

Valorisation des ressources fourragères chez les agneaux à l'engraissement.

Projet no. 6223

Requérant : Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ)

RAPPORT FINAL

Octobre 2008 à août 2010

Rédigé par Joannie Jacques, agr. (Université Laval)
et Léda Villeneuve, agr. M.Sc. (CEPOQ)

En collaboration avec :

Dany Cinq-Mars, agr., Ph.D. (Université Laval)
Yvan Chouinard, Ph.D., agr. (Université Laval)
Claude Gariépy, Ph.D. (Centre de recherche et de développement sur les aliments, AAC)
Robert Berthiaume, Ph.D., agr. (Centre de Recherche en production laitière biologique)
Fédération des producteurs d'agneaux et moutons du Québec

Projet réalisé dans le cadre du programme
« Recherche appliquée, innovation et transfert » du CDAQ

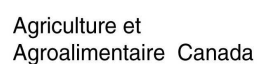


TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	ii
1. Résumé du projet	1
2. Description du projet	3
2.1 Problématique	3
2.2 Objectifs généraux	3
2.3 Objectifs spécifiques	3
2.4 Méthodologie	4
2.4.1 Animaux	4
2.4.2. Croissance	4
2.4.3. Abattage	5
2.4.4. Analyse de laboratoire	5
2.5 Sommaire des données compilées	8
2.6 Analyses statistiques	9
3. Étapes et échéances	10
4. Résultats et discussion	11
4.1 Performance de croissance	11
4.2 Qualité de carcasse	13
4.3 Qualité de viande	14
4.4 Profil en acides gras	18
4.5 Paramètres ruminiaux	22
4.6 Analyse économique	23
4.7 Bibliographie	26
5. Conclusions du projet	28

1. RÉSUMÉ DU PROJET

Dans les élevages ovins québécois, l'achat d'aliment représente près de 50 % des frais variables par agneau. La diminution des frais d'élevage pourrait se faire par une meilleure valorisation des ressources fourragères abondamment disponible au Québec. Toutefois, ce mode d'élevage a une influence potentielle sur la croissance des agneaux, la qualité de leur carcasse et la qualité de viande produite. Cette expérience a donc été conduite afin de vérifier l'impact d'une ration principalement composée de fourrages (en bergerie ou au pâturage) sur les performances de croissance d'agneaux à l'engraissement ainsi que sur la qualité de carcasse et de viande subséquente. Pour ce faire, un groupe d'agneaux ($n=40$) a été réparti et engraisés selon 4 traitements alimentaires (de 23 à 47 kg de poids vif) : (C) Conventionnel - Témoin : concentrés et fourrages à volonté, (F) Fourrages : ration composée de 60 % de fourrages secs et de 40 % de concentrés, (A) Affouragement : herbe fraîche à volonté servie deux fois par jour et (P) Pâturage : parcelles de pâturage en gestion intensive.

Le suivi de la consommation et du poids des agneaux, a permis de vérifier l'efficacité alimentaire et de suivre la croissance des sujets. Des prélèvements sanguins ont permis l'analyse de la composition en urée du sang lié au métabolisme protéique. Des mesures aux ultrasons ont régulièrement été prises pour l'œil de longe et le gras dorsal, afin de bien évaluer l'évolution du dépôt adipeux et du développement musculaire. Les agneaux ont été abattus à 47 kg et leurs carcasses ont été classifiées. Des échantillons de viande ont été prélevés pour en analyser le pH ultime (48 h), la couleur (L^* , a , b), la perte en eau, la perte à la cuisson, la force de cisaillement, l'indice de fragmentation myofibrillaire, la longueur des sarcomères, la composition chimique (eau, protéines, gras, collagène) ainsi que le profil en acides gras. Une évaluation sensorielle a également été conduite afin de vérifier si une différence entre les viandes était perceptible par le consommateur au niveau de la tendreté, de la jutosité et de la flaveur. De plus, le système digestif des agneaux a été pesé puis le rumen minutieusement inspecté pour déceler la présence d'abcès ou autres anomalies. Le dénombrement des papilles ruminales et la mesure de leur longueur ont aussi été réalisés. L'estimation de l'impact économique de ces rations à forte proportion de fourrages a également été réalisée afin de vérifier les retombées potentielles des rations fourragères sur les coûts d'élevage des agneaux à l'engraissement.

Le GMQ des agneaux du traitement F (347 g/jr) a été inférieur à celui des agneaux du traitement C (449 g/jr), mais supérieur à celui des agneaux des traitements A et P (267 et 295 g/jr respectivement) ($P < 0,0001$). Pour atteindre 47 kg, il a fallu respectivement 20 et 40 jours de plus aux agneaux des traitements F, et A et P, comparativement aux agneaux du traitement C ($P < 0,0001$). Les agneaux du traitement C ont également eu une meilleure conversion alimentaire ($P < 0,0001$). Les agneaux du traitement C ont eu un rendement carcasse supérieur aux agneaux des traitements F et A ($P < 0,0001$), puisqu'en pourcentage de leur poids vif, leur système digestif représentait un plus petit pourcentage et donc leur carcasse un plus haut pourcentage. Les agneaux du traitement C avaient aussi significativement plus de gras dorsal à l'abattage ($P < 0,0001$). La conformation des agneaux en fonction des traitements alimentaires ne semble pas différer, mais les agneaux du traitement C pourraient bénéficier d'une longe mieux développée ($P < 0,05$). Les agneaux du traitement P ont obtenu des indices de classification inférieurs aux autres traitements à cause de leur manque de gras dorsal ($P = 0,01$). Les agneaux des traitements C, F et A, logés en parc individuel, ont obtenu des pH ultimes supérieurs comparativement aux agneaux gardés en groupe au pâturage ($P < 0,05$). Cette différence a probablement été causée par le stress pré-abattage qu'a subi les agneaux des traitements C, F et A lorsqu'ils ont été mélangés pour le transport et l'attente à l'abattoir. Aucune différence majeure n'a été remarquée au niveau de la tendreté mécanique et sensorielle, ou de la jutosité de la viande. Toutefois, la flaveur typique d'agneaux a été plus prononcée dans la viande des agneaux du traitement C comparativement aux agneaux du traitement P ($P = 0,03$). Les agneaux alimentés à l'herbe (A et P) avaient une viande légèrement plus foncée ($P = 0,03$) et un gras plus jaune que les autres agneaux ($P < 0,0001$). L'analyse des rumens et de la composition chimique de la viande n'a révélé aucune différence majeure entre les traitements alimentaires. Le gras intramusculaire d'agneaux alimentés à l'herbe (A-P) avait un pourcentage de C18:2 *cis*-9, *trans*-11 ($P < 0,0001$) et de tous les acides gras

polyinsaturés de la famille des n-3 plus élevés ($P < 0,01$) que les agneaux alimentés avec des concentrés (C-F). La majorité des acides gras polyinsaturés de la famille des n-6 ne montraient aucune différence significative entre les traitements ($P > 0,05$). L'alimentation à l'herbe a permis de diminuer le ratio n-6/n-3 ($P < 0,0001$) de la viande. En terminant, le traitement (P) semble présenter un intérêt d'un point de vue économique par rapport aux traitements (C) et (F) avec une économie de 11,93 \$ et 6,84 \$ respectivement pour l'ensemble des coûts considérés dans la présente analyse.

Les collaborateurs pour ce projet sont :

- ✓ Joannie Jacques, agr., étudiante à la maîtrise à l'Université Laval
- ✓ Dany Cinq-Mars, agr., Ph.D., Professeur au département des sciences animales à l'Université Laval
- ✓ Robert Berthiaume, Ph.D., agr. Centre de recherche sur le bovin laitier et le porc à Sherbrooke, Agriculture et Agroalimentaire Canada
- ✓ Claude Gariépy, Ph.D., Centre de recherche et de développement sur les aliments, Agriculture et Agroalimentaire Canada
- ✓ Yvan Chouinard, Ph.D., Professeur au département des sciences animales à l'Université Laval
- ✓ Hélène Méthot, agr., M.Sc., Centre d'expertise en production ovine du Québec
- ✓ Sylvain Blanchette, gérant des installations de recherche, Centre d'expertise en production ovine du Québec
- ✓ Amina Baba-Khelil, Agroéconomiste, Chargée de projet, Fédération des producteurs d'agneaux et moutons du Québec
- ✓ Abattoir de Luceville inc.

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1 Problématique

Ce projet a été développé pour répondre à une priorité de recherche identifiée par le Comité Recherche et Santé du CEPOQ. Ce comité est composé de producteurs et intervenants du milieu ovin qui se questionnent au sujet de l'élevage des agneaux à l'engraissement. La production ovine est une production animale en plein développement et encore accessible pour le démarrage et le transfert à la relève. Il faut toutefois consolider, voire améliorer la rentabilité des entreprises ovines. Une avenue possible consiste entre autres en la réduction des charges, dont une forte proportion (près de 50 % des frais variables par agneau) est liée aux aliments (MAPAQ, 2004). En effet, l'alimentation « traditionnelle » des agneaux à l'engraissement est principalement composée de grains (environ 85-90 %), qui sont généralement des intrants achetés à l'extérieur de l'entreprise. De plus, le coût des grains a connu dans la dernière année une montée vertigineuse pour passer le cap des 250 \$/tonne dans le cas du maïs (TCN, semaine du 11 septembre 2008) et se maintenir à des niveaux avoisinant ce prix. Il est évident que la rentabilité des entreprises ovines peut être affectée par une telle situation. Par ailleurs, les charges financières et environnementales croissantes associées à l'utilisation des grains dans l'alimentation des ruminants (ex : intrants de culture, coût de transport vers la meunerie, manipulations diverses, coût de transport vers la ferme, etc.) incitent à revoir ces pratiques de régie alimentaire qui exploitent mal le potentiel de valorisation des fourrages par les petits ruminants.

2.2 Objectifs généraux

Fournir à l'industrie ovine québécoise des alternatives quant au mode de production d'agneaux lourds répondant aux exigences du marché.

Évaluer la pertinence d'une alimentation à forte proportion de fourrages pour les agneaux à l'engraissement.

2.3 Objectifs spécifiques

1. Vérifier les impacts d'une alimentation à forte proportion de fourrages (en bergerie et au pâturage) sur :
 - les performances des agneaux à l'engraissement
 - la qualité de la carcasse
 - la qualité de la viande
 - le profil en acide gras de la viande
 - la santé ruminale des agneaux à l'engraissement
 - les frais d'élevage de l'agneau lourd
2. Valoriser les ressources fourragères des différentes régions québécoises
3. Fournir de nouvelles approches visant l'amélioration des performances des troupeaux ovins québécois

2.4 Méthodologie

2.4.1 Animaux

Pour la réalisation du projet, 40 agneaux mâles de race Dorset ont été répartis aléatoirement, en fonction du poids au sevrage et de l'EPD 100 jours direct, à l'intérieur de quatre traitements alimentaires différents :

- (C) Conventionnel - Témoin : concentrés et fourrages secs à volonté
- (F) Fourrage : ration composée de 60 % de fourrages secs et de 40 % de concentrés
- (A) Affouragement : herbe fraîche à volonté servie deux fois par jour
- (P) Pâturage : parcelles de pâturage en gestion intensive (rotation 24 h)

Le foin servi était haché pour obtenir des brins de 10 à 15 cm limitant ainsi le gaspillage. Les quantités offertes ainsi que les refus ont été pesés sur une base quotidienne, entre le sevrage et l'abattage. Ainsi, la consommation volontaire de matière sèche (CVMS) et la conversion alimentaire ont pu être déterminées pour les traitements C, F et A. Pour les agneaux au pâturage, la mesure de CVMS et la conversion alimentaire ont été obtenues grâce à des récoltes de fèces et à la détermination de la digestibilité de la ration. Les animaux des quatre traitements avaient accès à un bloc de sel iodé et de l'eau fraîche en tout temps. Les agneaux des traitements C, F et A étaient logés en parc individuel à l'intérieur, alors que les agneaux du traitement P étaient gardés en groupe dans une parcelle de pâturage extérieure.

Conventionnel (C)

Les agneaux soumis à ce traitement recevaient un fourrage de deuxième coupe (PB = 15,4 %, $EM_{\text{estimé}} = 2,06$ Mcal/kg, ADF = 36,7 %, MS = 85 %) ainsi qu'une préparation commerciale de moulée en comprimés (PB = 18,9 %, EM = 2,96 Mcal/kg, FB = 7,1 %, ADF = 9,1 %, NDF = 26,8 %, MS = 90 %) le tout à volonté.

Fourrage (F)

Les agneaux de ce traitement recevaient les mêmes aliments que ceux du traitement conventionnel, mais dans les proportions suivantes : 60 % foin et 40 % moulée. La quantité de moulée à offrir était calculée quotidiennement en fonction de la consommation de fourrage qu'avait ingéré chaque agneau la journée précédente.

Affouragement (A)

Les agneaux recevaient de l'herbe fraîche à volonté. Cet affouragement en vert était servi deux fois par jour. L'herbe provenait de champs de composition identique à ceux dans lesquels pâturaient les agneaux du traitement P. La CVMS calculée pour le groupe d'agneaux de ce traitement a permis de valider la CVMS obtenue par les calculs de digestibilité.

Pâturage (P)

Les animaux soumis à ce traitement ont été gardés à l'extérieur, au pâturage, en tout temps. La grandeur des parcelles a été continuellement ajustée selon la croissance des agneaux, afin de subvenir à leur besoin (herbe à volonté), tout en minimisant le gaspillage. Tous les agneaux du traitement P étaient gardés dans la même parcelle pour une période de 24 heures après quoi ils étaient dirigés vers une autre parcelle. À l'entrée des animaux dans la parcelle, l'herbe avait une hauteur entre 15 et 25 cm et entre 5 et 8 cm à la sortie.

2.4.2. Croissance

Les mesures de croissance des agneaux ont eu lieu du sevrage (24 ± 3 kg) à l'abattage (47 ± 1 kg). Tous les agneaux ont été pesés une fois par semaine (même jour et même heure). Des mesures de tour de

poitrine et d'état de chair ont aussi été prises toutes les semaines. Des mesures aux ultrasons pour l'œil de longe et l'épaisseur de gras dorsal, de même que des prélèvements sanguins, ont été prises quant à elles toutes les deux semaines.

