PROJET #16 – 3 - 10

RAPPORT FINAL

Optimisation des pratiques entourant la régie alimentaire des brebis prolifiques en fin de gestation et la régie des agneaux à la naissance, afin de réduire la mortalité néonatale des agneaux.

Programme de développement sectoriel - Volet 3

MARS 2018

Centre d'expertise en production ovine du Québec

Cultivons l'avenir 2
Une initiative fédérale-provinciale-territoriale

Canada

Québec

RAPPORT FINAL

Projet # **16 – 3 - 10**

Optimisation des pratiques entourant la régie alimentaire des brebis prolifiques en fin de gestation et la régie des agneaux à la naissance, afin de réduire la mortalité néonatale des agneaux.

Programme d'appui à l'innovation en réponse à des enjeux sectoriels prioritaires - **Volet 3**

Demandeur : Centre d'expertise en production ovine du Québec
Rédigé par :
Johanne Cameron, agr. M.Sc., Chargée de projets,
En collaboration avec
Catherine Élément-Boulianne, agr. M.Sc., Co-responsable de la recherche
Frédéric Fortin, agr. M.Sc., Généticien
Gaston Rioux, dmv, Responsable du secteur santé

Ce projet a été réalisé grâce à une aide financière du Programme de développement sectoriel, issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir 2 conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Agriculture et Agroalimentaire Canada.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES ---------- **3**

LISTE DES TABLEAUX ---------- **5**

LISTE DES FIGURES ---------- **9**

1 FAITS SAILLANTS ---------- **10**

2 MISE EN CONTEXTE ---------- **13**

3 REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS ---------- **13**

4 RAPPEL DES OBJECTIFS ---------- **15**

5 MATÉRIEL ET MÉTHODES ---------- **16**

5.1 Période de prédémarrage du projet – Adaptation des animaux ---------- 16

5.2 Mise au bélier et saillies ---------- 16

5.3 Répartition des femelles entre les traitements expérimentaux ---------- 17

5.4 Répartition des femelles dans les logettes individuelles ---------- 19

5.5 Prévention sanitaire et régie d'élevage appliquée à tous les groupes ---------- 21

5.6 Mesures réalisées sur les femelles durant la période de gestation ---------- 21

5.7 Tests de consommation et aliments utilisés ---------- 21

5.8 Type de rations servies durant le projet et limites appliquées dans la formulation ---------- 23

5.9 Période de mise-bas et soins aux agneaux ---------- 24

5.10 Évaluation de la qualité du colostrum produit par les femelles ---------- 26

