race x Sexe a caractérisé la teneur (%) et la surface relative des fibres FOG et FG. Le longissimus des mâles Suffolk semblerait globalement plus glycolytique que celui des agneaux des autres groupes comme le traduit l'augmentation de la teneur et de la surface relative des FG au dépend des FOG. Il est à noter que la surface relative occupée par les fibres SO tend à être plus importante chez les mâles ( $P < 0.1$ ) et serait fort probablement attribuable à la valeur plus élevée des Suffolk. Comparativement aux autres traitements de cette étude, l'apport supérieur des FG en terme de surface relative au niveau du longissimus au dépend de

celle des FOG traduit certainement le potentiel de croissance supérieur du longissimus des mâles Suffolk.

Des corrélations négatives existent entre la proportion des fibres FOG et celle des fibres SO ( $r = -0.35$ ,  $P < 0.003$ ; Tableau 6) et FG ( $r = -0.93$ ,  $P < 0.0001$ ). Ces corrélations, de même ordre, prévalent également au niveau des surfaces relatives et sont conséquentes avec la plasticité des fibres musculaires en période post natale. Pour permettre un ajustement fonctionnel des muscles selon les besoins, les fibres musculaires peuvent en effet subir une interconversion selon une séquence SO→FOG→FG (incluant certains types transitoires) qui serait spécifique à chaque muscle selon sa fonction et sa période de croissance comme le démontre les résultats de Brandsetter *et al.* (1998). Selon ces auteurs, des ajustements surviennent au niveau des deux types contractiles et s'accompagnent de modifications enzymatiques conséquentes et ce, selon un patron spécifique à chaque muscle. La séquence temporelle dans la différenciation post natale de l'activité métabolique semble étroitement reliée à l'intensité de croissance et à l'allométrie spécifique d'un muscle, la glycolyse étant alors la voie métabolique préférentielle pour fournir l'énergie nécessaire à la croissance. Tel que présenté par Brandsetter *et al.* (1998), la maturation des fibres et l'augmentation rapide de leur taille dilueraient les mitochondries et obligeraient la cellule à adopter, via une augmentation rapide des enzymes glycolytiques, un métabolisme plus anaérobique pour rencontrer ses besoins énergétiques. En dépit de leur faible surface relative au niveau du longissimus, qui est un muscle métaboliquement intermédiaire, les corrélations entre les fibres SO de ce muscle et le GMQ et également l'âge à l'abattage traduisent, tel que mentionné précédemment, l'apport des fibres lentes à la croissance de l'animal compte tenu du caractère globalement oxydatif de la musculature de l'agneau. Une diminution de la vitesse de contraction de certains muscles associée à une efficacité métabolique supérieure, leur confèreraient un meilleur degré de résistance à la fatigue en réponse à l'augmentation du poids de l'animal. Suzuki et Cassens (1983) ont d'ailleurs démontré une augmentation graduelle de la taille et du pourcentage des fibres de type SO au dépend principalement des fibres de type FG dans le muscle serratus ventralis thoracis responsable du support du tronc au cours de la croissance de l'agneau. Un changement au niveau de l'activité des enzymes et isoenzymes résultant en une transformation du métabolisme glycolytique vers un métabolisme plus oxydatif précéderait la conversion des myosines de type rapide en type lent

(Pette, 1984). Une telle variation du métabolisme à l'intérieur de fibres de même type n'a toutefois pas été observé au niveau du longissimus et du serratus ventralis thoracis du bovin en croissance (Brandsetter *et al.* 1998). La synchronicité entre les modifications métaboliques et contractiles serait spécifique aux différents muscles (Brandsetter, 1998).

### 7.3. Activités enzymatiques

Le Tableau 7 présente les activités enzymatiques de la CS et de la LDH. L'activité de la CS diminuait avec l'augmentation du poids d'abattage (16.9, 17.8 et 14.9  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  viande pour les strates 41-44, 46-49 et 51-54 kg respectivement;  $P < 0.001$ ), alors qu'elle était similaire entre les deux races et sexes. Pour la LDH, son activité était supérieure pour les DP en comparaison des SU (1475 vs 1373  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  viande;  $P < 0.05$ ) et plus élevée chez les femelles que chez les mâles (1507 vs 1342  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  viande;  $P < 0.001$ ).

En ce qui concerne l'activité enzymatique de la LDH, les valeurs comprises entre 1 342 et 1 507  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  viande diffèrent d'avec les valeurs moins élevées (400  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  viande) rapportées par Briand *et al.* (1981), et celles plus élevées (5 535  $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$  viande) de Ouali *et al.* (1988). Impossible de savoir pourquoi les différentes études arrivent à des écarts si importants dans les valeurs d'activité de la LDH, surtout que les techniques de mesure étaient quasi identiques.

Nos résultats ne révèlent aucune corrélation entre les activités enzymatiques glycolytiques (LDH) et oxydatives (CS) et les caractéristiques des fibres musculaires du longissimus (Tableau 6). Une des raisons pouvant expliquer ce résultat pourrait être la grande hétérogénéité métabolique qui caractérise la population de fibres intermédiaires (FOG). La corrélation négative entre l'activité de la LDH et le GMQ ( $r = -0.45$ ,  $P < 0.001$ ) pourrait être attribuable au fort potentiel glycolytique des fibres FOG dans le longissimus d'agneau en raison d'une corrélation négative avec le GMQ ( $r = -0.45$ ,  $P < 0.001$ , surface relative).

Ces résultats ne sont pas inconsistants compte tenu de la particularité métabolique du longissimus d'agneau. Tel que rapporté par Talmant *et al.* (1986), il n'existerait aucune relation directe entre l'activité des enzymes glycolytiques et oxydatives chez cette espèce puisque certains muscles

présentent simultanément de fortes activités glycolytiques, ATPasique myofibrillaire et oxydative. Tel que démontré par Briand *et al.* (1981a), le longissimus d'agneau est de type rouge rapide (intermédiaire) et semble plus oxydatif que les muscles rouges lents (oxydatifs) et souvent plus glycolytique que les muscles rapides blancs (glycolytiques) eux-mêmes. Comme le rapporte Lacourt (1985), cité par Talmant *et al.* (1986), un tel effet résulte des caractéristiques individuelles des fibres musculaires : chez l'agneau, les fibres classifiées intermédiaires, selon la nomenclature de Ashmore et Doer (1971), possèdent une activité oxydative supérieure à celle des fibres proprement oxydatives. La forte prédominance des fibres FOG chez les animaux de ce projet et leur forte activité métabolique mixte, ne semblent donc pas avoir permis l'établissement de corrélations entre les activités enzymatiques et les caractéristiques des fibres musculaires. Il apparaît d'ailleurs difficile d'expliquer l'effet significatif du poids d'abattage sur l'activité de la CS (Tableau 7,  $P < 0.001$ ) qui semble davantage réduite chez les agneaux les plus lourds. L'augmentation du poids d'abattage pourrait ainsi favoriser l'augmentation de la stabilité de la couleur de la viande d'agneau, du moins pour le LD.

La LDH, pour sa part, est significativement plus élevée ( $P < 0.05$ ) chez les Dorset que chez les Suffolk et on remarque un effet du sexe, les femelles étant plus glycolytiques ( $P < 0.001$ ). L'activité de la LDH du longissimus est négativement reliée au GMQ ( $r = -0.45$ ,  $P < 0.001$ ) et positivement à l'âge à l'abattage ( $r = 0.44$ ,  $P < 0.001$ ). Ces résultats pourraient s'expliquer par la relation négative entre les fibres FOG et les performances de croissance tel que présenté précédemment. Pour sa part, le ratio LDH/CS augmente avec le poids d'abattage ( $r = 0.23$ ,  $P < 0.05$ ) et pourrait traduire un ajustement métabolique non synchronisé avec une transformation au niveau du type de fibres. Klowsowska *et al.* (1998) ont indiqué que la croissance chez l'agneau se fait par un changement des fibres SO et FOG en FG et que la différenciation de l'activité enzymatique oxydative et ATPasique semble plus prononcée chez les agneaux les plus lourds.