2.4.3. Abattage

Les abattages se sont déroulés sur une période de 10 semaines, puisque les agneaux étaient abattus lorsqu'ils atteignaient le poids cible de 47 kg et que le gain moyen quotidien (GMQ) variait entre les traitements alimentaires. Les agneaux ont été transportés à l'abattoir par un transporteur, selon les conventions du CEPOQ. Lors de l'abattage, les agneaux étaient à jeun depuis 24 heures. Les abattages ont eu lieu dans un abattoir commercial situé à Sainte-Luce (Abattoir Luceville inc.). Après avoir été insensibilisés à l'aide d'un courant électrique, les agneaux étaient saignés. Par la suite, le système digestif et la carcasse chaude de chaque agneau étaient pesés. Les carcasses étaient ensuite transférées dans une chambre froide à 4°C. La découpe des carcasses avait lieu 24 heures post-abattage. Chacune des carcasses a été classifiée selon la méthode d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (1992) par le classificateur de la Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec. Le muscle *longissimus dorsi* de chaque agneau a été récupéré, séparé en quatre morceaux (carré droit, carré gauche, longue droite, longue gauche), identifié, mis sous vide, puis congelé (-20°C) suite à un temps de maturation de 6 jours.

2.4.4. Analyse de laboratoire

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 et au Département des sciences animales de l'Université Laval à Québec.

2.4.4.1. Qualité de viande

pH ultime, couleur (viande, gras) et perte en eau

Le pH ultime et la couleur de la viande ont été déterminés 48 h après l'abattage. Une tranche de viande d'environ 1 cm d'épaisseur a été coupée du carré gauche pour exposer une partie du muscle à l'air. Après 30 minutes d'oxygénation les paramètres L*, a* et b* ont été déterminés sur la couche de viande oxygénée, et sur le gras sous-cutané, avec un colorimètre (Chroma meter CR-300 et Data processor DP-301, Minolta Co., Ltd., Japon). Les tranches précédemment découpées ont servies à déterminer la perte en eau. Elles ont été pesées, accrochées à un hameçon, suspendues dans un bac hermétique et conservées pendant 48 h à 4°C. Après cette période, les tranches ont été pesées de nouveau pour déterminer, par différence de poids, la perte en eau.

Perte à la cuisson et force de cisaillement

La perte à la cuisson et la force de cisaillement ont été mesurées au cours de la même manipulation. Les pièces de viande ont été décongelées dans une chambre à 2°C pendant 48 h. Ensuite, les pièces ont été découpées afin d'isoler le muscle *longissimus dorsi* de la longue gauche. Les morceaux de viande ainsi obtenues ont été pesés, emballés individuellement sous vide et cuits à l'autoclave (Autoclave Pilot Rotor 900, Herman Stock Maschinenfabrik GmbH, Neumunster, Allemagne). La cuisson a été arrêtée à une température interne de $68 \pm 2^\circ\text{C}$. La viande a ensuite été entreposée à 4°C environ 18 heures, pour ensuite être placée à la température pièce (environ 2 h) avant d'être pesée de nouveau. La perte à la cuisson a été obtenue par différence de poids, exprimé en pourcentage. Par la suite, le test de force de cisaillement a été effectué sur chaque pièce de viande. Pour ce faire, les longes ont été découpées parallèlement aux fibres musculaires de manière à obtenir des bâtonnets de 1 cm². Ces bâtonnets ont ensuite été placés un à un sur un texturomètre (TA-XT2i Texture Analyser, Stable micro System, Godalming, Surrey, Royaume-Uni) afin d'être découpés perpendiculairement aux fibres musculaires par la géométrie Warner-Bratzler. Finalement, le programme Texture Exponent 32 (Stable micro System, Godalming, Surrey, Royaume-Uni) a permis de mesurer la force nécessaire au cisaillement de la viande en kilogramme.

Indice de fragmentation myofibrillaire (IFM)

L'indice de fragmentation myofibrillaire a été obtenu à partir de 5 g de viande, issu du carré gauche, homogénéisés dans 20 ml d'une solution tampon (KH_2PO_4 7 mM, K_2HPO_4 18 mM, KCl 0,1 M, EDTA 1 mM et NaN_3 1 mM) pendant 1 minute à vitesse maximale (Polytron PT 3100, Kinematica, Luzernerstrasse, Lucerne, Suisse). La densité optique de l'échantillon a ensuite été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (Varian Cary 50, Varian Instruments, Walnut Creek, CA, É.U.) sous une longueur d'onde de 540 nm. Par la suite, la concentration en protéine a été obtenue par la méthode Bradford (1976) en utilisant le même spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. L'équation suivante a été utilisée afin de calculer la valeur arbitraire de l'IFM :

$$IFM = \frac{DO_{540nm} \times 150 \times 0.5}{[protéine]}$$

Où DO : densité optique

Longueur des sarcomères

La longueur des sarcomères a été déterminée à partir de 5 g de viande, issu du carré gauche, qui ont été homogénéisés dans 50 ml d'une solution de sucrose (0,2 M) pendant 25 secondes à vitesse maximale (Polytron PT 3100, Kinematica, Luzernerstrasse, Lucerne, Suisse). Une goutte de ce mélange a ensuite été déposée sur une lame et recouverte d'une lamelle. À l'aide d'un microscope à contraste de phase (Nikon Eclipse E400, Nikon Canada instruments Inc., Mississauga, ON, Canada) muni d'une caméra digitale (modèle 3.2.0, Diagnostic Instruments inc., Sterling Heights, MI, É.U.) sous un objectif de 100X, les myofibrilles ont été photographiées. Par la suite, la distance moyenne entre les sarcomères a été mesurée à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image (Image Pro Plus, version 4.5 de Media Cybernetics, Inc. Bethesda, MS. USA.).

Composition en eau, gras, protéine

Les mesures de composition ont été effectuées sur la viande lyophilisée (carré gauche). La composition en eau a été déterminée par différence de poids entre d'un morceau de viande fraîche avant et après lyophilisation. La teneur en gras a été déterminée avec un appareil Leco TFE-2000 (Leco, St. Joseph, MI, USA) qui extrait les gras par fluide supercritique (CO_2). La teneur en protéine a été obtenue par combustion de l'échantillon de viande avec un appareil Leco FP-428 (Leco, St. Joseph, MI, USA) selon la méthode AOAC 992.15 où la quantité de nitrogène produite par combustion sous atmosphère d'oxygène a été convertie en teneur en protéine en multipliant par un facteur de 6,25.

Collagène total et soluble

La teneur en collagène soluble a été déterminée selon la méthode de Hill (1966) sur de la viande lyophilisée (carré gauche). Pour ce faire, 1,5 g de viande lyophilisée a été placé dans un tube et chauffés pendant 65 minutes à 77°C. Le jus de cuisson a été recueilli après avoir été filtré, puis centrifugé 10 minutes à 3000 RPM. Le surnageant a ensuite été récupéré et utilisé pour le dosage du collagène soluble. Le collagène total a aussi été déterminé à partir de 1,5 g de viande lyophilisée. Le collagène contenu dans la viande a été hydrolysé grâce à une solution d'acide sulfurique (7N) chauffée à 105°C pendant toute une nuit. Le lendemain matin, la solution a été filtrée et diluée (1/10). Afin de déterminer la teneur en collagène soluble et total, c'est la concentration en hydroxyproline (acide aminé présent dans le collagène) qui a été dosée. L'hydroxyproline a été oxydée en un composé jaune dont l'intensité de la coloration a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (Varian Cary 50, Varian Instruments, Walnut Creek, CA, É.U.) à une longueur d'onde de 558 nm, selon la méthode de Kolark (1990). La quantité d'hydroxyproline a ensuite été obtenue avec une courbe standard, puis multipliée par un facteur 7,5 pour obtenir la quantité de collagène soluble et totale.

Analyse sensorielle (tendreté, jutosité, flaveur)

Un test descriptif de type profil sensoriel a été réalisé afin de vérifier si les différents traitements alimentaires avaient une influence sur la qualité organoleptique de la viande d'agneau. Trois attributs ont été évalués par les juges soient la tendreté, la jutosité et la flaveur d'agneau. Pour ce faire, les longes

(droites) ont été décongelées à 4°C pendant 24 heures. Le matin de chaque test, les longes étaient parées et emballées individuellement dans un sac à cuisson (Marque Lock de dimension petit) perforé. La viande a été cuite par rôtissage au four (Fischer *Aerotech* de Fischer&Paykel). Avant la mise au four (350°F à *Aerobake*), une sonde thermique était insérée à l'horizontale au centre de chaque longe, afin de suivre la température de chaque pièce de viande tout au long de la cuisson. Un cinquième lecteur avec un thermocouple rigide et long a permis de vérifier la température au cœur de la viande (température visée de 70°C) avant de sortir définitivement la viande du four. À la sortie du four, les échantillons étaient placés dans une étuve à 60°C, environ 5 minutes, le temps de procéder à la découpe. Ce temps de repos à l'étude a permis d'éviter une trop grande perte de jus lors du tranchage. Des tranches de 1,5 cm ont été coupées et placées dans des pots de verre codés et maintenus à l'étuve à 60°C jusqu'au moment de les servir aux juges. Les caractéristiques de la flaveur et la jutosité ont été évaluées à l'aide d'une échelle structurée de 0 (absente) à 7 (extrême) alors que la tendreté a été évaluée sur une échelle de 1 (très dure) à 8 (très tendre). Les juges ont préalablement été entraînés afin de bien maîtriser les échelles d'évaluations.

Profil en acide gras

L'extraction des acides gras a été réalisée grâce à la méthode de Folch et al. (1957) modifiée pour les viandes. Pour ce faire, 7 g de viande fraîche hachée ont été homogénéisés avec 100 ml de méthanol, 100 ml de chloroforme et un standard de C : 19 de concentration connue. La solution a ensuite été filtrée, puis le filtrat a été placé dans une ampoule à décanter avec 70 ml de NaCl (0,1M) pour toute la nuit. Le lendemain matin la phase organique (celle du bas) a été recueillie, les solvants ont été évaporés et le gras retenu pour la méthylation. Pour cette étape 75 µl de gras ont été mélangés à 1 ml d'hexane et 100 µl de NaMeOH, puis placé dans un bain-marie (65°C) pendant 6 minutes. Finalement, 100 mg de silica-gel a été ajouté à cette solution une fois revenue à température pièce, puis le surnageant a été récupéré et filtré à 0,45 micron. Le liquide ainsi obtenu a été analysé par chromatographie gazeuse et ionisation à la flamme à l'aide d'un chromatographe équipé avec une colonne capillaire (100-m CP-Sil 88) selon la méthode de Faucitano et al. (2008).

2.4.4.2. Autres analyses

Paramètres ruminiaux

Le rumen de chaque agneau a été vidé, nettoyé et pesé à l'abattoir, puis il a été congelé pour des analyses subséquentes. Six mois plus tard, les rumens ont été décongelés à 4°C (48 h). Le rumen de chaque agneau a été minutieusement inspecté au cas où il y aurait eu des abcès ou autres anomalies. Chaque rumen a été dissecté en quatre parties distinctes selon la technique de McGavin et Morrill (1976) soit, le sac craniale dorsal (CrD), le sac craniale ventral (CrV), le sac caudal dorsal (CaD) et le sac caudal ventral (CaV). La séparation du rumen en ses quatre parties est présentée à la figure 1. Par la suite, chacune des parties (CrD, CrV, CaD, CaV) a été séparée par deux diagonales afin de localiser le centre de chaque partie où un échantillon de 1 cm² a été pris. Le dénombrement des papilles par cm² a été réalisé à l'aide d'un binoculaire pour chaque zone d'échantillonnage (4 zones par rumen). Afin de déterminer la longueur et la largeur des papilles, 5 papilles par cm² ont été prélevées, soit une dans chaque coin et une au centre. La longueur et la largeur ont été mesurées avec un pied à coulisse électronique numérique avec une précision en centième de millimètre.

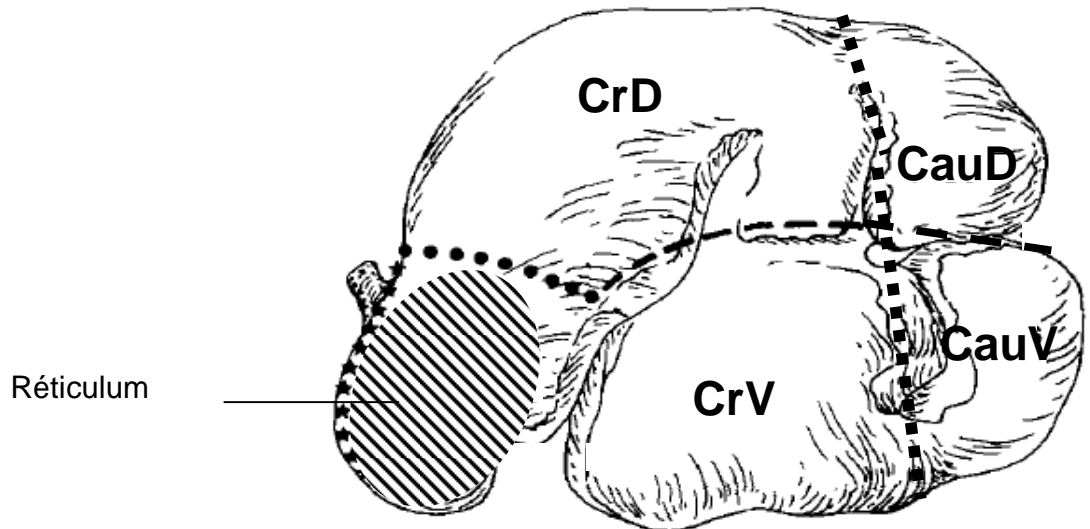


Figure 1 : Dissection du rumen pour l'analyse des papilles selon McGavin et Morrill, (1976)

Détermination de la consommation au pâturage

La consommation d'herbe a été déterminée de façon individuelle au pâturage (P) grâce à la détermination de la digestibilité de l'herbe et aux récoltes de fèces. La digestibilité de l'herbe a pu être obtenue grâce au traitement affouragement (A), puisque les agneaux de ce traitement mangeaient une quantité connue de la même herbe que les agneaux du traitement P. Au cours des périodes de récolte de fèces, les agneaux des deux traitements avaient tous des couches. Ainsi, puisque la quantité d'herbe ingérée et la quantité de fèces produite étaient connus pour le traitement A, il a été possible de calculer la digestibilité de la matière sèche de cette herbe avec la formule suivante :

$$\text{Digestibilité MS (\%)} = \frac{\text{Quantité MS ingérée} - \text{Quantité MS excrétée}}{\text{Quantité MS ingérée}}$$

Où *MS* : matière sèche
Ingérée : MS dans l'herbe
Excrétée : MS dans les fèces

Lorsque la digestibilité de la MS de l'herbe a été obtenue, il a été possible, puisque la quantité de fèces excrétée par agneau au pâturage était connue, de déterminer la quantité d'herbe individuellement ingérée par les agneaux du traitement P en utilisant la même formule présentée ci-haut.