5.11 Période de lactation – post partum ---------- 27

5.12 Évaluation de la croissance des agneaux ---------- 27

5.13 Profils métaboliques des brebis ---------- 28

5.14 Taux d'immunoglobuline des agneaux ---------- 28

5.15 Problématiques rencontrées ---------- 29

5.16 Analyses statistiques ---------- 30

6 RÉSULTATS ET DISCUSSION ---------- **31**

6.1 RATIONS PRÉPARÉES ET RÉSULTATS DES TESTS DE CONSOMMATION ---------- 31

6.1.1 Rations de départ et premiers ajustements appliqués au protocole opérationnel ---------- *31*

6.1.2 Ration 1 (6 semaines pré-agnelage) ---------- *34*

6.1.3 Ration 2 (4 semaines pré-agnelage) et ajustements apportés au protocole ---------- *35*

6.2 NOMBRE FINAL DE BREBIS RETENUES POUR LES ANALYSES STATISTIQUES ET PERFORMANCES BRUTES MESURÉES LORS DE LA MISE-BAS DES FEMELLES DES DIFFÉRENTS GROUPES ---------- 43
6.3 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA CONSOMMATION VOLONTAIRE DE MATIÈRE SÈCHE DES FEMELLES ---------- 44
6.4 EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LE POIDS ET SUR L'ÉTAT DE CHAIR DES FEMELLES ---------- 47
6.5 EFFET DE LA PROLIFICITÉ SUR LES PRINCIPAUX PARAMÈTRES ZOOTECHNIQUES MESURÉS CHEZ LES FEMELLES ---------- 49
6.6 RÉSULTATS DE L'EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMÈTRES SANGUINS MESURÉS CHEZ LES FEMELLES EN BERGERIE DURANT LA PÉRIODE DE GESTATION. ---------- 52
6.7 RÉSULTATS DE L'EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMÈTRES SANGUINS MESURÉS DANS LES PROFILS MÉTABOLIQUES 54
6.8 RÉSULTATS DE L'EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA QUALITÉ DU COLOSTRUM DES BREBIS ---------- 71
6.9 RÉSULTATS DE L'EFFET DES TRAITEMENTS SUR LES PARAMÈTRES SANGUINS DES AGNEAUX ET SUR LEURS PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES PRÉ ET POST-SEVRAGE ---------- 74

7 CONCLUSION ---------- 86

8 DIFFUSION DES RÉSULTATS ET VISIBILITÉ ---------- 88

9 CONCILIATION DES DÉPENSES ---------- 89

10 RÉFÉRENCES ---------- 90

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. RÉPARTITION DES FEMELLES DANS LES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS À L'ÉTUDE. ---------- 18

TABLEAU 2. RÉPARTITION DES FEMELLES DANS LES LOGETTES INDIVIDUELLES, POUR LES TESTS DE CVMS, EN FONCTION DU TRAITEMENT EXPÉRIMENTAL.---------- 19

TABLEAU 3. COMPOSITION EN MATIÈRE SÈCHE, EN FIBRE, EN ÉNERGIE ET EN PROTÉINE DES FOURRAGES UTILISÉS DANS LE PROJET. --- 23

TABLEAU 4. NOMBRE DE FEMELLES ATTITRÉES ALÉATOIREMENT PAR TRAITEMENT EXPÉRIMENTAL EN FONCTION DU TRAITEMENT ALIMENTAIRE OPÉRATIONNEL ET DU TRAITEMENT RACE/ÂGE. ---------- 25

TABLEAU 5. GESTION DES QUANTITÉS DE COLOSTRUM SERVIES EN FONCTION DU TRAITEMENT EXPÉRIMENTAL.---------- 26

TABLEAU 6. CONSOMMATION RÉELLE DE MATIÈRE SÈCHE DES ANIMAUX AU DÉPART DU PROJET, CVMS VISÉES PAR LES NRC 2007 ET 1985, ET CONCENTRATIONS PROTÉIQUE ET ÉNERGÉTIQUE VISÉES DANS LES RATIONS DE FEMELLES PROLIFIQUES EN DÉBUT DE GESTATION (SELON LES NORMES DU NRC 2007). ---------- 31

TABLEAU 7. BALISES UTILISÉES POUR FORMULER LES RATIONS DES FEMELLES DES DIFFÉRENTS GROUPES POUR LA PÉRIODE COUVRANT LE DÉBUT DE LA GESTATION (85 À 115 JOURS DE GESTATION) ET RENCONTRER LA CVMS ET LES NIVEAUX ÉNERGÉTIQUES ET PROTÉIQUES VISÉS. ---------- 32

TABLEAU 8. COMPOSITION DES RATIONS DE DÉPART SERVIES DURANT LES SEMAINES 9 À 8 AVANT L'AGNELAGE POUR TOUS LES TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX. ---------- 33

TABLEAU 9. CONSOMMATION RÉELLE EN MATIÈRE SÈCHE (KG/TÊTE/JOUR) DES FEMELLES DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS 8 SEMAINES AVANT LA MISE-BAS (PREMIER TEST DE CONSOMMATION). ---------- 33

TABLEAU 10. COMPOSITION DES RATIONS SERVIES DURANT LES SEMAINES 7 À 6 AVANT L'AGNELAGE POUR TOUS LES TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX. ---------- 34

TABLEAU 11. CONSOMMATION RÉELLE EN MATIÈRE SÈCHE (KG/TÊTE/JOUR) DES FEMELLES DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS 6 SEMAINES AVANT LA MISE-BAS (SECOND TEST DE CONSOMMATION). ---------- 34