#### **7.4. pH**

Les valeurs de pH ne présentaient pas de différence significative entre les sexes, les races et les poids d'abattage (Tableau 8).

Il a été démontré, par plusieurs auteurs, que le pH ultime de la viande d'agneau est peu influencé par le sexe (Horcada *et al.*, 1998; de Siqueira *et al.*, 2001; Dransfield *et al.*, 1990). En ce qui

concerne les races, la majorité des études ne montre pas de différence significative entre les génotypes.

Malgré une augmentation du rapport LDH/CS avec le poids d'abattage ( $r = 0.23$ ;  $P < 0.05$ ) nous n'avons pas observé de changement au niveau du pH de la viande en accord avec les résultats de Solomon *et al.* (1980), Pinkas *et al.* (1981), Sañudo *et al.* (1993) et de Siqueira *et al.* (2001).

### 7.5. Tendreté

La tendreté est le critère de qualité de la viande le plus important pour le consommateur. Les résultats (Tableau 8) montrent qu'il n'y avait pas de différence significative entre les deux races à l'étude pour la tendreté du *longissimus dorsi*.

Les résultats des recherches antérieures, pour le même muscle utilisé dans notre travail, mettent en lumière des différences entre certaines races en ce qui concerne la tendreté (Shackelford *et al.*, 2003). Ainsi, le *longissimus* des agneaux issus de béliers Finnsheep, accouplés à des femelles croisées  $\frac{1}{2}$ Columbia $\frac{1}{4}$ Hampshire $\frac{1}{4}$ Suffolk, était plus tendre que celui des agneaux issus de mâles DP ou SU (âge à l'abattage ajusté à 217 jours). Dans cette étude, aucune différence de tendreté n'a été observée entre les agneaux provenant de béliers SU ou DP. À une moyenne d'âge à l'abattage de 205 jours, Burke *et al.* (2003) trouvaient des différences de tendreté pour le *longissimus thoracis* entre différents génotypes : plus tendre (1,86 kg/1,27 cm) pour les agneaux croisés St-Croix x  $\frac{1}{2}$ Romanov $\frac{1}{2}$ St-Croix par rapport aux agneaux Katahdin (3,65 kg/1,27 cm) ou  $\frac{1}{2}$ Dorper $\frac{1}{2}$ St-Croix (2,53 kg/1,27 cm). À un poids d'abattage entre 31 et 42 kg, Solomon *et al.* (1980) ont trouvé des différences de tendreté entre certains génotypes. Le *longissimus* des agneaux croisés SU x  $\frac{1}{2}$ Finnish Landrace $\frac{1}{2}$ Southdown était plus tendre (3,4 kg/1,27 cm) que celui des agneaux croisés SU x  $\frac{1}{2}$ SU $\frac{1}{2}$ Rambouillet (4,0 kg/1,27 cm).

Les forces de cisaillement étaient plus élevées pour la viande de mâles que pour celle des femelles (3,3 et 3,9 kg;  $P < 0,05$ , pour les femelles et les mâles, respectivement). Bien que significatif, un tel écart est peu perceptible par le consommateur. Ceci est en accord avec la majorité des études qui montrent que la viande des mâles est souvent moins tendre (Dawson *et al.*, 2002; Perez *et al.*, 2002). L'augmentation de testostérone, observable chez les mâles dans la période entourant la puberté, aurait comme conséquence la croissance du contenu en collagène et une diminution de la

tendreté (Pommier *et al.*, 1989).

Par ailleurs, les forces de cisaillement ont diminué avec l'augmentation du poids d'abattage (3,9, 3,7 et 3,3 kg pour les strates 41-44, 46-49 et 51-54 kg respectivement;  $P < 0,05$ ). Les corrélations établies entre la force de cisaillement et l'âge d'abattage ( $r = -0,31$ ,  $P < 0,01$ ) et avec le poids ( $r = -0,17$ ,  $P < 0,09$ ) étaient également négatives, quoique faibles.

En général, la tendreté de la viande diminue avec l'augmentation de l'âge à l'abattage (Ouali *et al.* 1990), conséquence d'une augmentation du nombre de liens thermorésistants entre les fibres de collagène. Par contre, Horcada (1998) n'observe aucune différence de tendreté de la viande, évaluée par la force de cisaillement, entre les agneaux de races Aragonesa et Lacha abattus à 12, 24 et 36 kg de poids vif. Cependant, Gorraiz *et al.* (1999), cités par Beriain *et al.* (2000), ont trouvé des différences de tendreté, par évaluation dans un test de dégustation fait par un jury, entre des agneaux Lacha et Aragonesa abattus à 12 et 24 kg de poids vif. La viande d'agneaux de 24 kg était plus dure, plus cohésive et plus difficile à avaler que la viande des agneaux alimentés avec du lait.

Ainsi, comme les forces de cisaillement étaient négativement corrélées à l'épaisseur de gras de la carcasse ( $r = -0,28$ ,  $P < 0,01$ ; Tableau 5) on peut penser qu'une meilleure isolation des carcasses plus lourdes au cours du refroidissement ait pu diminuer les risques de « cold-shortening » et améliorer la tendreté de la viande. Ce phénomène est largement documenté chez l'agneau et la forte proportion de fibres FOG des animaux de cette étude pourrait accroître leur propension à subir une contraction musculaire lors du refroidissement et ainsi présenter des forces de cisaillement plus élevées. Nous n'avons malheureusement pas mesuré la longueur des sarcomères dans cette étude. Les résultats de Okeudo *et al.* (2005) ont démontré que le taux de refroidissement des carcasses d'agneaux de 32 à 62 kg était négativement corrélé au poids de carcasse, à l'épaisseur de gras dorsal et au gras total. Dans notre étude, les forces de cisaillement étaient également négativement corrélées au pourcentage de gras de la carcasse ( $r = -0,23$ ,  $P < 0,05$ ) et à l'épaisseur de gras mesurée sur la carcasse ( $r = -0,28$ ,  $P < 0,01$ ). Quoiqu'il en soit, les écarts de force de cisaillement observés étaient tous en deçà de 1 kg, la variation minimale pour que le consommateur puisse percevoir une différence de tendreté.

## 7.6. Pertes en eau et pertes à la cuisson

Ces deux paramètres caractérisent le pouvoir de rétention en eau de la viande et influencent la jutosité. Ni le sexe, ni la race, ni même les poids d'abattage n'ont influencé les pertes en eau et à la cuisson (Tableau 8).

Les valeurs moyennes obtenues pour les pertes en eau à 41-44 kg dans notre recherche sont en accord avec celles publiées par Solomon *et al.* (1980) pour un poids d'abattage semblable. Quant aux pertes à la cuisson, nos valeurs sont semblables avec les recherches menées par Pinkas *et al.* (1981) pour les agneaux abattus à 29.1 et 36.1 kg. Hoffman *et al.* (2003) n'ont pas non plus observé de différence entre les races pour les pertes à la cuisson et en eau.

Il est connu que les valeurs de perte en eau et perte à la cuisson dépendent du pH ultime (Monin, 1988). Comme les valeurs de pH mesurées dans notre étude ne différaient pas entre les traitements, il apparaît donc logique de ne pas observer de différences significatives pour les pertes à la cuisson et les pertes en eau.

## 7.7. Composition chimique

Les proportions d'eau et de gras intramusculaire étaient affectées significativement par le sexe et la race (Tableau 8). Ainsi, la viande du longissimus dorsi des agneaux mâles comportait plus d'eau et moins de gras comparativement à celle des femelles (72.7 vs 71.2 % d'eau; 2.1 vs 3.1 % gras;  $P < 0.001$ ).

En ce qui a trait à l'effet de la race, la viande de DP contenait moins d'eau (71.3 vs 72.5 %;  $P < 0.001$ ) et plus de gras (2.9 vs 2.3;  $P < 0.001$ ) que les SU. La corrélation négative établie entre le pourcentage de gras et celui de l'eau ( $r = -0.65$ ,  $P < 0.001$ ) est en accord avec les résultats de Esenbuga *et al.* (2001).