2.5 Sommaire des données compilées

- ✓ En bergerie : Poids des agneaux hebdomadairement
- Aliments consommés
- Gain moyen quotidien
- Conversion alimentaire (kg aliment consommé / kg de poids vif développé)
- Épaisseur de l'œil de longe et du gras dorsal
- Composition des aliments offerts

- ✓ À l'abattoir : Poids de la carcasse chaude
Rendement carcasse
Classification de la carcasse
Poids du système digestif
- ✓ Au laboratoire : Force de cisaillement (mesure de tendreté)
Perte en eau
Pertes à la cuisson
pH de la viande
Coloration de la viande et du gras
Composition en eau, gras, protéines et collagène (total et soluble)
Profil en acides gras de la viande
Urée sanguine
État de la muqueuse ruminale (dénombrement des papilles, abcès, etc.)
Poids du rumen
Détermination de la consommation au pâturage via l'indigestibilité (féces-alimentation)
- ✓ Panel de dégustation : Tendreté
Jutosité
Flaveur

2.6 Analyses statistiques

Les analyses statistiques de la variance ont été effectuées avec la procédure MIXED de SAS avec le logiciel SAS (SAS Institute, 2002). Les variables dépendantes ont été étudiées en fonction des traitements alimentaires offerts entre le sevrage et l'abattage. La comparaison multiple des moyennes a été effectuée en utilisant l'énoncé LSMEANS. L'ajustement de Tuckey-Kramer ou de Bonferroni a été utilisé afin de permettre toutes les comparaisons deux à deux entre les traitements avec l'énoncé PDIFF de SAS. Les statistiques descriptives ont été obtenues à l'aide de la procédure MEANS de SAS. Le seuil de signification a été fixé à $P < 0,05$. Toutes les différences de $P > 0,05$ sont donc considérées comme étant non significatives. Les valeurs de $P < 0,10$ seront discutées comme étant des tendances.

3. ÉTAPES ET ÉCHÉANCES

activités	Date prévue	Date réelle ou prévue (gras)	Finalité
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revue de littérature sur les différents sujets abordés par le projet 	Novembre 2007 à Mars 2008	Novembre 2007 à décembre 2008	Cueillette de l'information pertinente pour la réalisation du protocole et l'interprétation des résultats
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Synchronisation des brebis ✓ Saillies, suivi de gestation et mise-bas ✓ Suivi de lactation et sevrage 	Octobre 2007 à Juin 2008	Septembre 2007 à avril 2008	Production des agneaux qui seront soumis aux traitements expérimentaux
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Préparation des installations de recherche ✓ Sélection et formation des groupes expérimentaux ✓ Disposition des animaux dans les installations de recherche 	Juin 2008	Mai 2008	Répartition des animaux et début des traitements expérimentaux
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesée des animaux et des aliments ✓ Mesures ultrasons ✓ Récupération des fèces ✓ Échantillonnage des aliments 	Juin 2008 à Septembre 2008	Mai 2008 à Septembre 2008	Traitements et prise de mesures
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Abattage ✓ Mesures et prélèvements à l'abattoir 	Septembre 2008	Juillet 2008 à Septembre 2008	Abattage et prélèvement de la viande
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analyses de laboratoire (caractérisation de la viande et analyse des paramètres alimentaires (fèces-aliments)) 	Septembre 2008 à Mai 2009	Octobre 2009 à avril 2010.	Évaluation de la qualité de la viande Évaluation du profil alimentaire
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analyses de laboratoire (Évaluation des paramètres ruminiaux et sanguins) 	Septembre 2008 à Mai 2009	Octobre 2009 à mars 2010.	Évaluation des paramètres ruminiaux et sanguins
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analyses économiques 	Mai 2009 à Août 2009	Mai-juin 2010.	Évaluation de l'impact économique des différents systèmes d'élevage sur le coût d'élevage
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compilation des données ✓ Analyses statistiques ✓ Rédaction et remise du rapport 	Mai 2009 à Décembre 2009	Mai 2009 à juillet 2010	Analyse des résultats et production du rapport de recherche
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Rédaction des articles scientifiques ✓ Rédaction des articles de vulgarisation ✓ Préparation et présentation de conférences 	Novembre 2009 à décembre 2009	Novembre 2009 à Juillet 2010	Diffusion des résultats

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 Performance de croissance

Comme on peut le voir au Tableau 1, le poids vif initial et le poids vif à l'abattage étaient semblables pour les agneaux des quatre traitements. Il y a cependant eu une différence significative au niveau de la vitesse de croissance des agneaux en fonction de leur traitement alimentaire. Cette différence s'est traduite autant au niveau de l'âge à l'abattage qu'au niveau gain moyen quotidien (GMQ) ($P < 0,0001$). Les agneaux qui recevaient des rations contenant 60 % de foin et 40 % de concentrés ont obtenu des performances intermédiaires comparativement aux agneaux alimentés à l'herbe ou alimentés avec des concentrés à volonté. En effet, les agneaux du traitement F ont effectué des gains supérieurs aux agneaux des traitements A et P, mais inférieurs à ceux des agneaux du traitement C. De plus, pour atteindre le poids d'abattage ciblé, il a fallu aux agneaux du traitement F environ 20 jours de moins que les agneaux des traitements A et P, mais 20 jours de plus que les agneaux du traitement C. Dans cette expérience, les gains obtenus par les agneaux élevés au pâturage sont particulièrement élevés lorsqu'ils sont comparés avec les gains obtenus par les agneaux au pâturage dans des études similaires (Aurousseau et al., 2007; Borton et al., 2005a; Zervas et al., 1999; McClure et al., 1995; McClure et al., 1994; Murphy et al., 1994; Ely et al., 1979). Toutefois, dans une étude réalisée par Turner et al. (2002) où des agneaux croisés Hampshire X Targhee avec un bon potentiel de croissance ($\text{GMQ}_{\text{concentrés}} = 408 \text{ g/jr}$) ont été utilisés, de même qu'une régie de pâturage intensive, les gains obtenus au pâturage ont été comparables ($\text{GMQ}_{\text{pâturage}} = 278 \text{ g/jr}$) à ceux présentés au Tableau 1 ($\text{GMQ}_{\text{pâturage}} = 295 \text{ g/jr}$).

On peut aussi voir dans le Tableau 1 qu'il n'y a aucune différence significative entre le GMQ et l'âge à l'abattage des agneaux alimentés à l'herbe (A et P). Cette information indique que les conditions ambiantes extérieures (température, insectes, intempéries, etc.) et l'exercice ne semblent pas affecter le gain des agneaux. Le GMQ inférieur des agneaux des traitements A et P, comparativement à ceux des traitements C et F, serait donc directement lié à l'alimentation. En effet, l'herbe consommée par les agneaux, bien qu'elle ait été d'une bonne valeur nutritive, n'a probablement pas permis l'ingestion d'autant d'énergie que ceux ayant reçu des concentrés.

Tableau 1 : Performance de croissance des agneaux selon les différents traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
Poids initial (kg)	23,6	23,7	23,6	23,6	0,81	NS ²
Poids final (kg)	47,2	46,9	47	47,1	0,30	NS ²
GMQ (g/jr)	449 ^c	347 ^b	267 ^a	295 ^a	0,01	< 0,0001
Âge à l'abattage (jr)	105 ^a	122 ^b	146 ^c	145 ^c	3,01	< 0,0001

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

¹ : C=Conventionnel, F=60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

² : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

La consommation volontaire de matière sèche (CVMS) a été précisément mesurée pour les agneaux élevés en bergerie (traitements C, F et A), puisqu'ils séjournaient en logettes individuelles. La CVMS des agneaux au pâturage a quant à elle pu être calculée grâce à la récolte des fèces de ces mêmes agneaux. Les résultats présentés au Tableau 2 correspondent donc à la période durant laquelle les fèces étaient récoltées, soit lorsque les agneaux avaient entre 35 et 40 kg. À des fins de comparaison, les performances des agneaux des autres traitements ont aussi été prises spécifiquement entre 35 et 40 kg de poids vifs. On peut voir au Tableau 2 qu'il n'y a aucune différence significative entre les performances de GMQ, de CVMS ou de conversion alimentaire pour les agneaux alimentés à l'herbe (A vs P). On peut aussi voir dans ce même tableau que les agneaux recevant des concentrés à volonté ont obtenu un GMQ supérieur et une conversion alimentaire inférieure aux autres traitements ($P < 0,0001$). Ils avaient donc une meilleure efficacité alimentaire, c'est-à-dire qu'ils faisaient plus de gain avec moins de nourriture, ce qui est tout à fait logique puisque leur alimentation contenait plus d'énergie

comparativement aux rations à base de fourrages. Les agneaux qui consommaient 60 % de foin et 40 % de concentrés (F) ont obtenu des performances de croissance et de conversion alimentaire intermédiaires, entre les agneaux alimentés avec des concentrés à volonté (C) et ceux alimentés à l'herbe uniquement (A et P).

Tableau 2 : Consommation volontaire de matière sèche et performance alimentaire des agneaux entre 35 et 40 kg de poids vif en fonction des différents traitements

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
GMQ (g/jr)	486 ^c	397 ^b	315 ^a	353 ^{ab}	15,21	< 0,0001
CVMS (g/jr)	1548 ^a	1655 ^{ab}	1805 ^b	1775 ^{ab}	66,57	0,03
Conversion alimentaire	3,2 ^a	4,2 ^b	5,8 ^c	5,1 ^{bc}	0,27	< 0,0001

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements
 1 : C=Conventionnel, F=60% foin et 40% concentrés, A=Afouragement, P=Pâturage

Les résultats présentés au Tableau 3 montrent l'évolution de certains paramètres de croissance des agneaux pour la durée de la période d'engraissement, soit à 23, 33 et 43 kg de poids vif. La prise de données correspondant à 23 kg de poids vif a été réalisée après la phase d'adaptation (7 jours). Ainsi, les différences obtenues pour le tour de poitrine et l'épaisseur de gras dorsal entre les agneaux du traitement conventionnel (C) et ceux du traitement pâturage (P) ont été causés par la période d'adaptation. En effet, cette période a été particulièrement difficile pour les agneaux au pâturage. La majorité de ceux-ci ont d'ailleurs perdu du poids durant les sept premiers jours passés à l'extérieur (GMQ_{moyen} = -141 g/jr), tandis que les agneaux du traitement C, qui eux recevaient la même alimentation qu'avant le sevrage, ont eu d'excellentes performances de croissance pour ces sept jours d'adaptation (GMQ_{moyen} = 536 g/jr).

On peut aussi constater au Tableau 3 que vers la fin de l'engraissement (43 kg), l'état de chair et le gras dorsal des agneaux nourris avec des concentrés à volonté étaient supérieurs comparativement aux autres traitements (F, A et P) ($P < 0,0001$). Plusieurs publications confirment d'ailleurs que les agneaux alimentés avec des concentrés à volonté sont plus gras au moment de l'abattage (Resconie et al., 2009; Archimède et al., 2008; Joy et al., 2008b; Borton et al., 2005b; McClure et al., 1995; McClure et al., 1994; Murphy et al., 1994). À 33 kg, l'épaisseur d'œil de longe (*longissimus dorsi*) des agneaux du traitement C était supérieur comparativement aux agneaux des trois autres traitements ($P = 0,0004$). À 43 kg, l'épaisseur d'œil de longe des agneaux du traitement C était supérieure seulement par rapport aux agneaux du traitement A ($P = 0,04$), mais avait tendance ($P < 0,10$) à être supérieur comparativement aux agneaux des deux autres traitements (F et P). En résumé, les agneaux alimentés avec des concentrés à volonté, pour un même poids vif ont tendance à avoir des longes plus volumineuses que les agneaux alimentés avec des rations à base de fourrage, et ce, à partir d'environ 30 kg de poids vif. Ces résultats sont appuyés par d'autres études, dans lesquels les agneaux étaient abattus entre 40 et 50 kg et pour lesquelles des différences significatives étaient observées (Borton et al., 2005; McClure et al., 1995) ou à 25 kg et pour lesquelles aucune différence significative n'était observé (Nuremberg et al., 2008; Turner et al., 2002). Le tour de poitrine quant à lui a été supérieur à 43 kg pour les agneaux des traitements A et P comparativement aux agneaux des deux autres traitements (F et C) ($P = 0,009$). Cette différence peut être due à l'effet indirect de la ration sur l'âge à l'abattage. En effet, les agneaux des traitements A et P avaient de moins bons GMQ (Tableau 1), ainsi pour un même poids vif, ils étaient plus vieux que les agneaux des deux autres traitements. Le développement de leur cage thoracique était peut-être plus complet à 43 kg que celui d'agneaux plus jeunes. De plus, puisque le tour de poitrine a été pris par-dessus la laine et que les agneaux n'ont jamais été tondus, il est possible que la longueur de la laine des agneaux ayant été abattus plus vieux ait eu un effet grandissant sur la valeur numérique de leur tour de poitrine à un âge plus avancé.