TABLEAU 12. CONSOMMATION VOLONTAIRE DE MATIÈRE SÈCHE ET CONCENTRATIONS ÉNERGÉTIQUE ET PROTÉIQUE VISÉES DANS LES RATIONS DE FEMELLES PROLIFIQUES EN FIN DE GESTATION (NORMES DU NRC 2007). ---------- 35

TABLEAU 13. BALISES UTILISÉES POUR FORMULER LES RATIONS DES FEMELLES DES DIFFÉRENTS GROUPES POUR LA PÉRIODE COUVRANT LA FIN DE LA GESTATION (116 À 145 JOURS DE GESTATION) ET RENCONTRER LA CVMS ET LES NIVEAUX ÉNERGÉTIQUES ET PROTÉIQUES VISÉS. ---------- 38

TABLEAU 14. COMPOSITION DES RATIONS SERVIES DURANT LES SEMAINES 5 À 4 AVANT L'AGNELAGE POUR TOUS LES TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX. ---------- 39

TABLEAU 15. CONSOMMATION RÉELLE EN MATIÈRE SÈCHE (KG/TÊTE/JOUR) DES FEMELLES DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS 4 SEMAINES AVANT LA MISE-BAS (TROISIÈME TEST DE CONSOMMATION). ---------- 40

Tableau 16. Composition des rations servies durant les semaines 3 à 2 avant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux. ---------- 41

Tableau 17. Consommation réelle en matière sèche (kg/tête/jour) des femelles des différents traitements 2 semaines avant la mise-bas (dernier test de consommation). ---------- 41

Tableau 18. Composition des rations servies durant les 2 dernières semaines précédant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux. ---------- 42

Tableau 19. Nombre final de femelles retenues pour les analyses statistiques et raison des rejets des femelles non considérées dans les analyses statistiques. ---------- 43

Tableau 20. Prolificité moyenne des femelles exposées aux différents traitements (données brutes). ---------- 44

Tableau 21. Consommation volontaire moyenne de matière sèche journalière mesurée chez les brebis et chez les agnelles durant la période de gestation (moyenne des moindres carrés - moyennes statistiques). ---------- 46

Tableau 22. Effets statistiques des traitements, de la maturité des femelles (brebis vs agnelles), de la période de gestation et des interactions Traitement*Maturité, Période*Maturité, Période*Traitement et Traitement*Maturité*Période, sur le poids et l'état de chair mesurés chez les femelles durant le projet. 47

Tableau 23. Moyennes des moindres carrés pour l'état de chair mesuré en bergerie en fonction de l'âge des animaux et de la période de la gestation (P < 0,0001). ---------- 48

Tableau 24. Moyennes de poids vif mesuré (kg) en bergerie en fonction des traitements, de la maturité des animaux (brebis vs agnelles) et de la période de la gestation. ---------- 49

Tableau 25. Moyennes statistiques (moyenne des moindres carrés) de prolificité en fonction de la maturité des brebis et des traitements. ---------- 49

Tableau 26. Répartition de la fréquence des femelles en fonction de la taille de la portée et nombre d'observations (nombre de brebis ou agnelles ayant eu des agneaux nés simple, doubles, triples, quadruples, quintuples ou sextuples). ---------- 50

Tableau 27. Moyennes des moindres carrés des différents paramètres zootechniques mesurés chez les femelles. ---------- 51

Tableau 28. Effets statistiques des traitements, de la maturité des femelles, de la période de gestation, du nombre d'agneaux nés et des interactions traitements, maturité et période, sur les taux de BHB et de glycémie mesurés en bergerie durant le projet. ---------- 52

Tableau 29. Moyennes des taux de BHB et de glycémie mesurés en bergerie en fonction de la maturité des animaux et de la période de la gestation. ---------- 53

Tableau 30. Nombre de profils métaboliques réalisés pour chacune des semaines de prélèvements en fonction de la taille de la portée, du traitement, de la maturité des animaux et du groupement d'individus (pools ou échantillons individuels). ---------- 56