Dans la littérature, il existe une grande variation des résultats sur la composition chimique des muscles, étant donné la variabilité des races étudiées, des muscles et des poids d'abattage variés. Il est difficile de comparer nos résultats avec quelques autres études que ce soit.



Ce qui est important de souligner par contre, c'est que, dans notre étude, la composition chimique du longissimus n'a pas varié en fonction du poids d'abattage. Cette observation est surprenante compte tenu de la corrélation positive entre le pourcentage de gras intramusculaire du longissimus et l'âge à l'abattage ( $r = 0.39$ ,  $P < 0.001$ ). Cependant, Pinkas *et al.* (1982) n'ont pas non plus observé de différence de composition en gras pour des agneaux âgés de 22 et 30 semaines (2.5 vs 2.8 %, respectivement).

### 7.8. Couleur

La race, le sexe et le poids d'abattage n'ont pas affecté la majorité des composantes de la couleur de la viande (Tableau 8). Seulement les valeurs de  $a^*$  et de saturation ont été affectées significativement par la race. Il existait une interaction ( $P < 0,05$ ) entre les facteurs sexe et poids pour la valeur de  $a^*$ , qui s'est également retrouvée dans le calcul de la valeur de saturation. Ces variations n'avaient que peu d'influence pratique sur la couleur de la viande.

Dans notre étude cependant, des corrélations négatives furent obtenues entre les fibres SO et les paramètres de couleur  $a^*$  (rouge) et la saturation alors que ces mêmes paramètres furent positivement reliés aux caractéristiques des fibres FOG, tel qu'indiqué précédemment. Ce résultat souligne une fois de plus le fort caractère oxydatif de ces dernières et l'importance de les réduire pour améliorer la qualité.

Tel que mentionné précédemment, les fibres FOG sont fortement représentées dans le *longissimus* d'agneau et les résultats précédents démontrent le caractère oxydatif supérieur de ces fibres chez l'agneau comme l'ont démontré Briand *et al.* (1981a). Selon ces auteurs, les muscles rouges rapides de l'agneau, tel le *longissimus*, seraient également plus glycolytiques que les muscles blancs rapides mais aussi plus oxydatifs que les rouges lentes. La réduction du caractère oxydatif de la viande d'agneau via une diminution de la quantité de fibres FOG permettrait sans doute d'accroître la stabilité de la couleur.

La réduction du caractère oxydatif pourrait de plus réduire l'intensité de la saveur de la viande comme l'ont démontré Valin *et al.* (1982). Les résultats de ces auteurs étaient basés sur des muscles ayant toutefois une plus forte concentration de fibres de type SO.

## 8. CONCLUSIONS & IMPLICATIONS

D'entrée de jeu, il importe de mentionner que la littérature contient peu d'informations en ce qui a trait aux caractéristiques musculaires en relation avec la qualité de la viande chez l'agneau. L'information disponible y est par ailleurs souvent très variable en raison principalement de la variabilité génétique, des muscles et des poids étudiés. L'établissement des relations entre ces caractéristiques musculaires, les performances de croissance et d'engraissement des animaux et les paramètres de qualité de la viande demeure néanmoins important afin d'établir des stratégies efficaces de sélection et de production qui rencontreront les besoins des marchés et des consommateurs.

Les résultats de cette étude suggèrent que le longissimus dorsi est un muscle à maturation rapide puisque sa croissance, en terme de taille des fibres, est déjà arrêtée à 41 kg. Nous n'avons montré aucune relation entre les types de fibres musculaires et les paramètres de croissance et de qualité de viande. Le sexe, la race et le poids d'abattage, compris entre 41 et 54 kg, n'ont pas eu d'effets majeurs sur la qualité de la viande d'agneau.

Il ne faut pas oublier que cette étude a été réalisée sur le longissimus dorsi qui représente moins de 10 % de la carcasse totale d'un agneau. D'autres études seraient les bienvenues pour valider nos observations sur des muscles de d'autres pièces d'importance comme le gigot. De plus, en raison de la croissance allométrique des différents muscles, notamment du longissimus dorsi, ainsi que du développement et de la croissance des autres tissus, il faut tirer des conclusions prudentes des observations recueillies à partir du muscle longissimus. Il n'en demeure pas moins qu'une sélection axée sur la réduction des fibres FOG au dépend d'une concentration accrue de fibres FG pourrait avoir plusieurs avantages, dont : amélioration du GMQ, augmentation du rendement en viande maigre, réduction de l'intensité de la couleur et amélioration de sa stabilité, réduction probable de l'intensité de la « saveur de mouton » et diminution du risque de contraction au froid susceptible de faire durcir la viande. À ce titre, les mâles Suffolk posséderaient un avantage supérieur par rapport aux autres agneaux de ce projet. Les données recueillies suggèrent aussi un potentiel non

négligeable pour ce qui est de la possibilité d'accroître davantage la proportion de FG au dépend des FOG.

Pour l'industrie, il ne semble donc pas y avoir de restriction, en terme de qualité de viande, à augmenter le poids de carcasse des agneaux lourds dans l'objectif d'augmenter la marge de profit des producteurs sur les agneaux vendus et de fournir aux consommateurs des découpes possédant plus de viande maigre.

## 9. RÉFÉRENCES

Agriculture et Agroalimentaire Canada. 1992. Règlement sur la classification des carcasses de bétail et de volaille (DORS/92-541). Gazette du Canada, Partie II, 126, 3848.

AOAC (1995). Official methods of analysis, Washington D.C. Association of Official Analytical Chemists.

Apple, J.K., Dikeman, M.E., Minton, J.E., McMurphy, R.M., Fedde, M.R., Leith, D.E. et Unruh, J.A. (1995). Effects of restraint and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. *J. Anim. Sci.*, 72, 2295-2307.

Ashmore, C.R. et Doerr, L. (1971). Comparatives aspects of muscle fibers types in different species. *Exp. Neurol.*, 31, 408-418.

Bass, A., Brdiszka, D., Eyer, P., Hofer, S. et Pette, D. (1969). Metabolic differentiation of distinct muscle types at level of enzymatic organization. *Eur. J. Biochem.*, 10, 198-206.

Beriain, M.J., Horcada, A., Purroy, A., Lizaso, G., Chasco, J. et Mendizabal, J.A. (2000). Characteristics of Lacha and Rasa Aragonesa lambs slaughtered at three live weights. *J. Anim. Sci.*, 78, 3070-3077.

Brandsetter, A.M., Picard, B. et Geay, Y. (1998). Muscle fiber characteristics in four muscles of growing bulls. I. Post natal differentiation. *Livest. Prod. Sci.*, 53, 15-23.

Briand, M., Talmant, A., Briand, Y., Monin, G. et Durand, R. (1981a). Metabolic types of muscle in the sheep : I. Myosin ATPase, glycolytic and mitochondrial enzyme activities. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 46, 347-358.

Briand, M., Talmant, A., Briand, Y., Monin, G. and Durand, R. (1981b). Metabolic Types of Muscle in the Sheep : II. Lactate dehydrogenase activity and LDH isoenzyme distribution. *Eur. J. Appl.*

Physiol., 46, 359-365.

Burke, J.M., Apple, J.K., Roberts, W.J., Boger, C.B. et Kegley, E.B. (2003). Effect of breed-type on performance and carcass traits of intensively managed hair sheep. *Meat Sci.*, 63, 309-315.

Carpenter, C.E., Rice, O.D., Cockett, N.E. et Snowden, G.D. (1996). Histology and composition of muscles from normal and callipyge lambs. *J. Anim. Sci.*, 74, 388-393.

Dawson, L.E.R., Carson, A.F. et Moss, B.W. (2002). Effects of crossbred ewe genotype and ram genotype on lamb meat quality from the lowland sheep flock. *J. Agric. Sci.*, 139, 195-204.

Dawson, L.E.R., Carson, A.F., McClinton, L.O.W., Kilpatrick, D.J. et Moss, B.W. (2003). Comparison of the carcass characteristics and meat quality of lambs produced from Texel and Rouge de West ewes and their crosses. *J. Anim. Sci.*, 77, 57-65.

de Siqueira, E.R., Simões, C.D. et Fernandes, S. (2001). Efeito do Sexo e do Peso ao Abate sobre a Produção de Carne de Cordeiro. I. Velocidade de Crescimento, Caracteres Quantitativos da Carcaça. *Rev. Bras. Zootec.*, 30, 1299-1307.