Tableau 3 : Évolution de l'état de chair, du tour de poitrine, de l'épaisseur d'œil de longe et de l'épaisseur de gras dorsal au cours de la période d'engraissement des agneaux en fonction des différents traitements alimentaires

Poids vif (kg)	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
État de chaire ³						
23 ± 4	3,8	3,7	3,6	3,7	0,70	NS ²
33 ± 4	3,9 ^c	3,8 ^{bc}	3,7 ^{ab}	3,6 ^a	0,59	0,0003
43 ± 4	4,1 ^b	3,8 ^a	3,6 ^a	3,6 ^a	0,06	< 0,0001
Tour de poitrine (cm)						
23 ± 4	66 ^b	64 ^{ab}	64 ^{ab}	62 ^a	1,04	< 0,05
33 ± 4	69	69	71	70	0,60	NS ²
43 ± 4	76 ^a	78 ^{ab}	79 ^b	79 ^b	0,64	0,009
Épaisseur d'œil de longe (mm)						
23 ± 4	24,3	21,1	21,5	21,4	0,89	< 0,10
33 ± 4	26,5 ^b	23,6 ^a	22,6 ^a	23,5 ^a	0,61	0,0004
43 ± 4	28,9 ^b	27,0 ^{ab}	26,8 ^a	27,2 ^{ab}	0,55	0,04
Épaisseur de gras dorsal (mm)						
23 ± 4	2,9 ^b	2,2 ^a	2,4 ^{ab}	2,3 ^a	0,15	0,01
33 ± 4	3,7 ^b	2,6 ^a	2,6 ^a	2,3 ^a	0,22	0,0004
43 ± 4	5,1 ^b	3,2 ^a	3,3 ^a	2,5 ^a	0,25	< 0,0001

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F=60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Cote attribuée sur une échelle de 1 à 5 (1 étant très maigre et 5 très gras)

Cette expérience a démontré qu'il est possible d'élever des agneaux lourds de race Dorset au Québec avec des rations à fortes proportions fourragères, en bergerie ou au pâturage. Ces modifications de l'alimentation des agneaux à l'engraissement occasionnent toutefois une augmentation de la durée de la période d'engraissement (20 à 40 jours) qui est causée par une diminution de du GMQ des agneaux lorsque ceux-ci sont alimentés avec 60 % de foin (diminution de 102 g/jr) ou uniquement à l'herbe (diminution de 168 g/jr) comparativement aux agneaux alimentés aux concentrés à volonté.

4.2 Qualité de carcasse

Les résultats, présentés au Tableau 4, démontrent que pour un même poids vif d'abattage (Tableau 1), les agneaux alimentés avec 60 % de foin (F) avaient une carcasse plus légère que les agneaux qui consommaient de la moulée à volonté (C) ($P = 0,0007$) et un système digestif plus lourd ($P < 0,0001$). Par le passé, il a d'ailleurs aussi été démontré que le système digestif des animaux élevés avec une régie alimentaire fourragère représente une plus grande proportion (%) du poids vif total de l'animal (Fimbres et al., 2002; Priolo et al., 2002). Il est aussi intéressant de constater (Tableau 4) que le poids des carcasses des agneaux s'alimentant au pâturage (P) est plus élevé que celui des agneaux à l'affouragement (A) ($P = 0,0007$). Cette différence est probablement due au fait que les agneaux au pâturage ont une plus grande liberté de sélection lorsqu'ils s'alimentent, les agneaux étant très sélectifs autant au niveau des espèces broutées que de la partie de la plante (Animut et al., 2005; Ngwa et al., 2000; Chong et al., 1997). Ainsi, lorsque cela est possible, ils consomment les parties plus digestibles de la plante (feuilles) et délaissent les tiges (Molle et al., 2008). La qualité de fourrage ingéré pourrait donc être supérieure à la qualité de fourrage disponible. À l'affouragement, les agneaux n'ont pas le même loisir de choisir, car la plante est coupée à 5 cm du sol, puis offerte et consommée telle quelle. Les agneaux à l'affouragement ont donc probablement consommé plus de fibres (matière moins digestible), ce qui pourrait expliquer que leur système digestif compte pour une plus grande proportion de leur poids vif total au même titre que les agneaux recevant 60 % de foin. On peut aussi voir au Tableau 4 que les agneaux du traitement C ont un rendement carcasse supérieur aux agneaux des traitements F et A ($P < 0,0001$). Le rendement carcasse des agneaux du traitement P présentés au Tableau 4 est semblable à celui du traitement C, probablement due, comme mentionné précédemment, à la haute digestibilité de l'herbe consommée, vu la sélection importante des agneaux au pâturage, ayant favorisé un système digestif plus léger. Ce constat est d'ailleurs appuyé par Diaz et al., qui, en 2002, n'avaient obtenu aucune différence entre le poids du système digestif complet à l'abattage d'agneaux alimentés aux concentrés ou au pâturage.

L'épaisseur de gras dorsal, qui est un paramètre très important lors de la classification des carcasses, a été influencée par l'alimentation (Tableau 4; $P < 0,0001$). Les agneaux recevant de la moulée à volonté (C) ont eu plus de gras dorsal que ceux des autres traitements (F, A et P) pour lesquels aucune

différence significative n'a été observée. L'information disponible dans la littérature démontre sans équivoque qu'alimenter des agneaux avec des concentrés à volonté favorise un dépôt de gras sous-cutané supérieur (Resconie et al., 2009; Archimède et al., 2008; Joy et al., 2008b; Borton et al., 2005a; Diaz et al., 2002; Valesco et al., 2001; Fisher et al., 2000). Les résultats de conformation présentés au Tableau 4 reflètent les constats de Sanudo et al. (1998), c'est-à-dire qu'en ce qui a trait à la qualité de carcasse, l'alimentation a peu d'influence sur la conformation des agneaux. En effet, les cotes de classification accordées à l'épaule et au gigot ont été les mêmes, quel que soit le traitement alimentaire, mais une différence a été observée entre la cote de classification de la longe des agneaux recevant de la moulée à volonté (C) et de ceux nourris à l'affouragement (A) ($P = 0,02$). Cette différence confirme les résultats du Tableau 3, où à 43 kg de poids vif, les agneaux du traitement C avaient une épaisseur d'œil de longe significativement plus grande comparativement aux agneaux du traitement A. Cette différence à 43 kg a donc persisté jusqu'à l'abattage à 47 kg. Le paramètre le plus intéressant et le plus important du Tableau 4 est sans contredit l'indice de classification. Cet indice, qui détermine le prix payé aux producteurs par kilogramme de carcasse, a démontré des différences significatives entre les traitements. Ainsi, les agneaux qui ont été engraisés au pâturage ont obtenu des indices de classification inférieurs aux agneaux ayant reçu les autres traitements alimentaires ($P = 0,01$). En effet, 20 % des agneaux du traitement pâturage ont été « déclassés » parce qu'ils étaient trop maigres (épaisseur de gras dorsal < 4 mm).

Tableau 4 : Qualité et rendement de la carcasse des agneaux selon les différents traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur <i>P</i>
	C	F	A	P		
Poids carcasse (kg)	8,1 ^a	9,2 ^b	9,5 ^b	8,1 ^a	0,27	0,0007
Poids système digestif (kg)	21,2 ^b	19,5 ^{ac}	19,4 ^a	20,4 ^{bc}	0,27	< 0,0001
Poids rumen vide (g)	669 ^a	676 ^a	778 ^b	810 ^b	23,98	< 0,0001
Rendement carcasse ³ (%)	45,0 ^b	41,6 ^a	41,2 ^a	43,2 ^{ab}	0,57	< 0,0001
Gras dorsal (mm)	11,2 ^b	7,3 ^a	6,6 ^a	4,6 ^a	0,78	< 0,0001
Épaule ⁴	3,4	3,3	3,2	3,1	0,15	NS ²
Longe ⁴	3,8 ^b	3,6 ^{ab}	3,2 ^a	3,2 ^{ab}	0,15	0,02
Gigot ⁴	3,1	3,0	3,0	3,0	0,54	NS ²
Indice ⁵	102,4 ^b	102,5 ^b	102,4 ^b	98,6 ^a	0,97	0,01

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Rendement carcasse = Poids carcasse/Poids vif *100

4 : Valeur de conformation mesurée sur une échelle de 0 à 5 (0 étant très mauvaise et 5 étant excellente)

5 : Obtenu suite à la classification des carcasses à l'abattoir basé sur un indice global de 100

La valorisation des fourrages entraîne l'obtention de carcasses plus maigres et possiblement trop maigres dans le cas où les agneaux seraient engraisés uniquement à l'herbe, ce qui pourrait se traduire par des indices de classifications inférieurs selon le système mis en place au Québec (Grille de classification de l'agence de ventre de l'agneau lourd) et donc une diminution de revenu pour le producteur. La conformation des agneaux semble toutefois peu affectée par les traitements alimentaires.

4.3 Qualité de viande

En théorie, les agneaux alimentés avec des rations moins énergétiques (plus de foin ou uniquement de l'herbe) seraient plus susceptibles de produire des viandes avec un pH ultime élevé (Bray et al., 1989). En effet le manque de réserve énergétique (glycogène) dans leurs tissus causé par une ration pauvre en énergie en serait la cause. Toutefois, comme on peut le constater au Tableau 5, le pH ultime de la viande des agneaux alimentée au pâturage est inférieur comparativement aux autres traitements ($P < 0,05$). Dans la majorité des études réalisées sur le sujet, il n'y a aucune différence significative entre les traitements alimentaires (Joy et al., 2008a; Nuernberg et al., 2008; Diaz et al., 2002; Lowe et al., 2002) ou lorsqu'il y a une différence, le pH ultime dans la viande d'agneaux alimentés à l'herbe est significativement plus hauts comparativement aux agneaux alimentés aux concentrés (Resconi et al., 2009; Perlo et al., 2008). Toutefois, dans cette étude, la différence présentée au Tableau 5 n'a pas été

causée par la ration, mais serait plutôt une conséquence indirecte du logement sur le stress pré-abattage. En effet, les agneaux des traitements C, F et A étaient logés tout au long de l'expérience en parc individuel. Ils pouvaient se voir et se toucher à travers le grillage, mais aucune interaction physique n'était possible. Pour le transport et l'attente à l'abattoir les agneaux étaient groupés. Les agneaux gardés en parc individuel, puisqu'ils n'étaient pas habitués à cohabiter avec d'autres ovins, se sont probablement battus, excités, grimpés, etc. (rappelons que c'était des mâles non castrés). Ces interactions intenses avant l'abattage ont pu mené à l'utilisation, en partie, de leur réserve énergétique. Ce phénomène semble la cause la plus plausible de l'obtention de pH ultime plus élevé dans la viande d'agneaux provenant des traitements où les agneaux étaient logés en parc individuel (C, F et A). Ainsi, les agneaux au pâturage bien que leur réserve de glycogène ait probablement été inférieure comparativement aux agneaux alimentés avec des concentrés à volonté ont produit de la viande avec un pH ultime plus bas. En effet, ils ont peut-être eu moins de stress pré-abattage puisqu'ils étaient maintenus en groupe pour toute la durée de la période d'engraissement, ils étaient donc habitués à interagir. Le logement aurait donc eu une plus grande influence sur le pH de la viande que la ration. Pour ce qui est de la perte en eau et de la perte à la cuisson présentées au Tableau 5, il ne semble pas exister à notre connaissance d'explication en lien avec les rations pouvant expliquer les différences significatives obtenues.

La force de cisaillement, la longueur des sarcomères et l'indice de fragmentation myofibrillaire, qui indiquent respectivement la force nécessaire pour sectionner un cube de viande (1 cm²), le niveau de relâchement du muscle et l'intensité de l'activité protéolytique, sont tous des indicateurs de la tendreté de la viande. Aucune différence significative entre les traitements n'a été obtenue pour ces paramètres. Il est toutefois intéressant de soulever que les sarcomères mesurés sont relativement courts pour les quatre traitements alimentaires (Bond et Warner, 2007; Tschirhart-Hoelscher et al., 2006; Devine et al., 2002; Redmond et al., 2001), ce qui indique que la viande a subi un phénomène communément appelé le « Cold Shortening », causé par le refroidissement trop rapide des carcasses suite à l'abattage. Il est bien connu que ce phénomène a un effet négatif sur la tendreté de la viande (Devine et al., 2006; Savell et al., 2005; Devine et al., 2002; Sanudo et al., 1998). Le refroidissement trop rapide des carcasses a peut-être camouflé, s'il y en avait un, l'effet des traitements alimentaires sur la tendreté de la viande.

Tableau 5 : Paramètres liés à la qualité de la viande des muscles *longissimus dorsi* d'agneaux lourds élevés avec différents traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
pH ultime ³	5,81 ^b	5,80 ^b	5,80 ^b	5,64 ^a	0,05	< 0,05
Perte en eau (%)	2,57 ^a	4,09 ^b	2,73 ^a	2,54 ^a	0,36	0,01
Perte à la cuisson (%)	21,40 ^b	20,02 ^b	16,01 ^a	18,48 ^{ab}	1,06	0,004
Force de cisaillement (kg)	4,19	5,69	3,78	4,73	0,67	NS ²
Longueur des sarcomères (µm)	1,41	1,35	1,35	1,40	0,06	NS ²
IFM ⁴	123,60	121,28	120,60	128,60	4,18	NS ²

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Afouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : pH de la viande à 48 heures postabattages

4 : Indice de fragmentation myofibrillaire

Afin de déterminer si le consommateur était en mesure de déceler une différence au niveau de l'appréciation sensorielle de la viande d'agneaux élevés avec différents régimes alimentaires, un panel de juges entraînés a évalué trois aspects de la viande, soit sa tendreté, sa jutosité et sa flaveur. Les résultats présentés au Tableau 6 démontrent ce que Sanudo et al. (1998) avaient affirmé, à savoir que l'alimentation des agneaux a peu d'influence sur la tendreté et la jutosité de la viande et moyennement d'influence sur sa flaveur. On peut d'ailleurs constater que les traitements alimentaires n'ont eu aucune influence sur la jutosité de la viande et très peu d'influence sur la tendreté ($P < 0,10$). La plus grande différence au niveau de la tendreté, bien que non significative au seuil de 5 % ($P = 0,07$), a été observé entre le traitement A et P. Toutefois, puisqu'aucune différence de la force de cisaillement n'avait été obtenue entre les traitements (Tableau 5), cette tendance peut être considéré comme négligeable.

Finalement, les agneaux alimentés avec des concentrés à volonté ont eu une flaveur typique d'agneau plus prononcée que les agneaux alimentés au pâturage ($P = 0,03$). Contrairement à ces résultats, il est généralement accepté que les animaux alimentés au pâturage ont une flaveur plus prononcée (Borton et al., 2005a; Priolo et al., 2002; Priolo et al., 2001). Toutefois, chez l'agneau, certains acides gras à chaînes ramifiées tels que l'acide 4-méthyl-octanoïque et l'acide 4-méthyl-nonanoïque ferait partie des composés responsables de la flaveur typique de la viande ovine (Young et al., 1999 ; Monttram, 1998). Selon Young et al. (1997) des concentrations élevées de ces acides gras seraient associées avec une odeur « typique de mouton » plus prononcée. Ces composés seraient principalement accumulés lorsque le régime des agneaux est pauvre en fibre et riche en hydrate de carbone (Van Soest, 1994, cité par Coulon et Priolo, 2002), puisqu'ils dérivent du propionate (acide gras volatil principalement produit par la fermentation des grains dans le rumen). Cela pourrait expliquer que la viande d'agneaux alimentés avec des concentrés à volonté, comme c'est le cas des résultats présentés au Tableau 6, aurait une flaveur « typique d'agneau » plus prononcée.