Tableau 31. Liste des codes représentant les différents bilans interprétés avec les résultats issus des profils métaboliques et variables considérées à l'intérieur de chacun des bilans. L'interprétation de chacun des bilans est présentée dans la colonne à la droite du code. ---------- 57

Tableau 32. Liste des codes représentant les conclusions données suite à l'analyse des profils métaboliques.----------58

Tableau 33. Effets statistiques analysés dans le modèle sur les différents bilans issus des profils métaboliques. -------59

Tableau 34. Fréquence des profils où un effet significatif de la taille de la portée a été noté pour le bilan BE 5 (AGL et BHB élevé, état d'acétonémie), le bilan minéral BM 2 (excès de cuivre) et le bilan minéral BM 7 (déficience en cuivre).----------61

Tableau 35. Fréquence des profils où un effet significatif de l'interaction Traitement*Période a été noté pour le bilan hépatique BH1 (fonction hépatique normale), le bilan hépatique BH2 (forte activité de la fonction hépatique) et le bilan minéral BM2 (niveau de cuivre trop élevé). ----------62

Tableau 36. Effets du nombre de semaines avant la mise-bas sur les facteurs significatifs dans le modèle statistique.-63

Tableau 37. Effets statistiques analysés dans le modèle sur les différentes conclusions diagnostiques attribuées aux profils analysés. ----------66

Tableau 38. Effets du nombre d'agneaux nés sur les facteurs significatifs dans le modèle statistique. ----------67

Tableau 39. Fréquence des profils où un effet significatif de l'interaction Traitement*Période a été noté pour les diagnostics finaux (conclusions C2-2, C8 et C10). ----------68

Tableau 40. Effets du nombre de semaines avant la mise-bas sur les facteurs significatifs dans le modèle statistique pour les différentes conclusions diagnostiques. ----------69

Tableau 41. Moyenne, écart, minimum et maximum mesurés pour l'indice de réfraction et l'indice Brix du colostrum. 71

Tableau 42. Qualité du colostrum (indice Brix %), taille de portée, nombre d'agneaux élevés et nombre total de kg sevrés et produits chez les femelles ayant reçu un commentaire de problématique de production laitière. ----------73

Tableau 43. Effets des différentes variables étudiées es sur le profil sanguin des agneaux à 24 h et à 21 jours. ---------76

Tableau 44. Effets des différentes variables étudiées sur les performances zootechniques des agneaux entre la naissance et 100 jours. ----------76

Tableau 45. Effets significatifs causés par les différents traitements sur les paramètres sanguins chez les agneaux. --77

Tableau 46. Moyenne de mortalité observée entre les traitements. Moyenne brute non ajustée en fonction de la taille de la portée. ----------79

Tableau 47. Effets significatifs de la maturité de la mère sur les paramètres sanguins chez les agneaux.----------80

Tableau 48. Effets significatifs de l'administration de colostrum sur les paramètres sanguins et les performances zootechniques des agneaux. ----------81

Tableau 49. Effets significatifs du sexe sur les paramètres sanguins et les performances zootechniques chez les agneaux. ----------81

TABLEAU 50. EFFETS DE LA TAILLE DE PORTÉE SUR LES PARAMÈTRES SANGUINS ET LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES CHEZ LES AGNEAUX. ----------82

TABLEAU 51. EFFETS SIGNIFICATIFS DE LA RACE DU PÈRE DES AGNEAUX SUR LES PARAMÈTRES SANGUINS ET LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES CHEZ LES AGNEAUX.----------84

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. PLAN DE LA DISPOSITION DES TRAITEMENTS DANS LES PARQUETS D'ÉLEVAGE ET DANS LES LOGETTES INDIVIDUELLES. LE CHIFFRE INDIQUE LE NOMBRE DE FEMELLES PLACÉES DANS CHACUN DES PARQUETS D'ÉLEVAGE. ---------- 20

FIGURE 2. REPRÉSENTATION SCHÉMATISÉE DU DÉROULEMENT DU PROJET POUR LES FORMULATIONS ALIMENTAIRES. LES CARRÉS NOIRS REPRÉSENTENT LES JOURNÉES DE VALIDATION DE LA CONSOMMATION SUITE À L'AJUSTEMENT DES RATIONS. ---------- 22