Dransfield, E., Nute, G.R., Douglas, B. McDougall et Douglas, N.R. (1979). Effect of sire breed on eating quality of cross-breed lambs. *J. Sci. Food Agr.*, 30, 805-808.

Esenbuga, N., Yanar, M. et Dayioglu, H. (2001). Physical, chemical and organoleptic properties of ram lamb carcasses from four fat-tailed genotypes. *Small Rum. Res.*, 39, 99-105.

Hoffman, L.C., Muller, M., Cloete, S.W.P. et Schmid, D. (2003). Comparison of six crossbred lamb types : sensory, physical and nutritional meat quality characteristics. *Meat Sci.*, 65, 1265-1274.

Horcada, A., Beriain, M. J., Purroy, A., Lizaso, G. et Chasco, J. (1998). Effect of sex on meat quality of Spanish lamb breeds (Lacha and Rasa Aragonesa). *J. Anim. Sci.*, 67, 541-547.

Jones, S.D.M., W.M. Robertson, M.A. Price et Coupland, T. (1996). The prediction of saleable meat yield in lamb carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 76, 49-53.

Klowsowska, D., Dankowski, A., Belzerowska, P. et Stepka, D. (1998). Microstructure of longissimus lumborum muscle and selected characteristics of lamb carcass and meat quality. *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 48, 493-501

Laville, A., Bouix, J., Sayd, T., Eychenne, F., Marcq, F., Leroy, P.L., Elsen, J.M. et Bibé, B. (2002). Carcass conformation in lambs. A study of genetic variability among breeds. *Prod. Anim.*, 15, 53-66.

Lefaucheur, L. (1989). Les différents types de fibres musculaires chez le porc. *Prod. Anim.*, 2, 205-213.

Moody, W.G., Tichenor, D.A., Kemp, J.D. and Fox, J.D. (1970). Effects of weight, castration and rate of gain on muscle fiber and fat cell diameter in two ovine muscles J. Anim. Sci., 675-680.

Moody, W.G., Kemp, J.D., Mahyuddin, M., Johnston, D.M. et Ely, D.G. (1980). Effect of feeding systems, slaughter weight and sex on histological properties of lamb carcasses. J. Anim. Sci., 50, 149-256.

Monin, G. (1988). Évolution post mortem du tissu musculaire et conséquences sur les qualités de la viande de porc. Journées Recherches Porcine en France, 20, 201-214.

Nachlas, M.M., Tsou, K.C., DeSouza, E., Cheng, S.S. et Seligman, A.M. (1957). Cytochemical demonstration of succinic dehydrogenase by the use of a new p-nitrophenyl substituted ditetrazole. J. Histochem. Cytochem. 5, 420-436.

Okeudo, N.J., Moss, B.W. (2005). Interrelationships amongst carcass and meat quality characteristics of sheep. Meat Sci., 69, 1-8.

Ouali, A. (1991). Sensory quality of meat as affected by muscle biochemistry and modern technologies. Animal Biotechnology and the Quality of Meat Production, Fiems, L.O., Cottyn, B.C. and Demeyer, D.I. (eds). Elsevier, Amsterdam, pp. 85-105.

Ouali, A. et Talmant, A. (1990). Calpain and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. Meat Sci., 28, 331-348.

Ouali, A., Zabari, M., Lacourt, A., Talmant, A., Monin, G., Kopp, J. et Valin, C. (1988). Usefulness of various biochemical and histochemical characteristics as indices of muscle type in lamb carcasses. Meat Sci., 235-247.

Pastea, E. (1985). Anatomia comparata a animalelor domestice. Editura didactica si pedagogica Bucuresti. Vol. 1, 404 pp.

Perez, B.R., Maino, M., Tomic, G., Mardones, E. et Pokniak, J. (2002). Carcass characteristics and meat quality of Suffolk Down suckling lambs. Small Rum. Res., 44, 233-240.

Peter, J.B., Barnard, R.J., Edgerton, V.R., Gillespie, C.A. et Stempel, K.E. (1972). Metabolic profiles of three fiber types of skeletal muscle in Guinea pigs and rabbits. Biochemistry, 11, 2627-2633.

Pette, D. (1984). Activity-induced fast to slow transitions in mammalian muscle. Medecine and Science in Sports and Exercise, 16, 517-528

Pinkas, A. et Marinova, P. (1986). Colour and metabolic type of muscle fibers of lambs slaughtered at different ages. Zhivotnov"Dni-Nauki, 23, 42-46.

Pinkas, A., Marinova, P., Tomov, I., et Monin, G. (1982). Influence of age at slaughter, rearing

technique and pre-slaughter treatment on some quality traits of lamb meat. *Meat Sci.*, 6, 245-255.

Pinkas, A., Valin, C., Nedelchev, D. et Stoyanov, A. (1981). Study on type and diameter of muscle fibers in lambs of some breeds and crosses. *Proceedings of the European Meeting of Meat Research Workers*, I, A20, 76-79.

Pommier, S.A., Fahmy, M.H., Poste, L.M. et Butler, G. (1989). Effect of sex, electrical stimulation and conditioning time on carcass and meat characteristics of Romanov lambs. *Food Quality and Preference*, 1, 127-132.

Renner, M. (1986). Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix. INRA*, 65, 41-45.

Sanudo, C., Campo, M.M., Sierra, I., Maria, G.A., Olleta, J.L. et Santolaria, P. (1997). Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Sci.*, 46, 357-365.

Sanudo, C., Santolaria, M.P., Maria, G., Osorio, M.T. et Sierra, I. (1996). Influence of carcass weight on instrumental and sensory lamb meat quality in intensive lamb production Systems. *Meat Sci.*, 42, 195-202.

Sanudo, C., Sierra, I., Alcalde, M. J., Rota, A. et Osorio, J.C. (1993). Carcass and meat quality in light and medium weight lambs in the breeds Rasa Aragonesa, Lacaune and Sermon Merino. *ITEA (Informacion Tecnica Economica Agraria). Produccion Animal (Espana)*, 89A, 203-214.

SAS Institute Inc. (2001). *SAS User's Guide : Statistics, SAS for Windows, version 8.2*, SAS Institute Inc., Cary, NC.

Sazili, A.Q., Parr, T., Sensky, P.L., Jones, S.W., Bardsley, R.G. et Buttery, P.J. (2005). The relationship between slow and fast myosin heavy chain content, calpastatin and meat tenderness in different ovine skeletal muscles. *Meat Sci.*, 69, 17-23.

Seideman, S.C. et Grouse, J.D. (1986). The effects of sex condition, genotype and diet on bovine muscle fibre characteristics. *Meat Sci.*, 17, 55-72.

Shackelford, S.D., Wheeler, T.L. et Koohmarie, M. (1995). The effect of in utero exposure of lamb to a  $\beta$ -adrenergic agonist on prenatal and postnatal muscle growth, carcass cutability, and meat tenderness. *J. Anim. Sci.*, 73, 2986-2993.

Shackelford, S.D., Leymaster, K.A., Wheeler, T.L. et Koohmarie, M. (2003). Lamb meat quality progress report number 1. Preliminary results of an evaluation of effects of breed of sire on carcass composition and sensory traits of lamb. <http://sol.marc.usda.gov/>. Page consultée le 2 avril 2005.

Solomon, M.B., Kemp, J.D., Moody, W.G., Ely, D.G. et Fox, J.D. (1980). Effect of breed and slaughter weight on physical, chemical and organoleptic properties of lamb carcasses. *J. Anim. Sci.*, 5, 1103-1107.

Solomon, M.B., Moody, W.G., Kemp, J.D. et Ely, D.G. (1981). Effect of breed, slaughter weight and sex on histological properties of ovine muscle. *J. Anim. Sci.*, 52, 1019-1025.