Tableau 6 : Appréciation sensorielle des *longissimus dorsi* provenant de carcasses d'agneaux soumis aux différents traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
Tendreté ³	5,63	5,00	5,70	4,87	0,42	< 0,10
Jutosité ⁴	2,64	2,80	2,86	2,61	0,37	NS ²
Flaveur ⁴	4,52 ^b	4,34 ^{ab}	4,17 ^{ab}	4,08 ^a	0,52	0,03

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Paramètre évalué sur une échelle de 1 à 8 (1 étant très ferme et 8 étant très tendre)

4 : Paramètre évalué sur une échelle de 0 à 7 (0 étant absente et 7 étant extrême)

La couleur de la viande et du gras a été évaluée en fonction des paramètres L^* , a^* et b^* . L^* représente la luminosité (100 = toute la lumière est réfléchiée, 0 = toute la lumière est absorbée). Plus la valeur de la luminosité est petite, plus la viande est foncée. Les paramètres a^* (rouge positif, vert négatif) et b^* (jaune positif, bleu négatif) servent à définir la couleur. L'information disponible dans la littérature concernant la couleur de la viande est très variable. Parfois la viande d'agneaux élevés à l'herbe est plus foncée que celle d'agneaux élevés avec des concentrés (Priolo et al., 2002), parfois cela dépend du muscle (dorsaux vs abdominaux) (Diaz et al., 2002) et parfois aucune différence n'est observée (Luciano et al., 2009). Au Tableau 7, on peut voir que dans l'expérience actuelle les traitements alimentaires ont eu un effet sur la luminosité de la viande ($P = 0,03$). La viande provenant des agneaux alimentés à l'herbe (A et P) a tendance ($P = 0,08$ et $P = 0,06$ respectivement) à être plus foncée comparativement à la viande des agneaux du traitement C. Cette différence pourrait s'expliquer par un effet indirect de l'alimentation sur la couleur de la viande via l'âge de l'animal à l'abattage, puisque la teneur du muscle en myoglobine augmente avec l'âge, ce qui influence la pigmentation de la viande (Coulon et Priolo, 2002). En conséquence, pour un même poids d'abattage, les agneaux élevés au pâturage ou à l'affouragement étaient plus âgés (Tableau 1), à cause de leur GMQ inférieur, ce qui a pu causer une viande plus foncée. On peut aussi voir au Tableau 7 que le gras sous-cutané des agneaux du traitement C est plus lumineux que celui des trois autres traitements (F, A et P) ($P = 0,0005$). Le paramètre b^* qui représente le jaune positif a été supérieur pour les agneaux consommant de l'herbe (A et P), ce qui indique que le gras de ces agneaux est plus jaune que celui des agneaux consommant des concentrés (C et F) ($P < 0,0001$). L'information disponible dans la littérature concernant l'effet de l'alimentation à l'herbe sur la couleur du gras est en accord avec ces résultats (Joy et al., 2008a; Priolo et al., 2002; Diaz et al., 2002). L'herbe fraîche étant riche en caroténoïde, ce pigment qui se dépose dans le gras sous-cutané des animaux élevés au pâturage est responsable de la coloration jaune. Bien que le gras des carcasses d'agneaux alimentés à l'herbe soit plus jaune, cela ne semble pas problématique. En effet, la valeur numérique maximale obtenue avec le traitement A ($b^* = 14$) est de loin inférieure à la valeur à laquelle les carcasses d'agneau étaient déclassées dues à un gras trop jaune ($b^* > 25$) dans une étude réalisée par Prache et al. (1990) sur les défauts du gras ovine.

Tableau 7 : Couleur du muscle *longissimus dorsi* et du gras sous-cutané provenant d'agneaux élevés avec différents traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
Viande						
L*	41,28	40,37	38,36	38,14	0,88	< 0,10
a	11,52	11,34	11,26	12,12	0,50	NS ²
b	5,26	5,35	5,13	5,53	0,34	NS ²
Gras						
L*	74,51 ^a	77,22 ^b	77,89 ^b	77,44 ^b	0,69	0,005
a	2,13	2,03	1,75	1,88	0,35	NS ²
b	9,02 ^a	10,81 ^{ab}	14,40 ^c	13,56 ^{bc}	0,78	< 0,0001

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

La composition chimique de la viande, présentée au tableau 8, a été peu influencée par les traitements alimentaires. En effet, le seul paramètre qui semble varier est la teneur en eau. Une différence a été observée entre les agneaux des traitements F et P ($P = 0,02$). Néanmoins, cette différence est minime ($< 1\%$) et les valeurs obtenues sont comparables à celles retrouvées dans la littérature (Bond et Warner, 2007; Rowe et al., 1999; Murphy et al., 1994). Toutefois, comme c'était le cas pour la perte en eau et à la cuisson, rien à notre connaissance en relation avec les rations ne permet d'expliquer cette différence. On peut aussi observer dans ce même tableau que la teneur en collagène et collagène soluble n'a pas été influencée par les traitements alimentaires. Cela indique que même s'il y a eu une différence de plus de 40 jours entre l'abattage des agneaux alimentés avec des concentrés et ceux alimentés avec de l'herbe, cette différence d'âge n'a pas été suffisante pour influencer la teneur en collagène, souvent utilisé comme indicateur de la tendreté de la viande. D'ailleurs Veiseth et al. (2004), qui ont étudié l'effet de l'âge des agneaux sur la teneur en collagène et la tendreté de la viande n'ont observé aucune différence significative au niveau de la teneur en collagène de la viande d'agneaux ayant entre l'âge de deux et dix mois comme c'était le cas dans l'étude actuelle. De plus, puisque la concentration en collagène dans la longe est relativement faible, ce paramètre a peu d'influence sur la tendreté dans le *longissimus dorsi* (Listrat et al., 1999).

 Tableau 8 : Composition chimique du muscle *longissimus dorsi* d'agneaux issus de différents traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
Teneur en eau (%)	74,97 ^{ab}	75,05 ^b	74,91 ^{ab}	74,09 ^a	0,25	0,02
Teneur en gras (%)	3,24	3,34	3,67	3,31	0,27	NS ²
Teneur en protéine (%)	21,50	21,60	21,06	21,24	0,19	NS ²
Collagène total (%)	3,97	3,96	3,76	3,92	0,18	NS ²
Collagène soluble ³ (%)	9,85	9,71	10,86	9,16	1,21	NS ²

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Valeur en % du collagène total

Le constat général en ce qui concerne la qualité de viande est qu'une alimentation à forte proportion fourragère a peu d'impact sur la qualité de viande dans les conditions d'abattage actuelles utilisées au Québec. En effet, le refroidissement trop rapide des carcasses suite à l'abattage pourrait avoir un impact plus important sur la qualité de viande et camoufler les effets qui pourraient être dus à des modifications de l'alimentation. Afin d'améliorer la précision, et pouvoir déceler, s'il y en a, les effets associés aux traitements alimentaires sur la qualité de viande, les conditions entourant l'abattage (transport, attente, refroidissement des carcasses) devraient être mieux contrôlés.

4.4 Profil en acides gras

Plusieurs études récentes ont démontré que l'alimentation influence le profil en acides gras de la viande d'agneaux (Vasta et al., 2009; Nuernberg et al., 2008; Aurousseau et al., 2004, 2007; Diaz et al., 2002; Santos-Silva et al., 2002; Velasco et al., 2001). Les animaux alimentés au pâturage ou avec plus de fourrage produisent une viande avec un profil en acide gras potentiellement bénéfique pour la santé du consommateur. Cela pourrait rendre leur viande plus attrayante pour le consommateur moderne qui se soucie de plus en plus de l'impact qu'a son alimentation sur sa santé.

Premièrement, on peut constater au Tableau 9 que les agneaux alimentés au pâturage ont une viande plus maigre (moins de gras total; $P = 0,05$) et qui contient moins d'acides gras ($P = 0,002$) comparativement aux agneaux des autres traitements alimentaires.

Tableau 9 : Teneur en gras et en acides gras de la viande d'agneaux issus de différent traitements alimentaires

	Traitements ¹				SEM	Valeur <i>P</i>
	C	F	A	P		
Gras total (mg/g viande)	27,96 ^b	26,61 ^b	28,03 ^b	23,36 ^a	1,33	0,05
Acides gras (% gras total)	75,21 ^b	74,42 ^b	75,45 ^b	66,50 ^a	1,82	0,002
Acides gras (mg/g viande)	19,54 ^b	18,57 ^{ab}	19,86 ^b	14,26 ^a	1,29	0,01

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

La composition en acides gras de la viande est présentée au Tableau 10 en pourcentage des acides gras totaux et au Tableau 11 en mg/g de viande. La principale différence entre les résultats de ces deux tableaux est observée pour le traitement pâturage. En effet, même si la viande d'agneaux élevés au pâturage a une teneur en certains acides gras spécifiques qui est supérieure, lorsque les valeurs sont ramenées en quantité (mg/g viande) elles sont souvent inférieures ou égales aux autres traitements, puisque la viande d'agneaux élevés au pâturage est moins grasse et contient moins d'acides gras (Tableau 9).

Comme on peut le constater dans les Tableaux 10 et 11, lorsqu'il y a une différence significative ($P < 0,05$) entre les acides gras des agneaux alimentés aux concentrés à volonté (C) et ceux alimentés à l'herbe (A et P), les agneaux du traitement F (60 % foin) présentent généralement des valeurs numériques intermédiaires. Tout d'abord, tel que prévu, la viande des agneaux alimentés à l'herbe (A et P) contient significativement plus d'acides gras oméga-3 ($P < 0,01$) que la viande des agneaux alimentés aux concentrés à volonté (C). En conséquence, la somme des acides gras n-3 est aussi supérieure dans la viande d'agneaux alimentés à l'herbe ($P < 0,0001$). Ces résultats concordent avec la théorie selon laquelle la composition en acide gras du gras intramusculaire est influencée par la composition en acides gras des aliments. En effet les fourrages, et particulièrement l'herbe fraîche, sont riches en C18:3 n-3, précurseur des acides gras de type n-3, tandis que les grains sont riches en C18:2 n-6, précurseur des acides gras de type n-6 (Morand-Fehr et Tran, 2001). Plusieurs autres auteurs ont aussi constaté que la viande d'animaux alimentés à l'herbe était plus riche en oméga-3 que celle d'animaux alimentés aux concentrés, et ce, autant chez l'ovine (Fisher et al., 2000; Rowe et al., 1999), le bovin (Marmer et al., 1984) ou la chèvre (Rhee et al., 2000). La plupart des acides gras de la famille des oméga-6 présentés au Tableau 10 et 11 ne sont pas affectés par les traitements alimentaires ($P > 0,05$). Toutefois, lorsque la somme des n-6 est comparée, bien qu'elle ne varie pas de façon significative en pourcentage des acides gras totaux ($P > 0,05$; Tableau 10), en quantité (Tableau 11), les agneaux du traitement C ont significativement plus d'oméga-6 dans leur viande que les agneaux des traitements A et P ($P = 0,005$). Ces résultats concordent avec ceux de d'autres études sur l'impact de l'alimentation sur la composition en acides gras, dans lesquelles l'effet de l'alimentation était moins prononcé pour les n-6 que les n-3 chez le bovin (Faucitano et al. 2008) ou chez l'ovine (Nuernberg et al. 2008; Rowe et al. 1999).

Puisque les acides gras n-3 augmentent et que les acides gras n-6 restent similaires lorsque les agneaux sont alimentés à l'herbe (A et P), leur ratio n-6/n-3 est inférieur ($P < 0,0001$) comparativement aux

agneaux alimentés avec des concentrés (C et F). Le ratio n-6/n-3 est souvent utilisé comme indice de la qualité nutritionnelle d'un produit. Selon les recommandations des nutritionnistes, il faudrait augmenter la quantité d'oméga-3 de notre diète afin de diminuer la valeur du ratio n-6/n-3 de notre alimentation afin de prévenir ou moduler certaines maladies chez l'humain (Connor et al., 2000). Ainsi, une viande avec un ratio n-6/n-3 inférieur pourrait aider à diminuer le ratio n-6/n-3 global de notre alimentation nord-américaine, qui est généralement trop élevé.

L'acide linoléique conjugué (ALC) est un acide gras qui a aussi été identifié comme pouvant potentiellement avoir des effets positifs sur la santé humaine. Comme on peut constater au Tableau 10, les agneaux alimentés à l'herbe ont une viande plus riche en ALC (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) que les agneaux alimentés aux concentrés ($P < 0,0001$). Des résultats similaires ont aussi été obtenus dans d'autres études réalisées avec des agneaux alimentés aux concentrés et à l'herbe (Nuerenberg et al., 2008; Aurousseau et al., 2007; Santos-Silva et al., 2002). L'ALC est produit de deux manières, soit durant la biohydrogénation du C18:2 *cis*-9, *cis*-12 dans le rumen ou soit par synthèse endogène dans le tissu adipeux grâce à un enzyme, la Δ^9 -désaturase qui transforme le C18:1 *trans*-11 en C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (Santora et al., 2000). Puisque la synthèse endogène d'ALC nécessite le C18:1 *trans*-11, l'augmentation de cet acide gras dans le muscle des agneaux alimentés à l'herbe ($P < 0,0001$) pourrait expliquer l'augmentation de l'ALC dans la viande de ces mêmes agneaux.