FIGURE 3. CONSOMMATION VOLONTAIRE DE MATIÈRE SÈCHE (KG MS/TÊTE/JOUR) MESURÉE CHEZ LES AGNELLES DORSET*ROMANOV DES TROIS TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX EN FONCTION DU STADE DE LA GESTATION. ---------- 45

FIGURE 4. CONSOMMATION VOLONTAIRE DE MATIÈRE SÈCHE (KG MS/TÊTE/JOUR) MESURÉE CHEZ LES BREBIS ROMANOV DES TROIS TRAITEMENTS EXPÉRIMENTAUX EN FONCTION DU STADE DE LA GESTATION. ---------- 45

FIGURE 5. EFFETS DU TAUX DE BHB SANGUINS MESURÉS À L'AIDE DE BANDELETTES À LA NAISSANCE SUR LA MORTALITÉ DES AGNEAUX DE LA NAISSANCE À L'ABATTAGE (0 = VIVANTS; 1 = MORTS) ---------- 78

1 FAITS SAILLANTS

Voici les principaux faits saillants qui sont issus de ce projet :

- ***Alimentation des femelles hautement prolifiques en fin de gestation :***

  - ✓ Le NRC 2007 surestime largement la CVMS des femelles prolifiques en début de gestation. Entre 8 et 6 semaines avant l'agnelage, les antenaises consommaient environ 44% moins de MS que les recommandations du NRC, alors que chez les brebis adultes, cette valeur était de près de 30%. Il est ainsi indispensable d'ajuster la concentration énergétique et protéique de la ration afin de rencontrer les besoins nutritionnels des animaux et éviter un gaspillage excessif.

  - ✓ Le NRC 2007 surestime les apports en énergie métabolisable chez les antenaises en fin de gestation (4 dernières semaines). Cet apport trop élevé contribue à hausser les risques de rations contenant une teneur trop élevée en HCNS et plus particulièrement en amidon. Chez les antenaises, nos résultats suggèrent qu'une réduction de 10% du niveau d'EM recommandé par le NRC 2007, dans le dernier tiers de la gestation (dernières 4 à 6 semaines), permet de formuler des rations adéquates et n'affectant pas leur santé et leur métabolisme.

  - ✓ Le NRC 2007 suggère de débuter la transition alimentaire seulement au 133e jour de gestation. Cette pratique n'a pas été appliquée dans le projet puisque cette suralimentation est beaucoup trop près de la période de mise bas et des modifications alimentaires importantes auraient pu provoquer des problèmes métaboliques importants. Cette recommandation du NRC ne devrait pas être appliquée sur le terrain.

  - ✓ L'utilisation de fourrages peu fibreux a contribué à une hausse significative notable de la CVMS entre la 5e et la 4e semaine de gestation avant le début de la période de mise bas. L'utilisation de ce fourrage a probablement contribué à réduire l'incidence de toxémie de gestation, ainsi que le taux de mortalité des agneaux. L'utilisation d'un fourrage contenant moins de 30% de fibres ADF et moins de 45% de fibres NDF a ainsi contribué à une hausse de près de 40% de la CVMS chez les antenaises et de 37% chez les brebis adultes, et ce, dès l'introduction du fourrage dans cette période critique de la gestation. Des fourrages très jeunes et très peu fibreux pourraient ainsi contribuer largement à un meilleur statut métabolique et à une réduction de la mortalité des agneaux chez les femelles hautement prolifiques.

  - ✓ Les rations du traitement élevé en Énergie n'ont pas démontré d'avantage significatif. Par ailleurs, aucune différence significative évidente n'ayant été observée entre les traitements. Toutefois, les observations et les données brutes mesurées en bergerie suggèrent que des rations trop énergétiques (plus de 15% des besoins en EM), pourraient contribuer à hausser le taux de mortalité des agneaux.