Srere P.A. (1969). Citrate synthase. Dans : *Methods in enzymology*, Vol. XIII, Citric acid cycle (J.M. Lowenstein, Ed.), Academic Press. New York, p.3-11.

Suzuki, A. et Cassens, R.G. (1983). A histochemical study of myofiber types in the Serratus ventralis thoracis muscle of sheep during growth. *J. Anim. Sci.*, 56, 1447-1458.

Talmant, A. et Monin, G. (1986). Activities of metabolic and contractile enzymes in 18 bovine muscles. *Meat Sci.*, 18, 23-40.

Valin C., Touraille C., Vigneron P., Ashmore C.R. (1982). Prediction of lamb meat quality traits based on muscle biopsy fibre typing. *Meat Sci.*, 6, 257-263.

Tableau 1. Performances de croissance en fonction du sexe, de la race et du poids d'abattage

VARIABLES	FEMELLES						MÂLES						SEM	Effets <sup>2</sup>			
	Dorset			Suffolk			Dorset			Suffolk				S	R	P	X
	41-44 <sup>1</sup> (n=10)	46-49 (n=9)	51-54 (n=9)	41-44 (n=9)	46-49 (n=9)	51-54 (n=9)	41-44 (n=8)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)	41-44 (n=7)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)					
Âge initial (j)	68.4	67.1	66.4	67.7	65.7	66.2	67.1	68.0	66.1	65.4	64.6	66.8	1.2	NS	NS	NS	NS
Pds initial (kg)	22.0	22.4	22.8	26.2	26.4	26.8	24.2	23.8	24.0	26.2	26.9	26.6	1.2	NS	***	NS	SxR
Âge abattage (j)	140.9	156.4	169.8	115.0	129.3	145.4	118.2	132.4	146.1	103.5	111.9	126.7	4.0	***	***	***	SxR
Pds abattage (kg)	43.2	48.1	52.5	43.7	49.2	53.5	43.7	48.7	53.6	42.4	48.3	53.5	0.6	NS	NS	***	SxR
GMQ (kg/j)	341	332	316	444	434	393	442	438	425	544	545	525	24.0	***	***	NS	NS
Pds carcasse (kg)	23.0	25.7	28.4	22.5	25.7	27.9	22.2	24.7	28.1	21.1	24.2	27.1	0.4	***	***	***	NS
Rdt carcasse (%)	53.1	53.5	54.2	51.5	52.4	52.3	50.8	50.7	52.5	49.7	50.2	50.7	0.5	***	***	***	NS
GR (mm)	18.1	21.7	24.0	16.2	17.6	19.1	16.6	14.4	16.4	8.7	12.8	11.8	1.1	***	***	***	SxRxP
Conformation	3.5	3.7	3.9	3.1	3.3	3.4	3.2	3.3	3.4	3.0	3.0	3.0	0.1	***	***	***	NS
Gras dorsal <sup>3</sup> (mm)	7.1	8.6	10.7	6.1	6.5	8.0	5.4	5.9	6.4	3.8	4.0	4.2	0.7	***	***	***	NS
Épaisseur l. d. <sup>3</sup> (mm)	32.8	33.1	34.8	32.4	34.9	33.5	31.6	33.8	34.9	34.6	34.0	33.9	1.2	NS	NS	*	NS
Surface l. d. <sup>3</sup> (mm <sup>2</sup> )	1544.4	1612.8	1702.4	1585.7	1720.2	1639.9	1465.8	1665.4	1763.5	1535.7	1668.8	1691.4	74.7	NS	NS	***	NS
Pds l. d. (g)	565.8	611.1	648.3	538.2	636.6	649.8	531.4	634.0	687.7	507.8	596.9	643.7	19.3	NS	<0.1	***	NS

<sup>1</sup> Strate de poids d'abattage (à jeun), en kg

<sup>2</sup> S : Sexe; R : Race; P : Poids; X : Interactions

<sup>3</sup> Épaisseur de gras dorsal et surface et épaisseur du longissimus dorsi mesurées sur la carcasse entre les 12<sup>e</sup> et 13<sup>e</sup> côtes

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001



**Tableau 2. Composition des carcasses en fonction du sexe, de la race et du poids d'abattage**

VARIABLES	FEMELLES						MÂLES						SEM	Effets <sup>2</sup>			
	Dorset			Suffolk			Dorset			Suffolk				S	R	P	X
	41-44 <sup>1</sup> (n=10)	46-49 (n=9)	51-54 (n=9)	41-44 (n=9)	46-49 (n=9)	51-54 (n=9)	41-44 (n=8)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)	41-44 (n=7)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)					
<b>Muscle (g)</b>	5987.6	6594.2	6774.2	5843.2	6722.4	7107.6	5864.9	6747.6	7543.6	5839.4	6669.1	7373.5	138.2	*	NS	***	SxP
<b>Gras Total<sup>3</sup> (g)</b>	3309.4	3970.4	5104.4	2983.7	3501.4	4104.3	2848.6	2864.7	3626.7	2008.1	2485.0	2876.1	166.2	***	***	***	SxP
<b>Gras SC-Inter<sup>4</sup> (g)</b>	2918.4	3434.8	4416.2	2667.9	3084.7	3611.3	2578.6	2557.9	3240.4	1795.6	2219.3	2595.8	144.9	***	***	***	SxP
<b>Os (g)</b>	1838.3	2007.3	1920.9	1923.7	2124.0	2314.4	1928.3	2142.7	2307.9	2146.9	2384.9	2545.9	60.6	***	***	***	NS
<b>Muscle (%)</b>	53.5	52.2	48.9	54.1	54.2	52.2	54.7	57.1	55.7	58.1	57.4	57.4	1.1	***	***	***	SxP
<b>Gras Total<sup>3</sup> (%)</b>	29.5	31.4	36.8	27.5	28.1	30.3	26.7	24.3	26.8	19.8	21.4	22.2	1.3	***	***	***	SxP
<b>Gras SC-Inter<sup>4</sup> (%)</b>	26.0	27.2	31.9	24.6	24.7	26.7	24.1	21.6	23.9	17.7	19.1	20.0	1.1	***	***	***	SxRxP
<b>Os (%)</b>	16.4	15.9	13.9	17.8	17.1	16.9	18.0	18.1	17.1	21.3	20.5	19.8	0.5	***	***	***	NS

<sup>1</sup> Strate de poids d'abattage (à jeun), en kg

<sup>2</sup> S : Sexe; R : Race; P : Poids; X : Interactions

<sup>3</sup> Gras total, incluant le gras péri rénal

<sup>4</sup> Gras sous-cutanée et inter musculaire seulement

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

**Tableau 3. Proportion et surface des différents types de fibres musculaires du longissimus dorsi en fonction du sexe, de la race et du poids d'abattage**

TYPES <sup>3</sup>	FEMELLES						MÂLES						SEM	Effets <sup>2</sup>			
	Dorset			Suffolk			Dorset			Suffolk				S	R	P	X
	41-44 <sup>1</sup> (n=8)	46-49 (n=6)	51-54 (n=7)	41-44 (n=3)	46-49 (n=5)	51-54 (n=8)	41-44 (n=4)	46-49 (n=8)	51-54 (n=8)	41-44 (n=1)	46-49 (n=4)	51-54 (n=6)					
<b>Proportion (%)</b>																	
<b>SO</b>	6.9	6.5	5.7	6.6	7.8	7.8	7.9	7.7	7.6	9.3	8.7	8.0	2.1	*	0.10	NS	NS
<b>FOG</b>	65.5	61.6	58.7	62.4	62.1	62.8	64.4	63.3	58.4	51.2	51.9	54.7	4.4	***	***	NS	RxP; RxS
<b>FG</b>	27.6	31.9	35.5	31.0	30.1	29.4	27.8	29.0	34.0	39.5	39.4	37.3	4.1	**	**	NS	RxP; RxS
<b>Surface (µm<sup>2</sup>)</b>																	
<b>SO</b>	2195.6	2702.4	2265.9	2193.2	2313.3	2356.3	1956.5	2477.3	2620.9	2138.4	2266.8	2113.3	673.0	NS	NS	NS	NS
<b>FOG</b>	1769.7	1859.9	1927.5	1838.6	1780.2	1683.1	1746.4	1959.5	1931.9	1620.4	1683.0	1608.1	371.3	NS	0.12	NS	NS
<b>FG</b>	2235.1	2487.9	2069.1	2400.4	2554.7	2196.0	2090.7	2273.6	2415.5	1994.0	2310.0	2122.9	469.7	NS	NS	NS	NS
<b>Totale</b>	1922.9	2120.0	1995.1	2016.7	2037.6	1886.9	1862.8	2087.6	2140.3	1823.4	1975.2	1842.1	384.4	NS	NS	NS	NS
<b>Surface relative (%)</b>																	
<b>SO</b>	7.7	8.3	6.5	6.8	8.7	9.7	8.2	8.9	9.2	10.8	10.1	9.3	2.6	0.06	NS	NS	NS
<b>FOG</b>	60.2	54.4	56.7	56.6	54.5	56.0	60.5	59.3	52.6	45.9	43.9	47.8	5.5	**	***	NS	RxS
<b>FG</b>	32.1	37.4	36.7	36.6	36.8	34.2	31.2	31.8	38.2	43.3	46.0	42.9	5.5	*	**	NS	RxS