Tableau 10 : Profil en acides gras de la viande d'agneaux élevés sous différents traitements alimentaires (% des acides gras totaux)

Profil en acides gras	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
C14:0	2,93	2,95	3,02	3,03	0,28	NS ²
C14:1 <i>cis</i> -9	0,08	0,08	0,07	0,1	0,01	NS ²
C15:0	0,37 ^a	0,38 ^{ab}	0,47 ^{bc}	0,52 ^c	0,03	0,0006
C16:0	25,23 ^b	24,76 ^b	24,88 ^b	22,85 ^a	0,48	0,003
C16:1 <i>cis</i> -9	1,49	1,35	1,25	1,35	0,06	NS ²
C17:0	1,09 ^a	1,08 ^a	1,25 ^b	1,25 ^b	0,03	< 0,0001
C18:0	16,83 ^a	18,51 ^{ab}	19,80 ^b	19,70 ^b	0,46	< 0,0001
C18:1 <i>trans</i> -5	0,02	0,01	0,01	0,01	0,001	NS ²
C18:1 <i>trans</i> -6-8	0,29 ^b	0,26 ^{ab}	0,24 ^a	0,25 ^{ab}	0,01	0,02
C18:1 <i>trans</i> -9	0,25	0,26	0,24	0,24	0,01	NS ²
C18:1 <i>trans</i> -10	0,85 ^b	0,35 ^a	0,25 ^a	0,22 ^a	0,08	< 0,0001
C18:1 <i>trans</i> -11	1,06 ^a	1,32 ^a	2,43 ^b	2,55 ^b	0,15	< 0,0001
C18:1 <i>trans</i> -12	0,29	0,29	0,27	0,27	0,02	NS ²
C18:1 <i>cis</i> -9	38,43 ^b	37,35 ^b	34,53 ^a	33,45 ^a	0,68	< 0,0001
C18:1 <i>cis</i> -11	1,29 ^b	1,06 ^a	0,90 ^a	1,05 ^a	0,05	< 0,0001
C18:1 <i>cis</i> -12	0,22 ^c	0,21 ^{bc}	0,16 ^a	0,17 ^{ab}	0,01	0,003
C18:1 <i>cis</i> -13	0,1	0,09	0,08	0,1	0,01	NS ²
C18:1 <i>trans</i> -16	0,18 ^a	0,26 ^a	0,31 ^b	0,34 ^b	0,01	< 0,0001
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	0,21 ^a	0,22 ^a	0,28 ^b	0,32 ^b	0,02	< 0,0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0,12 ^a	0,14 ^{ab}	0,17 ^{bc}	0,20 ^c	0,01	< 0,0001
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12	0,02 ^a	0,03 ^a	0,04 ^b	0,05 ^b	0,003	< 0,0001
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0,09 ^a	0,10 ^a	0,37 ^b	0,42 ^b	0,03	< 0,0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	5,3	5,27	4,34	5,75	0,44	NS ²
C20:0	0,12 ^a	0,13 ^{ab}	0,15 ^b	0,15 ^b	0,01	0,005
C18:3 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	0,024 ^{ab}	0,022 ^a	0,027 ^{ab}	0,035 ^b	0,003	0,02
C20:1 <i>cis</i> -11	0,10 ^c	0,09 ^{bc}	0,08 ^a	0,09 ^{ab}	0,003	< 0,0001
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,60 ^a	0,90 ^a	1,59 ^b	1,99 ^c	0,11	< 0,0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,37 ^a	0,40 ^a	0,60 ^b	0,59 ^b	0,03	< 0,0001
C18:4 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,019 ^a	0,019 ^a	0,021 ^{ab}	0,027 ^b	0,002	0,005
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0,014 ^a	0,013 ^a	0,014 ^a	0,019 ^b	0,001	0,008
C22:0	0,023 ^a	0,022 ^a	0,025 ^{ab}	0,030 ^b	0,002	0,004
C20:3 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,16	0,15	0,13	0,17	0,01	NS ²
C20:3 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,01 ^a	0,02 ^b	0,03 ^c	0,03 ^c	0,001	< 0,0001
C20:4 <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	1,03	1,09	0,91	1,24	0,11	NS ²
C20:4 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,03 ^a	0,03 ^{ab}	0,04 ^b	0,06 ^c	0,004	< 0,0001
C20:5 <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,20 ^a	0,22 ^a	0,32 ^a	0,51 ^b	0,04	< 0,0001
C22:4 <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16	0,083 ^b	0,081 ^{ab}	0,054 ^a	0,070 ^{ab}	0,008	0,03
C22:5 <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16	0,027 ^{ab}	0,026 ^{ab}	0,023 ^a	0,040 ^b	0,004	0,03
C22:5 <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,40 ^a	0,43 ^a	0,51 ^a	0,71 ^b	0,05	0,0004
C22:6 <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,08 ^a	0,08 ^a	0,11 ^{ab}	0,15 ^b	0,01	0,0006
Somme n-6 ³	6,61	6,64	5,48	7,21	0,55	NS ²
Somme n-3 ⁴	1,34 ^a	1,70 ^a	2,62 ^b	3,48 ^c	0,2	< 0,0001
Ratio n-6/n-3	5,07 ^c	4,00 ^b	2,13 ^a	2,11 ^a	0,24	< 0,0001

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Somme des acides gras n-6 = C18:2 *cis*-9, *cis*-12 + C18:3 *cis*-6, *cis*-9, *cis*-12 + C20:3 *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14 + C20:4 *cis*-5, *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14 + C22:4 *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16 + C22:5 *cis*-4, *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16

4 : Somme des acides gras n-3 = C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 + C18:4 *cis*-6, *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 + C20:3 *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17 + C20:4 *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17 + C20:5 *cis*-5, *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17 + C22:5 *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16, *cis*-19 + C22:6 *cis*-4, *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16, *cis*-19

Tableau 11 : Profil en acides gras de la viande d'agneaux élevés sous différents traitements alimentaires (mg/g de viande)

mg/g viande	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
C14:0	0,58	0,57	0,62	0,45	0,08	NS ²
C14:1 <i>cis</i> -9	0,02	0,02	0,02	0,02	0,002	NS ²
C15:0	0,07	0,07	0,1	0,08	0,01	NS ²
C16:0	4,94 ^b	4,66 ^b	4,96 ^b	3,28 ^a	0,38	0,006
C16:1 <i>cis</i> -9	0,29 ^b	0,25 ^{ab}	0,25 ^{ab}	0,20 ^a	0,02	0,03
C17:0	0,21	0,20	0,25	0,18	0,02	0,05
C18:0	3,29 ^{ab}	3,45 ^{ab}	3,95 ^b	2,80 ^a	0,27	0,03
C18:1 <i>trans</i> -5	0,0030 ^b	0,0026 ^{ab}	0,0026 ^{ab}	0,0020 ^a	0,0002	0,009
C18:1 <i>trans</i> -6-8	0,056 ^b	0,047 ^{ab}	0,047 ^{ab}	0,036 ^a	0,003	0,002
C18:1 <i>trans</i> -9	0,050 ^b	0,045 ^{ab}	0,047 ^b	0,034 ^a	0,003	0,007
C18:1 <i>trans</i> -10	0,17 ^b	0,07 ^a	0,05 ^a	0,03 ^a	0,02	< 0,0001
C18:1 <i>trans</i> -11	0,21 ^a	0,25 ^{ab}	0,49 ^c	0,37 ^{bc}	0,04	< 0,0001
C18:1 <i>trans</i> -12	0,057 ^b	0,053 ^{ab}	0,054 ^b	0,038 ^a	0,004	0,01
C18:1 <i>cis</i> -9	7,50 ^b	6,95 ^b	6,83 ^b	4,77 ^a	0,44	0,0007
C18:1 <i>cis</i> -11	0,25 ^c	0,19 ^b	0,17 ^{ab}	0,15 ^a	0,01	< 0,0001
C18:1 <i>cis</i> -12	0,043 ^c	0,038 ^{bc}	0,031 ^{ab}	0,024 ^a	0,003	< 0,0001
C18:1 <i>cis</i> -13	0,019	0,016	0,017	0,014	0,002	NS ²
C18:1 <i>trans</i> -16	0,036 ^a	0,042 ^a	0,062 ^b	0,046 ^a	0,004	0,001
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	0,041 ^a	0,040 ^a	0,055 ^b	0,044 ^{ab}	0,004	0,01
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0,024 ^a	0,025 ^a	0,034 ^b	0,028 ^{ab}	0,002	0,006
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12	0,0047 ^a	0,0054 ^{ab}	0,0084 ^c	0,0074 ^{bc}	0,0006	0,0003
C18:2 <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0,018 ^a	0,018 ^a	0,075 ^b	0,060 ^b	0,007	< 0,0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	1,03 ^b	0,91 ^{ab}	0,83 ^a	0,78 ^a	0,05	0,003
C20:0	0,024	0,024	0,029	0,021	0,002	NS ²
C18:3 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12	0,0045	0,0041	0,0052	0,0049	0,0005	NS ²
C20:1 <i>cis</i> -11	0,020 ^c	0,017 ^{bc}	0,015 ^{ab}	0,012 ^a	0,001	0,0001
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,12 ^a	0,16 ^a	0,31 ^b	0,28 ^b	0,02	< 0,0001
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	0,072 ^a	0,075 ^a	0,1193 ^b	0,084 ^a	0,009	0,0008
C18:4 <i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15	0,0036	0,0035	0,0041	0,0037	0,0003	NS ²
C18:3 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, <i>cis</i> -15	0,0027	0,0025	0,0027	0,0026	0,0002	NS ²
C22:0	0,0044	0,0038	0,005	0,0043	0,0004	NS ²
C20:3 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,030 ^b	0,026 ^{ab}	0,023 ^a	0,022 ^a	0,001	0,004
C20:3 <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,0021 ^a	0,0029 ^{ab}	0,0050 ^c	0,0037 ^b	0,0003	< 0,0001
C20:4 <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14	0,2	0,19	0,17	0,17	0,01	NS ²
C20:4 <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,0054 ^a	0,0059 ^a	0,0083 ^b	0,0089 ^b	0,0004	< 0,0001
C20:5 <i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14, <i>cis</i> -17	0,039 ^a	0,037 ^a	0,062 ^b	0,071 ^b	0,006	0,0002
C22:4 <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16	0,016 ^b	0,014 ^b	0,010 ^a	0,010 ^a	0,001	< 0,0001
C22:5 <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16	0,0053	0,0046	0,0044	0,0056	0,0007	NS ²
C22:5 <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,077 ^a	0,074 ^a	0,098 ^b	0,098 ^b	0,007	0,04
C22:6 <i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16, <i>cis</i> -19	0,015	0,014	0,020	0,021	0,002	0,05
Somme n-6 ³	1,28 ^b	1,15 ^{ab}	1,05 ^a	1,00 ^a	0,06	0,005
Somme n-3 ⁴	0,26 ^a	0,30 ^a	0,51 ^b	0,48 ^b	0,03	< 0,0001
Ratio n-6/n-3	5,11 ^c	4,04 ^b	2,15 ^a	2,13 ^a	0,24	< 0,0001

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Afouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Somme des acides gras n-6 = C18:2 *cis*-9, *cis*-12 + C18:3 *cis*-6, *cis*-9, *cis*-12 + C20:3 *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14 + C20:4 *cis*-5, *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14 + C22:4 *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16 + C22:5 *cis*-4, *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16

4 : Somme des acides gras n-3 = C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 + C18:4 *cis*-6, *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 + C20:3 *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17 + C20:4 *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17 + C20:5 *cis*-5, *cis*-8, *cis*-11, *cis*-14, *cis*-17 + C22:5 *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16, *cis*-19 + C22:6 *cis*-4, *cis*-7, *cis*-10, *cis*-13, *cis*-16, *cis*-19

Le profil en acides gras de la viande est affecté par l'alimentation des agneaux. L'amélioration de la qualité du gras intramusculaire d'un point de vue nutrition humaine (augmentation des n-3 et ALC et diminution du ratio n-6/n-3), avec l'augmentation du foin dans la ration, mais surtout avec l'alimentation au pâturage suscite un intérêt commercial. Particulièrement l'augmentation de la teneur en oméga-3 dans la viande d'agneaux élevés au pâturage pourrait permettre de développer un produit à valeur ajoutée. Toutefois, puisque la longe d'agneau (*longissimus dorsi*) utilisée pour faire l'analyse du profil en acide gras dans cette expérience est une viande très maigre, les quantités d'oméga-3 dans le gras intramusculaire n'étaient pas suffisantes, selon le règlement sur les aliments et les drogues de Santé-Canada, concernant l'étiquetage des produits, pour être vendu comme « Source d'Oméga-3 ». Par contre lorsque le consommateur achète une pièce de viande, comme une côtelette ou un carré d'agneau, le muscle n'est généralement pas séparé du gras de couverture, il est donc entouré d'une certaine quantité

de gras. Dans le projet actuel, il n'y avait pas suffisamment de viande pour effectuer en plus une telle analyse. C'est pourquoi dans un projet d'établissement d'un éventuel cahier des charges pour la production d'agneaux à l'herbe, il serait pertinent de refaire l'analyse afin de voir si le produit dans son ensemble (viande + gras de contour), pourrait contenir suffisamment d'oméga-3 (300 mg/portion de 100 g) pour être commercialisé sous cette effigie.

4.5 Paramètres ruminiaux

Chaque rumen a été minutieusement inspecté afin de déceler la présence d'anomalies ou d'ulcères. Toutefois, aucun ulcère n'a été observé. Cela nous indique que les agneaux ayant consommé des concentrés à volonté n'avaient pas de prévalence aux ulcères ruminiaux probablement due à un phénomène d'intelligence nutritionnel.

Le développement des papilles du rumen, soit le nombre de papilles par cm² et la largeur ou la longueur des papilles, a été peu influencé par les traitements alimentaires (Tableau 12). Toutefois, une différence significative a été observée entre les traitements pour ce qui est de la longueur des papilles dans la portion ventrale du rumen ($P = 0,02$). La plus grande différence a été au niveau de la partie caudale ($P = 0,002$), mais une tendance était aussi présente au niveau de la partie craniale ($P = 0,07$). Ces différences sont toutefois minimes, il est donc possible d'affirmer que les traitements alimentaires ont peu influencé le développement des papilles du rumen.

Tableau 12 : Effets des traitements alimentaires sur le développement des papilles craniales dorsales (Cr D), craniales ventrales (Cr V), caudales dorsales (Cau D) et caudales ventrales (Cau V) du rumen chez l'ovine

	Traitements ¹				SEM	Valeur P
	C	F	A	P		
Nombre de papilles par cm ²						
Cr D	67,59	64,57	60,43	59,83	5,17	NS ²
Cr V	39,81	38,10	46,17	38,80	3,39	NS ²
Cau D	65,85	66,30	63,37	53,60	5,67	NS ²
Cau V	60,22	64,83	54,43	54,53	6,18	NS ²
Ventrale ³	50,02	51,47	50,30	46,67	4,05	NS ²
Dorsale ⁴	66,72	65,43	61,90	56,72	4,59	NS ²
Longueur des papilles (mm)						
Cr D	2,40	2,02	2,47	2,24	0,19	NS ²
Cr V	6,45	6,01	5,58	6,26	0,25	NS ²
Cau D	2,48	2,09	2,29	2,49	0,18	NS ²
Cau V	3,69 ^b	2,92 ^a	3,65 ^b	3,96 ^b	0,19	0.0021
Ventrale ³	5,07 ^{ab}	4,46 ^a	4,61 ^{ab}	5,11 ^b	0,18	0.0194
Dorsale ⁴	2,44	2,06	2,38	2,36	0,14	NS ²
Largeur des papilles (mm)						
Cr D	1,69	1,95	1,92	1,81	0,11	NS ²
Cr V	2,99	2,90	2,97	2,97	0,14	NS ²
Cau D	1,73	1,79	1,89	2,00	0,12	NS ²
Cau V	2,44	2,41	2,41	2,54	0,13	NS ²
Ventrale ³	2,71	2,65	2,69	2,76	0,12	NS ²
Dorsale ⁴	1,71	1,87	1,90	1,90	0,09	NS ²

a, b, c : Des lettres différentes sur la même ligne indiquent qu'il y a une différence significative entre les traitements

1 : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, A=Affouragement, P=Pâturage

2 : NS signifie qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements

3 : Corresponds à la moyenne des valeurs ventrales incluant la partie craniale et caudale

4 : Corresponds à la moyenne des valeurs dorsales incluant la partie craniale et caudale

De prime abord, les traitements alimentaires ne semblent pas avoir eu d'effet sur le développement du rumen, la prévalence des ulcères ou le développement des papilles du rumen. Toutefois, les limites de cette étude sur les variations de l'environnement ruminale étaient restreintes puisque les animaux n'étaient pas fistulés. En effet, il serait pertinent de monitorer les variations de pH ruminal suite au repas et la composition de flore microbienne du rumen des agneaux alimentés avec ces différentes rations afin

de déterminer si une alimentation aux concentrés à volonté peut avoir des effets néfastes sur la santé des agneaux et la digestibilité des rations.

4.6 Analyse économique

La production ovine est une production en plein expansion. À l'instar des autres productions, l'amélioration de la rentabilité des entreprises est sans équivoque une nécessité. Elle consiste entre autres en la réduction des charges. En fait, plus de 28 % des frais variables par agneau est lié au poste achats d'aliments (Coût de production, FADQ, 2008). L'alimentation « traditionnelle » des agneaux à l'engraissement est principalement composée de grains (environ 85-90 %), généralement des intrants achetés à l'extérieur de l'entreprise et dont les prix ont connu des hausses importantes au cours des dernières années.

Dans le cadre de la présente étude, la question de la valorisation des fourrages et son effet sur la croissance et la qualité des agneaux a déjà été traitée. L'objectif du présent volet est de tenir compte de l'aspect économique de cette pratique. Ainsi, le but principal est de calculer le coût d'élevage des agneaux sous chacun des systèmes de production (traitements expérimentaux) effectués. Ceci permet d'estimer les retombées économiques pour les entreprises ovines quant à l'utilisation de l'un ou l'autre des systèmes, et ce, en fonction de la qualité des agneaux obtenue (poids et classification de la carcasse).

Il est toutefois important de remettre les choses en perspective quant à la faisabilité d'une telle analyse. Nous rappelons que dans le cadre de cette étude, les dispositifs expérimentaux mis en place permettaient d'observer 40 agneaux répartis en 4 groupes homogènes selon leur poids et leur EPD 100 jours. Chaque groupe a été assigné à un des traitements, de façon aléatoire. Dix agneaux étaient assignés par type de traitement. Les données économiques utilisées pour réaliser les calculs sont issues notamment, des résultats de l'enquête du coût de production (CECPA) ramenés sur la base d'une ferme modèle et de données collectées directement sur le terrain (prix de marché, estimation de la main d'œuvre etc.).

À cet égard, une mise en garde s'impose. D'abord, diverses sources d'information ont été utilisées provoquant un risque de distorsion des résultats. Ensuite, le choix des traitements a été simplifié pour les besoins de l'étude alors que ce n'est pas nécessairement représentatif de la réalité sur le terrain.

Pour répondre à l'objectif de cette section, nous avons tenu compte dans l'analyse: du traitement conventionnel (C) où le concentré et le fourrage étaient servis à volonté, du traitement fourrage (F) où la ration était composée de 60 % de fourrages secs et 40 % de concentrés et du traitement pâturage (P). Le traitement affouragement (A) herbes fraîches servies à volonté n'est pas un régime utilisé en pratique, il a donc été exclu de l'analyse. Le Tableau 13 présente, pour chaque type de traitement, les poids initial et final (à l'abattage des agneaux), le gain moyen quotidien ainsi que le nombre de jours nécessaires pour atteindre le poids à l'abattage des agneaux.

Tableau 13 : Caractéristiques des différents traitements

	C	Traitements ¹	
		F	P
Poids initial (kg)	23,6	23,7	23,6
Gain moyen quotidien (kg/j)	0,449	0,347	0,295
Poids à l'abattage (kg)	47,2	46,9	47,1
Âge à l'abattage (jours)	105	122	145

¹ : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, P=Pâturage

Les coûts totaux considérés pour les besoins de l'analyse sont composés essentiellement des coûts de l'alimentation et des divers coûts de la main d'œuvre. De plus, l'amortissement et l'assurance des

bâtiments ont été pris en compte dans le cas des traitements (C) et (F). Pour le traitement (P), c'est l'amortissement des clôtures qui a été considéré.

Le Tableau 14 résume le calcul des coûts d'alimentation pour chacun des trois traitements par agneau, rapporté au nombre de jours nécessaires pour atteindre le poids à l'abattage. Les données utilisées pour ce calcul sont les suivantes :

- Quantité de foin, de moulée et d'herbes en pâturage consommée : fournie par l'étude même ;
- Prix du foin : 80,39 \$/t, en provenance de l'enquête annuelle réalisée par la Financière agricole pour l'année 2009 ;
- Prix de la moulée pour agneaux : 386 \$/t, obtenu selon l'étude du coût de production de 2006 avec l'indexation des prix pour 2008 ;
- Coût de l'alimentation en pâturage : 60 \$/t selon les données du CRAAQ (Budget pâturage en rotation, janvier 2009) auquel il a été ajouté les frais de main d'œuvre recueillies de la banque de données Agritel et qui ne sont pas inclus dans le Budget. Les coûts pris en compte dans le Budget pâturage en rotation inclus : les coûts d'approvisionnement (semences, fertilisants, herbicides), le coût des opérations culturales, l'assurance récolte et la location de fonds de terre.

Tableau 14 : Coût de l'alimentation en fonction des différents traitements alimentaires

	Traitements ¹		
	C	F	P
Consommation moulée (kg/agneau/jr)	0,60	0,31	--
Coût moulée (\$/agneau/jr)	0,23	0,12	--
Consommation foin (kg/agneau/jr)	0,13	0,47	--
Coût foin (\$/agneau/jr)	0,01	0,04	--
Consommation pâturage (kg/agneau/jr)	--	--	0,57
Coût total alimentation (\$/agneau/jr)	0,24	0,16	0,11
Coût total alimentation (\$/agneau)	25,20	19,30	15,95
Coût alimentation par kg de gain (\$/agneau)	1,07	0,83	0,68

¹ : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, P=Pâturage

Les résultats économiques concernant les frais d'alimentation révèlent une disparité entre les trois traitements avec un avantage pour le traitement (P). En effet, le coût de l'alimentation journalier par agneau pour le traitement (C) constitue plus du double que celui qui est nécessaire pour le traitement (P). Toutefois, afin d'atteindre un poids semblable à l'abattage, les agneaux du traitement (P) ont besoin de 40 jours supplémentaires. Ainsi, faire pâturer un agneau, fait réduire de 36,7 % le coût de l'alimentation par agneau et pour l'ensemble de la période d'élevage par rapport au traitement (C).

De même, le coût de l'alimentation par agneau dans le cas du traitement (C) est largement supérieur à celui obtenu dans le cas du traitement (F). On constate un écart de 23 jours, en faveur du traitement (C), pour atteindre un poids identique à l'abattage, ce qui est moindre que le traitement (P).

Le Tableau 15 présente l'ensemble des autres coûts (main d'œuvre, amortissements, assurance, etc.) pris en compte dans l'analyse, ainsi que les coûts totaux (alimentation et autres). Les données utilisées pour ce calcul ont été les suivants :

- Pour les traitements (C) et (F) les données sont issues de l'enquête du coût de production utilisée par la Financière agricole. Les données sont rapportées aux durées correspondantes pour chacun des traitements (105 et 122 jours respectivement).
- Pour l'amortissement des clôtures du traitement (P), les calculs proviennent d'une enquête des prix du matériel nécessaire pour la construction d'une clôture et établis sur le marché durant la période de l'enquête (cf. Tableau 15 pour les détails). Sur la base des besoins journaliers en alimentation calculés à 1,9 kg/j/agneau (selon l'étude), la superficie de pâturage pour les dix agneaux est évaluée à 0,64 ha, soit une clôture de 320 m. Le matériel est amorti sur 25 ans et

rapporté à la période nécessaire pour atteindre le poids à l'abattage dans le cas de ce traitement (145 jours).

- Les coûts de la main d'œuvre pour le traitement (P) ont été évalués à 30 minutes tous les trois jours à raison de 10,65 \$/h (données du coût de production) rapportés sur une charge totale de 100 agneaux afin de tenir compte d'une certaine économie d'échelle.

Tableau 15 : Autres coûts et coûts totaux relatif à l'élevage d'agneaux lourds en fonction des différents traitements alimentaires (\$/agneau)

	Traitements ¹		
	C	F	P
Main d'œuvre	4,29	4,98	2,56
Entretien bâtiments	0,21	0,25	--
Assurance bâtiments	0,13	0,15	--
Amortissements bâtiments	0,53	0,61	--
Amortissements clôtures	--	--	1,75 ²
Total autres coûts	5,16	5,99	4,31
Total autres coûts et coûts alimentation	30,36	25,27	20,26

¹ : C=Conventionnel, F= 60% foin et 40% concentrés, P=Pâturage

² : Voir les détails explicatifs au Tableau 16 pour l'obtention de cette valeur

Le calcul des coûts totaux montre une économie de plus de 10 \$/an/agneau pour le traitement (P) par rapport au traitement (C), soit un gain de plus de 33 %.

Tableau 16 : Détails des fournitures nécessaire à l'installation de 320 m de clôture nécessaire pour le traitement au pâturage (Prix en vigueur : avril 2010)

	Coûts
Clôture galvanisée: 3 rouleaux de 330 pi et de 6 po de haut à 196,88 \$ le rouleau	590,64 \$
106 piquets de cèdre de 6 pi de haut à 4,30 \$ le piquet	455,8 \$
Crampes galvanisée (8 lb)	19,66 \$
Abreuvoir à flotte galvanisé	36,99 \$
Coût total	1 103,09 \$
Amortissement	44,12 \$
Amortissement/agneau (pour la période de 145 jours)	1,75 \$

Comme mentionné plus haut, les résultats sont à manipuler avec précaution en raison de l'absence d'homogénéité des sources utilisées et de l'exigüité de l'échantillon de départ (10 agneaux).

De prime abord, le traitement (P) semble présenter un intérêt d'un point de vue économique par rapport aux traitements (C) et (F) avec une économie de 11,93 \$ et 6,84 \$ respectivement pour l'ensemble des coûts considérés dans la présente analyse. Il faut toutefois rappeler, que certains coûts tels que les pertes dues à la déprédation et les frais reliés à la vermifugation (coût du médicament et de son application) ne sont pas pris en compte dans l'analyse. Il faut également souligner que cette pratique telle qu'appliquée dans le traitement (P) est réalisable sur une période inférieure à six mois au Québec en raison du climat qui constitue un facteur limitant. De plus, la gestion du pâturage a été faite de façon rigoureuse, ainsi une autre gestion plus extensive du pâturage ne donnerait certainement pas les mêmes conclusions.

4.7 Bibliographie

- Animut, G., A.L. Goetsch, G.E. Aiken, R. Puchala, G. Detweiler, C.R. Krehbiel, R.C. Merkel, T. Sahl, L.J. Dawson, Z.B. Johnson et T.A. Gipson. 2005. Grazing behaviour and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Ruminant Res.* 59: 191-201.
- Archimède, H., P. Pellonde, P. Despois, T. Etienne et G. Alexandre. 2008. Growth performances and carcass traits of Ovin Martinik lambs fed various ratios of tropical forage to concentrate under intensive conditions. *Small Ruminant Res.* 75: 162-170.
- Aurousseau, B., D. Bauchart, X. Faure, A.L. Galot, S. Prache, D. Micol et A. Priolo. 2007. Indoor fattening of lambs raised on pasture : (1) Influence of stall finishing duration on lipids classes and fatty acids. *Meat Sci.* 76: 241-252.
- Aurousseau, B., D. Bauchart, E. Calichon, D. Micol et A. Priolo. 2004. Effect of grass or concentrate feeding systems and rates of growth on triglyceride and phospholipid and fatty acids in the *M. longissimus thoracis* of lambs. *Meat Sci.* 66: 531-541.
- Bond, J.J. et R.D. Warner. 2007. Ion distribution and protein proteolysis affect water holding capacity of *longissimus thoracis et lumborum* in meat of lamb subjected to antemortem exercise. *Meat Sci.* 75: 406-414.
- Borton, R.J., S.C. Loerch, K.E. McClure et D.M. Wulf. 2005a. Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. I. Production, carcass and organoleptic characteristics. *J. Anim. Sci.* 83: 679-685.
- Borton, R.J., S.C. Loerch, K.E. McClure et D.M. Wulf. 2005b. Characteristics of lambs fed concentrates or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. II. Wholesale cuts and tissue accretion. *J. Anim. Sci.* 83: 1345-1352.
- Bray, A.R., A.E. Graafhuis et B.B. Chrystall. 1989. The cumulative effect of nutritional, shearing and preslaughter washing stresses on the quality of lamb meat. *Meat Sci.* 25: 59-67.
- Chong, D.T., I. Tajuddin, M.S. Samat, W.W. Stür et H.M. Shelton. 1997. Stocking rate effects on sheep and forage productivity under rubber in Malaysia. *J. Agric. Sci.* 128: 339-346.
- Connor, W.E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71 (suppl. 1): 171S-175S.
- Coulon, J.B. et A. Priolo. 2002. La qualité sensorielle des produits laitiers et de la viande dépend des fourrages consommés par les animaux. *INRA Prod. Anim.* 15: 333-342.
- Devine, C.E., T.E. Lowe, R.W. Wells, N.J. Edwards, J.E. Hocking Edwards, T.J. Starbuck et P.A. Speck. 2006. Pre-slaughter stress arising from on-farm handling and its interactions with electrical stimulation on tenderness of lambs. *Meat Sci.* 73: 304-312.
- Devine, C.E., S.R. Payne, B.M. Peachey, T.E. Lowe, J.R. Ingram et C.J. Cook. 2002. High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. *Meat Sci.* 60: 141-146.
- Diaz, M.T., S. Velasco, V. Caneque, S. Lauzurica, F. Ruiz de Huidobro, C. Pérez, J. Gonzalez et C. Manzanares. 2002. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. *Small Ruminant Res.* 43: 257-268.
- Ely, D.G., B.P. Gleen, M. Mahyuddin, J.D. Kemp, F.A. Thrift et W.P. Deweese. 1979. Drylot vs pasture : early-weaned lamb performance to two slaughter weights. *J. Anim. Sci.* 48: 32-37.
- Farouk, M.M. et S.J. Lovatt. 2000. Initial chilling rate of pre-rigor beef muscles as an indicator of colour of thawed meat *Meat Sci.* 56: 139-144.
- Faucitano, L., P.Y. Chouinard, J. Fortin, I.B. Mandell, C. Lafrenière, C.L. Girard et R. Berthiaume. 2008. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. *J. Anim. Sci.* 86: 1678-1689.
- Fimbres, H., G. Hernandez-Vidal, J.F. Picon-Rubio, J.R. Kawas et C.D. Lu. 2002. Productive performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. *Small Ruminant Res.* 43: 283-288.
- Fisher, A.V., M. Enser, R.I. Richardson, J.D. Wood, G.R. Nute, E. Kurt, L.A. Sinclair et R.G. Wilkinson. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breed x production systems. *Meat Sci.* 55: 141-147.
- Folch, J., M. Lees et G.H. Sloane-Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509.