<sup>1</sup> Strate de poids d'abattage (à jeun), en kg

<sup>2</sup> S : Sexe; R : Race; P : Poids; X : Interaction

<sup>3</sup> Types de fibres musculaires : SO : Fibres rouges (oxydatives); FOG : Fibres intermédiaires (oxydo-glycolytiques); FG : Fibres blanches (glycolytiques)

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

**Tableau 4. Définitions et abréviations des variables utilisées dans les tableaux des corrélations**

#	Abréviations	Descriptions
1	SO (%)	Pourcentage de fibres oxydatives (rouges)
2	FOG (%)	Pourcentage de fibres oxydo-glycolytiques (intermédiaires)
3	FG (%)	Pourcentage de fibres glycolytiques (blanches)
4	SOI (%)	Pourcentage de fibres rouges + intermédiaires
5	FBI (%)	Pourcentage de fibres blanches + intermédiaires
6	Surf. SO	Surface moyenne des fibres rouges ( $\mu\text{m}^2$ )
7	Surf. FOG	Surface moyenne des fibres intermédiaires ( $\mu\text{m}^2$ )
8	Surf. FG	Surface moyenne des fibres blanches ( $\mu\text{m}^2$ )
9	Surf. SOI	Surface moyenne des fibres rouges + intermédiaires ( $\mu\text{m}^2$ )
10	Surf. FBI	Surface moyenne des fibres blanches + intermédiaires ( $\mu\text{m}^2$ )
11	Surf. Total	Surface moyenne des fibres totales ( $\mu\text{m}^2$ )
12	Surf. Rel. SO	Surface relative des fibres rouges = $[(\text{SO} (\%) \cdot \text{Surf. SO}) / (\text{Surf. Total})] \times 100$
13	Surf. Rel. FOG	Surface relative des fibres intermédiaires = $[(\text{FOG} (\%) \cdot \text{Surf. FOG}) / (\text{Surf. Total})] \times 100$
14	Surf. Rel. FG	Surface relative des fibres blanches = $[(\text{FG} (\%) \cdot \text{Surf. FG}) / (\text{Surf. Total})] \times 100$
15	Surf. Rel. SOI	Surface relative des fibres rouges + intermédiaires = $[(\text{SOI} (\%) \cdot \text{Surf. SOI}) / (\text{Surf. Total})] \times 100$
16	Surf. Rel. FBI	Surface relative des fibres blanches + intermédiaires = $[(\text{FBI} (\%) \cdot \text{Surf. FBI}) / (\text{Surf. Total})] \times 100$
17	PerteCuisson	Pourcentage de perte à la cuisson
18	PerteEau	Pourcentage de perte en eau
19	Cisaillement	Force de cisaillement (kg/cm)
20	pH	pH (après décongélation)
21	L	L*
22	a	a*
23	b	b*
24	Teinte	Teinte
25	Saturation	Saturation
26	Eau	Pourcentage d'eau de la viande décongelée
27	Gras Intram.	Pourcentage de gras intramusculaire de la viande décongelée
28	Protéine	Pourcentage de protéine de la viande décongelée
29	LDH	LDH (activité glycolytique)
30	CS	CS (activité oxydative)
31	nfibmus	Estimation du nombre de fibres musculaires du longissimus dorsi
	GMQ	Gain moyen quotidien (kg/j)
	Âge	Âge à l'abattage (j)
	Pds	Poids à l'abattage suite à un jeûne d'au moins 12 heures (kg)
	Pds Carc.	Poids de la carcasse froide (kg)
	GR	Épaisseur de tissus total à la 12 <sup>e</sup> côte à 11 cm de la ligne médiane (classification) (mm)
	ÉpGT	Épaisseur de gras dorsal entre la 12 <sup>e</sup> et la 13 <sup>e</sup> côte (mm)
	ÉpMT	Épaisseur de muscle (l.d.) entre la 12 <sup>e</sup> et la 13 <sup>e</sup> côte (mm)
	SurfT	Surface du l.d. entre la 12 <sup>e</sup> et la 13 <sup>e</sup> côte (mm <sup>2</sup> )
	Gras	Quantité totale de gras disséquée (g)
	Muscle	Quantité totale de muscle disséquée (g)
	Pds l.d.	Poids du longissimus dorsi (l.d.) (g)
	%Gras	Pourcentage de gras total disséqué
	%Muscle	Pourcentage de muscle total disséqué

Tableau 5. Corrélations entre les paramètres de qualité de viande et ceux de croissance

	GMQ	Age	Pds	Pds Carc.	GR	ÉpGT	SurfT	Gras	Muscle	Pds l.d.	%Gras	%Muscle
n	104	104	104	104	100	97	97	102	104	104	102	102
<b>1 SO (%)</b>	0.32**	-0.38**	0.14	0.05	-0.22	-0.31*	0.17	-0.32**	0.27*	0.22	-0.39**	0.37**
<b>2 FOG (%)</b>	-0.41***	0.18	-0.44***	-0.33**	0.35**	0.23	-0.29*	0.07	-0.40***	-0.21	0.24	-0.22
<b>3 FG (%)</b>	0.32**	-0.04	0.42***	0.33**	-0.29*	-0.13	0.24*	0.05	0.32**	0.14	-0.11	0.09
<b>4 SOI (%)</b>	-0.32**	0.04	-0.42***	-0.33**	0.29*	0.13	-0.24*	-0.05	-0.32**	-0.14	0.11	-0.09
<b>5 FBI (%)</b>	-0.32**	0.38**	-0.14	-0.05	0.22	0.31*	-0.17	0.32**	-0.27*	-0.22	0.39**	-0.37**
<b>6 Surf. SO</b>	-0.12	0.25*	0.11	0.17	0.12	0.07	0.16	0.03	0.27*	0.26*	-0.05	0.13
<b>7 Surf. FOG</b>	-0.19	0.19	0.02	0.12	0.15	0.11	0.20	0.17	0.10	0.28*	0.14	-0.08
<b>8 Surf. FG</b>	-0.03	0.07	0.03	0.08	0.18	0.10	0.08	0.05	0.08	0.18	0.03	-0.04
<b>9 Surf. SOI</b>	-0.16	0.19	0.05	0.15	0.13	0.08	0.22	0.14	0.15	0.31*	0.09	-0.03
<b>10 Surf. FBI</b>	-0.11	0.14	0.05	0.13	0.14	0.10	0.18	0.13	0.12	0.26*	0.09	-0.06
<b>11 Surf. Total</b>	-0.10	0.15	0.07	0.14	0.14	0.09	0.19	0.11	0.15	0.28*	0.06	-0.03
<b>12 Surf. Rel. SO</b>	0.28*	-0.25*	0.22	0.14	-0.18	-0.29*	0.18	-0.32**	0.41***	0.28*	-0.43***	0.46***
<b>13 Surf. Rel. FOG</b>	-0.45***	0.21	-0.41***	-0.27*	0.29*	0.22	-0.19	0.14	-0.37**	-0.14	0.29*	-0.25*
<b>14 Surf. Rel. FG</b>	0.37**	-0.12	0.35**	0.23	-0.24	-0.12	0.12	-0.03	0.23	0.04	-0.14	0.08
<b>15 Surf. Rel. SOI</b>	-0.37**	0.12	-0.35**	-0.23	0.24	0.12	-0.12	0.03	-0.23	-0.04	0.14	-0.08
<b>16 Surf. Rel. FBI</b>	-0.28*	0.25*	-0.22	-0.14	0.18	0.29*	-0.18	0.32**	-0.41***	-0.28*	0.43***	-0.46***
<b>17 PerteCuisson</b>	-0.06	-0.05	-0.18	-0.15	-0.06	-0.01	-0.18	-0.05	-0.18	-0.16	0.02	-0.02
<b>18 PerteEau</b>	-0.18	0.16	0.08	0.14	0.12	0.12	0.08	0.21*	0.00	0.09	0.19	-0.20
<b>19 Cisaillement</b>	0.18	-0.31**	-0.17	-0.20*	-0.21*	-0.28**	-0.26*	-0.25*	-0.14	-0.26*	-0.23*	0.13
<b>20 pH</b>	0.18	-0.13	0.06	0.02	0.02	-0.07	0.06	-0.09	0.10	0.03	-0.13	0.12
<b>21 L</b>	0.20	-0.25*	-0.16	-0.22*	-0.17	-0.14	-0.19	-0.19	-0.18	-0.18	-0.13	0.07
<b>22 a</b>	-0.33**	0.30**	-0.01	0.08	0.28**	0.37***	0.04	0.27*	-0.08	0.00	0.30**	-0.27**
<b>23 b</b>	-0.26*	0.14	-0.13	-0.06	0.16	0.17	-0.13	0.10	-0.15	-0.07	0.17	-0.16
<b>24 Teinte</b>	-0.10	0.01	-0.02	-0.02	-0.03	0.03	-0.16	0.01	-0.05	-0.07	0.03	-0.06
<b>25 Saturation</b>	-0.34**	0.27**	-0.04	0.05	0.28**	0.34**	-0.02	0.25*	-0.11	-0.01	0.30**	-0.27**
<b>26 Eau</b>	0.57***	-0.56***	-0.08	-0.25*	-0.62***	-0.63***	0.01	-0.58***	0.04	-0.09	-0.62***	0.52***
<b>27 Gras Intram.</b>	-0.42***	0.39***	-0.09	0.09	0.59***	0.53***	-0.27*	0.57***	-0.31**	-0.16	0.69***	-0.69***
<b>28 Protéine</b>	-0.23*	0.25*	0.21*	0.25*	0.29**	0.26*	0.13	0.21*	0.22*	0.30**	0.16	-0.07
<b>29 LDH</b>	-0.45***	0.44***	0.22	0.34**	0.41***	0.39***	0.23	0.50***	0.17	0.30**	0.46***	-0.34**
<b>30 CS</b>	-0.10	0.05	-0.19	-0.14	0.07	0.00	0.16	-0.06	-0.08	0.04	0.00	0.06

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

Tableau 6. Corrélations entre les paramètres de qualité de viande

Variables	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n		68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
SO (%)	1	1.00									
FOG (%)	2	-0.35**	1.00								
FG (%)	3	-0.01	-0.93***	1.00							
SOI (%)	4	0.01	0.93***	-1.00***	1.00						
FBI (%)	5	-1.00***	0.35**	0.01	-0.01	1.00					
Surf. SO	6	-0.14	0.07	-0.02	0.02	0.14	1.00				
Surf. FOG	7	0.01	0.13	-0.15	0.15	-0.01	0.62***	1.00			
Surf. FG	8	0.12	0.12	-0.18	0.18	-0.12	0.53***	0.68***	1.00		
Surf. SOI	9	0.04	0.09	-0.11	0.11	-0.02	0.72***	0.99***	0.70***	1.00	
Surf. FBI	10	0.06	0.06	-0.09	0.11	-0.06	0.64***	0.94***	0.88***	0.94***	1.00
Surf. Total	11	0.06	0.05	-0.08	0.08	-0.06	0.71***	0.94***	0.87***	0.95***	1.00***
Surf. Rel. SO	12	0.83***	-0.34**	0.04	-0.04	-0.83***	0.26*	-0.01	0.04	0.09	0.01
Surf. Rel. FOG	13	-0.33**	0.87***	-0.81***	0.81***	0.33**	0.01	0.29*	-0.09	0.22	0.07
Surf. Rel. FG	14	0.02	-0.80***	0.85***	-0.85***	-0.02	-0.12	-0.30*	0.08	-0.27*	-0.08
Surf. Rel. SOI	15	-0.02	0.80***	-0.85***	0.85***	0.02	0.12	0.30*	-0.08	0.27*	0.08
Surf. Rel. FBI	16	-0.83***	0.34**	-0.04	0.04	0.83***	-0.27*	0.01	-0.04	-0.09	0.01
PerteCuisson	17	-0.17	-0.01	0.08	-0.08	0.17	0.05	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03
PerteEau	18	-0.34**	-0.07	0.22	-0.22	0.34**	-0.05	-0.07	-0.12	-0.08	-0.09
Cisaillement	19	-0.08	-0.08	0.12	-0.12	0.08	-0.04	-0.06	-0.06	-0.06	-0.04
pH	20	0.21	-0.10	0.03	-0.03	-0.21	0.18	0.00	0.05	0.05	0.03
L	21	-0.02	0.07	-0.06	0.06	0.02	-0.23	-0.05	-0.03	-0.08	-0.06
a	22	-0.30*	0.31*	-0.21	0.21	0.30*	0.06	0.13	0.10	0.11	0.11
b	23	-0.23	0.41***	-0.35**	0.35**	0.23	-0.17	-0.03	-0.02	-0.07	-0.06
Teinte	24	-0.04	-0.05	0.07	-0.07	0.04	-0.20	-0.12	-0.11	-0.15	-0.12
Saturation	25	-0.32*	0.38**	-0.28*	0.28*	0.32*	0.00	0.10	0.08	0.07	0.07
Eau	26	0.20	-0.28*	0.22	-0.22	-0.20	-0.11	-0.13	-0.17	-0.11	-0.14
Gras Intram.	27	-0.33**	0.27*	-0.16	0.16	0.33**	0.02	0.11	0.22	0.07	0.16
Protéine	28	0.10	0.05	-0.09	0.09	-0.10	0.04	0.03	0.10	0.04	0.06
LDH	29	-0.10	0.17	-0.14	0.14	0.10	0.19	0.18	0.22	0.18	0.20
CS	30	-0.07	0.04	-0.02	0.02	0.07	0.13	-0.03	0.15	0.00	0.05
nfibmus	31	0.05	-0.23	0.23	-0.23	-0.05	-0.56***	-0.74***	-0.75***	-0.74***	-0.80***