- Hedrick, H.B., J.A. Paterson, A.G. Matches, J.D. Thomas, R.E. Morrow, W.C. Stringer et R.J. Lipsey. 1983. Carcass and palatability characteristics of beef produced on pasture, corn silage and corn grain. *J. Anim. Sci.* 57: 591-801.
- Hill, F. 1966. The solubility of intramuscular collagen in meat animals of various ages. *J. Food. Sci.* 31: 161-166.
- Joy, M., J. Alvarez-Rodriguez, R. Revilla, R. Delfa et G. Ripoll. 2008a. Ewe metabolic performance and lamb carcass traits in pasture and concentrate-based production systems in Churra Tensina breed. *Small. Ruminant. Res.* 75: 24-35.
- Joy, M., G. Ripoll et R. Delfa. 2008b. Effects of feeding system on carcass and non-carcass composition of Churra Tensina light lambs. *Small. Ruminant. Res.* 78: 123-133.
- Kolar, K. 1990. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content in meat and meat products : Collaborative study. *JAOAC* 73.
- Ledward, D.A., R.F. Dickinson, V.H. Powell et W.R. Shorthose. 1986. The colour stability of beef *longissimus dorsi* and *semimembranosus* muscle after effective electrical stimulation. *Meat. Sci.* 16: 245-265.
- Listrat, A., N. Rakadjyski, C. Jurie, B. Picard, C. Touraille et Y. Geay. 1999. Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing salers bulls. *Meat. Sci.* 53: 115-124.
- Lowe, T.E., B.M. Peachy et C.E. Devine. 2002. The effect of nutritional supplements on growth rate, stress responsiveness, muscle glycogen and meat tenderness in pastoral lambs. *Meat. Sci.* 62: 391-397.
- Luciano, G., F.J. Monaham, V. Vasta, P. Pennisi, Belle M. et A. Priolo. 2009. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat. Sci.* 82: 193-199.
- Marmer, W.N., R.J. Maxwell et J.E. Williams. 1984. Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.* 59: 109-121.
- McClure, K.E., M.B. Solomom, N.A. Parret et R.W. Van Keuren. 1995. Growth and tissue accretion of lambs fed concentrate in drylot, grazed alfalfa or ryegrass at weaning or after backgrounding on ryegrass. *J. Anim. Sci.* 73: 3437-3444.
- McClure, K.E., R.W. Van Keuren et P.G. Althouse. 1994. Performance and characteristics of weaned lambs either grazed on orchadgrass, ryegrass or alfalfa or fed all-concentrate diets in drylot. *J. Anim. Sci.* 72: 3230-3237.
- McGavin, M.D. et J.L. Morrill. 1976. Dissection technique for examination of the bovine ruminoreticulum. *J. Anim. Sci.* 42: 535-538.
- Molle, G., M. Decandia, A. Cabiddu, S.Y. Landau et A. Cannas. 2008. An update on nutrition of dairy sheep grazing mediterranean pastures. *Small. Ruminant. Res.* 77: 93-112.
- Morand-Fehr, P. et G. Tran. 2001. La fraction lipidique des aliments et les corps gras utilisés en alimentation animale. *INRA Prod. Anim.* 14: 285-302.
- Mottram, D.S. 1998. Flavour formation in meat and meat products : a review. *Food. Chem.* 62: 415-424.
- Murphy, T.A., S.C. Loerch, K.E. McClure et M.B. Solomom. 1994. Effects of grains or pasture finishing systems on carcass composition and tissue accretion rates of lambs. *J. Anim. Sci.* 72: 3138-3144.
- Ngwa, A.T., D.K. Pone et J.M. Mafeni. 2000. Feed selection and dietary preferences of forage by small ruminants grazing natural pastures in the Sahelian zone of Cameroon. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 88:253-266.
- Nuernberg, K., A. Fischer, G. Nuernberg, K. Ender et D. Dannenberger. 2008. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass *versus* concentrate. *Small. Ruminant. Res.* 74: 279-283.
- Perlo, F., P. Bonato, G. Teira, O. Tisocco, J. Vicentin, J. Pueyo et A. Mansilla. 2008. Meat quality of lambs produced in the Mesopotamia region of Argentina finished on differant diets. *Meat. Sci.* 79: 576-581.
- Prache, S., Auroisseau, B., Theriez, M., Renerre, M., 1990. Les défauts de couleur du tissu adipeux sous-cutané des carcasses d'ovins. *INRA Prod. Anim.* 3, 275-285.
- Priolo, A., D. Micol, J. Agabriel, S. Prache et E. Dransfield. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci.* 62: 179-185.
- Priolo, A., D. Micol et J. Agabriel. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* 50: 185-200.

- Redmond, G.A., B. McGeehin, J.J. Sheridan et F. Butler. 2001. The effect of ultra-rapid chilling and subsequent ageing on the calpain/calpastatin system and myofibrillar degradation in lamb *M. longissimus thoracis et lumborum*. *Meat. Sci.* 59: 293-301.
- Resconi, V.C., M.M. Campo, M. Font i Furnols, F. Montossi et C. Sanudo. 2009. Sensory evaluation of castrated lambs finished on different proportions of pasture and concentrate feeding systems. *Meat. Sci.* 83: 31-37.
- Rhee, K.S., D.F. Waldron, Y.A. Ziprin et K.C. Rhee. 2000. Fatty acid composition of goat diets vs intramuscular fat. *Meat. Sci.* 54: 313-318.
- Rowe, A., F.A.F. Macedo, J.V. Visentainer, N.E. Souza et M. Matsushita. 1999. Muscle composition and fatty acid profile in lambs fattened in drylot or pasture. *Meat. Sci.* 51: 283-288.
- Santora, J.E., D.L. Palmquist et K.L. Roehrig. 2000. Trans-vaccenic acid is desaturated to conjugated linoleic acid in mice. *J. Nutr.* 130: 208-215.
- Santos-Silva, J., R.J.B. Bessa et F. Santos-Silva. 2002. Effect of genotype, feeding and slaughter weight on quality of light of lambs II. fatty acid composition of meat. *Lives. Prod. Sci.*: 197-194.
- Sanudo, C., A. Sanchez et M. Alfonso. 1998. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat. Sci.* 49(supp): S29-S64.
- Savell, J.W., S.L. Mueller et B.E. Baird. 2005. The chilling of carcasses. *Meat. Sci.* 70: 449-459.
- Tschirhart-Hoelscher, T.E., B.E. Baird, D.A. King, D.R. McKenna et J.W. Savell. 2006. Physical, chemical, and histological characteristics of 18 lamb muscles. *Meat. Sci.* 73: 48-54.
- Turner, K.E., K.E. McClure, W.P. Weiss, R.J. Borton et J.G. Foster. 2002. Alpha-tocopherol concentration and case life of lamb muscle as influenced by concentrate or pasture finishing. *J. Anim. Sci.* 80: 2513-2521.
- Vasta, V., A. Priolo, M. Scerra, K.G. Hallett, J.D. Wood et O. Doran. 2009. Delta 9 desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat. Sci.* 82: 357-364.
- Veiseth, E., S.D. Shackelford, T.L. Wheeler et M. Koohmaraie. 2004. Factors regulating lamb *longissimus* tenderness are affected by age at slaughter. *Meat. Sci.* 68: 635-640.
- Velasco, S., V. Caneque, C. Pérez, S. Lauzurica, M.T. Diaz, F. Huidobro, C. Manzanares et J. Gonzalez. 2001. Fatty acid composition of adipose depots of suckling lambs raised under different production systems. *Meat. Sci.* 59: 325-333.
- Young, O.A., A. Priolo, N.J. Simmons et J. West. 1999. Effects of rigor attainment temperature on meat blooming and colour on display. *Meat. Sci.* 52: 47-56.
- Young, O.A., J.L. Berdagué, C. Viallon, S. Rousset-Akrim et M. Theriez. 1997. Fat-borne volatiles and sheepmeat odour. *Meat. Sci.* 45: 183-200.
- Zervas, G., I. Hadjigeorgiou, G. Zabeli, K. Koutsotolis et C. Tziala. 1999. Comparison of a grazing- with an indoor- system of lamb fattening in Greece. *Livest. Prod. Sci.* 61: 245-251.

5. CONCLUSIONS DU PROJET

Cette expérience a démontré qu'il est possible d'élever des agneaux lourds de race Dorset au Québec avec des rations à fortes proportions fourragères, en bergerie ou au pâturage. Ces modifications de l'alimentation des agneaux à l'engraissement occasionnent toutefois certains changements. Premièrement, une augmentation de la durée de la période d'engraissement (20 à 40 jours) est causée par une diminution de du GMQ des agneaux lorsque ceux-ci sont alimentés avec 60 % de foin (↓ 102 g/jr) ou uniquement à l'herbe (↓ 168 g/jr). La valorisation des fourrages entraîne aussi l'obtention de carcasses plus maigres et possiblement trop maigres dans le cas où les agneaux seraient engraisés uniquement à l'herbe, ce qui pourrait se traduire par des indices de classifications inférieurs selon le système mis en place au Québec (Grille de classification de l'agence de ventre de l'agneau lourd) et donc une diminution de revenu pour le producteur.

Le constat général en ce qui concerne la qualité de viande est qu'une alimentation à forte proportion fourragère a peu d'impact sur la qualité de viande dans les conditions d'abattage actuelles utilisée au

Québec. En effet, le refroidissement trop rapide des carcasses suite à l'abattage pourrait avoir un impact plus important sur la qualité de viande et camoufler les effets qui pourraient être dus à des modifications de l'alimentation. Afin d'améliorer la précision, et pouvoir déceler, s'il y en a, les effets associés aux traitements alimentaires sur la qualité de viande, les conditions entourant l'abattage (transport, attente, refroidissement des carcasses) devraient être mieux contrôlées.

Le profil en acides gras de la viande est affecté par l'alimentation des agneaux. L'amélioration de la qualité du gras intramusculaire d'un point de vue nutrition humaine, avec l'augmentation du foin dans la ration, mais surtout avec l'alimentation au pâturage suscite un intérêt commercial. Particulièrement l'augmentation de la teneur en oméga-3 dans la viande d'agneaux élevés au pâturage pourrait permettre de développer un produit à valeur ajoutée. Toutefois, puisque la longe d'agneau (*longissimus dorsi*) utilisée pour faire l'analyse du profil en acide gras dans cette expérience est une viande très maigre, les quantités d'oméga-3 dans le gras intramusculaire n'étaient pas suffisantes, selon le règlement sur les aliments et les drogues de Santé-Canada, concernant l'étiquetage des produits, pour être vendu comme « Source d'Oméga-3 ». Par contre lorsque le consommateur achète une pièce de viande, comme une côtelette ou un carré d'agneau, le muscle n'est généralement pas séparé du gras de couverture, il est donc entouré d'une certaine quantité de gras. C'est pourquoi il serait pertinent de refaire l'analyse afin de voir si le produit dans son ensemble (viande + gras), pourrait contenir suffisamment d'oméga-3 (300 mg/portion de 100 g) pour être commercialisé sous cette effigie.

Il est important de rappeler que les résultats obtenus par ce projet de recherche l'ont été avec des agneaux mâles de race Dorset. Au Québec ce sont généralement des agneaux croisés, autant mâles que femelles, qui sont utilisés pour la production d'agneaux lourds. Ainsi, les conditions spécifiques à ce projet de recherche diffèrent des conditions réelles du marché. Les mâles sont reconnus pour avoir une meilleure conversion alimentaire et certaines races ou croisements pourraient être plus efficaces à utiliser les pâturages. Il serait donc pertinent de vérifier l'efficacité des rations utilisées dans cette expérience sur des agneaux issus de croisements commerciaux utilisés au Québec. De plus, il est très peu probable qu'en condition d'élevage réelle des agneaux soient élevés au pâturage sans concentré, comme ce fut le cas dans ce projet de recherche. Il serait donc intéressant de tester l'impact de différents niveaux de suppléments en concentrés sur la croissance, la qualité de carcasse et le profil en acides gras des agneaux élevés au pâturage, afin de minimiser les effets négatifs et maximiser les effets positifs d'une régie au pâturage.

En terminant, un projet recherche avec des rations similaires, mais à nature économique et réalisée à grande échelle dans des conditions réelles d'élevage, pourrait permettre de chiffrer l'impact monétaire associé à des variations de niveau de fourrages dans l'alimentation des agneaux lourds. Une telle analyse économique pourrait permettre de vérifier si l'alimentation au fourrage est vraiment avantageuse pour les producteurs ovins québécois.