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

Tableau 6 (suite). Corrélations entre les paramètres de qualité de viande

Variables	#	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
n		68	68	68	68	68	68	94	95	95	95
SO (%)	1										
FOG (%)	2										
FG (%)	3										
SOI (%)	4										
FBI (%)	5										
Surf. SO	6										
Surf. FOG	7										
Surf. FG	8										
Surf. SOI	9										
Surf. FBI	10										
Surf. Total	11	1.00									
Surf. Rel. SO	12	0.07	1.00								
Surf. Rel. FOG	13	0.06	-0.36**	1.00							
Surf. Rel. FG	14	-0.09	-0.02	0.93***	1.00						
Surf. Rel. SOI	15	0.09	0.02	0.93***	-1.00***	1.00					
Surf. Rel. FBI	16	-0.07	-1.00***	0.36**	0.02	-0.02	1.00				
PerteCuisson	17	-0.02	-0.08	-0.02	0.05	-0.05	0.08	1.00			
PerteEau	18	-0.10	-0.32**	-0.03	0.17	-0.17	0.32**	0.36***	1.00		
Cisaillement	19	-0.05	-0.11	-0.06	0.11	-0.11	0.11	0.04	0.30**	1.00	
pH	20	0.05	0.29*	-0.14	0.03	-0.03	-0.29*	-0.10	-0.23*	0.11	1.00
L	21	-0.08	-0.13	0.07	-0.02	0.02	0.13	0.05	0.03	0.01	-0.26*
a	22	0.10	-0.28*	0.30*	-0.20	0.20	0.28*	0.20	0.15	-0.19	-0.22*
b	23	-0.08	-0.30*	0.37**	-0.28*	0.28*	0.30*	-0.01	0.03	-0.22*	-0.33**
Teinte	24	-0.14	-0.12	-0.04	0.09	-0.09	0.12	-0.20	0.07	-0.07	-0.22*
Saturation	25	0.06	-0.32**	0.36**	-0.25*	0.25*	0.32**	0.15	0.13	-0.22*	-0.27*
Eau	26	-0.13	0.19	-0.23	0.16	-0.16	-0.19	0.02	-0.03	0.25*	0.19
Gras Intram.	27	0.13	-0.39**	0.19	-0.03	0.03	0.39**	0.04	0.12	-0.09	-0.13
Protéine	28	0.06	0.11	0.00	-0.05	0.05	-0.11	0.03	0.04	-0.09	-0.08
LDH	29	0.20	-0.06	0.12	-0.11	0.11	0.06	-0.14	-0.06	-0.17	0.06
CS	30	0.06	-0.01	-0.09	0.10	-0.10	0.01	-0.02	0.01	-0.22	-0.09
nfibmus	31	-0.80***	0.04	-0.17	0.16	-0.16	-0.04	-0.11	0.11	-0.04	0.09

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

Tableau 6 (suite). Corrélations entre les paramètres de qualité de viande

Variables	#	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
n		90	90	90	90	90	90	88	90	75	100	66
SO (%)	1											
FOG (%)	2											
FG (%)	3											
SOI (%)	4											
FBI (%)	5											
Surf. SO	6											
Surf. FOG	7											
Surf. FG	8											
Surf. SOI	9											
Surf. FBI	10											
Surf. Total	11											
Surf. Rel. SO	12											
Surf. Rel. FOG	13											
Surf. Rel. FG	14											
Surf. Rel. SOI	15											
Surf. Rel. FBI	16											
PerteCuisson	17											
PerteEau	18											
Cisaillement	19											
pH	20											
L	21	1.00										
a	22	0.31**	1.00									
b	23	0.70***	0.71***	1.00								
Teinte	24	0.57***	0.11	0.54***	1.00							
Saturation	25	0.46***	0.97***	0.86***	0.25*	1.00						
Eau	26	0.04	-0.29**	-0.32**	-0.16	-0.33**	1.00					
Gras Intram.	27	0.10	0.33**	0.26*	0.13	0.34**	0.65***	1.00				
Protéine	28	-0.18	-0.13	-0.03	0.02	-0.10	-0.43***	-0.06	1.00			
LDH	29	-0.10	0.22	0.08	-0.06	0.20	-0.27*	0.16	0.17	1.00		
CS	30	0.07	0.16	0.15	0.11	0.17	-0.17	0.03	0.04	0.16	1.00	
nfibmus	31	-0.05	-0.12	-0.07	0.02	-0.12	0.15	-0.30*	0.08	0.03	0.04	1.00

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001

**Tableau 7. Activité enzymatique de la viande du longissimus dorsi en fonction du sexe, de la race et du poids d'abattage**

VARIABLES <sup>3</sup>	FEMELLES						MÂLES						SEM	Effets <sup>2</sup>			
	Dorset			Suffolk			Dorset			Suffolk				S	R	P	X
	41-44 <sup>1</sup> (n=10)	46-49 (n=8)	51-54 (n=8)	41-44 (n=8)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)	41-44 (n=8)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)	41-44 (n=7)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)					
<b>CS<sub>muscle</sub></b>	17.34	19.61	15.21	17.06	17.70	15.14	17.40	17.16	14.34	15.75	16.56	14.89	1.36	0.09	NS	***	NS
<b>CS<sub>gras</sub></b>	1.38	1.09	1.07	1.50	1.29	1.21	2.00	1.76	1.69	1.92	1.82	1.63	0.14	***	NS	**	NS
<b>LDH</b>	1453.4	1510.7	1586.0	1492.1	1601.9	1394.7	1365.7	1424.7	1511.7	1231.8	1128.5	1386.3	96.6	***	*	NS	NS
<b>LDH : CS</b>	83.5	76.0	98.3	96.1	89.9	66.0	84.1	89.8	106.3	79.8	66.9	96.8	15.0	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup> Strate de poids d'abattage (à jeun), en kg

<sup>2</sup> S : Sexe; R : Race; P : Poids; X : Interaction

<sup>3</sup> CS : Citrate synthase, LDH : Lactate déshydrogénase; L'activité est exprimée en unité internationale soit en  $\mu$ mole de substrat transformé par minute et par ml.

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001



Tableau 8. Qualité de la viande du longissimus dorsi en fonction du sexe, de la race et du poids d'abattage

VARIABLES	FEMELLES						MÂLES						SEM	Effets <sup>2</sup>			
	Dorset			Suffolk			Dorset			Suffolk				S	R	P	X
	41-44 <sup>1</sup> (n=10)	46-49 (n=9)	51-54 (n=8)	41-44 (n=9)	46-49 (n=8)	51-54 (n=9)	41-44 (n=7)	46-49 (n=8)	51-54 (n=8)	41-44 (n=5)	46-49 (n=6)	51-54 (n=8)					
<b>pH</b>	5.51	5.48	5.48	5.59	5.58	5.52	5.52	5.61	5.57	5.48	5.56	5.54	0.06	NS	NS	NS	RxS
<b>Force de cisaillement (kg)</b>	2.7	3.9	3.2	4.1	3.2	3.0	4.2	3.6	3.4	4.6	4.0	3.6	0.4	*	NS	*	NS
<b>Perte cuisson (%)</b>	24.8	25.4	26.2	26.2	25.4	22.9	26.4	25.2	23.9	25.3	26.0	24.8	1.3	NS	NS	NS	NS
<b>Perte en eau (%)</b>	5.2	8.6	9.4	7.8	8.2	7.8	7.4	5.7	6.6	8.4	7.0	6.6	1.6	NS	NS	NS	NS
<b>Eau (%)</b>	71.0	70.3	70.6	72.0	71.9	71.3	72.3	72.1	71.6	73.6	73.0	73.4	0.5	***	***	NS	NS
<b>Gras (%)</b>	3.5	3.2	3.5	2.6	3.1	2.7	2.7	2.1	2.4	1.8	1.4	2.0	0.4	***	***	NS	NS
<b>Protéine (%)</b>	22.6	23.0	22.3	22.6	22.3	22.8	22.1	22.1	22.9	21.6	22.1	22.4	0.3	NS	NS	0.1	SxP
<b>a*</b>	18.9	19.4	20.1	18.0	20.1	18.6	19.1	18.7	18.4	18.7	16.7	17.0	0.8	0.07	**	NS	SxP
<b>b*</b>	10.5	9.5	9.7	8.2	11.1	9.7	9.9	9.0	8.9	9.6	8.0	7.8	0.8	*	NS	NS	RxSxP
<b>L*</b>	40.2	37.4	39.4	38.2	42.4	38.9	40.8	39.1	38.4	41.9	40.3	39.4	1.3	NS	NS	NS	NS
<b>Teinte</b>	0.45	0.44	0.45	0.43	0.51	0.48	0.47	0.45	0.45	0.48	0.44	0.43	0.04	NS	NS	NS	NS
<b>Saturation</b>	21.6	21.7	22.3	19.8	23.0	21.0	21.6	20.7	20.5	20.7	18.6	18.7	0.9	*	**	NS	SxP

<sup>1</sup> Strate de poids d'abattage (à jeun), en kg

<sup>2</sup> S : Sexe; R : Race; P : Poids; X : Interactions

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; \*\*\* P < 0.001