  - ✓ Des ingrédients non acidogènes (fibres solubles ou sucres rapidement fermentescibles), devraient être plus couramment utilisés dans les rations de femelles hautement prolifiques. Ces ingrédients pourraient remplacer, en tout ou en partie, les ingrédients acidogènes tels que le maïs et l'orge. Ces ingrédients permettent de hausser le niveau d'énergie des rations sans affecter négativement l'équilibre ruminal. L'incorporation de ces ingrédients doit toutefois être évalués en fonction de leur disponibilité, de leur prix de substitution et de leur teneur en toxines.

  - ✓ En général, les rations servies ont permis aux femelles de produire un colostrum de qualité.

- ***Durée de la gestation et état métabolique des animaux :***

  - ✓ Les résultats issus des profils métaboliques ont démontré que les variations les plus importantes et significatives entre les différents bilans (énergétique, protéique, acido-basique, hydrique, …), étaient observées entre la 6e et la 2e semaines avant le début des agnelages. La période la plus critique semblait survenir à partir de 100 à 105 jours de gestation. Cette période devrait ainsi être ciblée par les vétérinaires praticiens souhaitant appuyer leurs clients pour identifier les problématiques métaboliques potentielles.
  - ✓ La mesure du taux de BHB sanguin des femelles en fin de gestation, à l'aide de bandelettes pharmaceutiques (Freestyle Precision), apparait le moyen le plus simple, le moins couteux et le plus rapide pour identifier les femelles présentant des niveaux de BHB problématiques (subclinique 0,8 à 3 mmol/l, clinique >3 mmol/l). Les mesures réalisées à l'aide des bandelettes étaient fortement corrélées aux mesures de BHB sériques issues des profils. Le résultat des mesures réalisées à l'aide des bandelettes est toutefois immédiat, ce qui permet d'appliquer immédiatement des mesures alimentaires correctives et préventives. L'outil de mesure Freestyle Precision Xtra est un outil fiable pour le suivi des taux de BHB.
  - ✓ La mesure du taux de glycémie sanguin des femelles en fin de gestation, à l'aide de bandelettes pharmaceutiques (Freestyle Precision) ou via les profils métaboliques semble moins pertinentes pour identifier les brebis présentant des problèmes métaboliques.
  - ✓ Les résultats obtenus avec les profils suggèrent que les valeurs de référence devraient être révisées chez les ovins. Cette affirmation est plus particulièrement vraie pour l'albumine, l'urée et la GGT, mais particulièrement pour le bilan des minéraux. Des projets complémentaires devraient ainsi être réalisés afin de corréler le niveau de certains minéraux (cuivre, sélénium et zinc) présents dans le foie, comparativement aux concentrations sériques dans les profils métaboliques. Ces informations permettraient sans aucun doute d'ajuster les valeurs de références ovines.
  - ✓ Les profils métaboliques devraient être utilisés dans la période de 6 semaines à 2 semaines pré-partum, comme un outil complémentaire à utiliser en cas de problèmes majeurs, et ce, si l'utilisation des mesures des taux sanguins de BHB à la ferme n'est pas suffisant pour valider des problèmes métaboliques.

- ***Colostrum artificiel***

  - ✓ L'utilisation de colostrum artificiel déshydraté n'a pas permis de rencontrer des taux de globuline sérique similaire entre les agneaux consommant ce colostrum, comparativement aux agneaux consommant exclusivement le colostrum de leur mère. Ceci pourrait résulter de la concentration en IgG du mélange final recommandé par le fabriquant. La concentration de poudre devrait ainsi être rehaussée, dans la mesure où l'émulsion demeure acceptable. Des essais complémentaires seraient souhaitables.

  - ✓ L'utilisation de colostrum artificiel LambGro/KidGro de Grober a permis de sauver une grande quantité d'agneaux et de réduire le taux de mortalité chez les femelles hautement prolifiques utilisées dans ce projet. L'administration de 3 repas complets de colostrum artificiel durant les 18 premières heures de vie, à un niveau de 50 ml/kg de poids vif/repas ou encore la supplémentation de colostrum aux agneaux n'ayant pas consommé suffisamment de colostrum

sous leur mère, a contribué à une hausse notable du nombre de kg produit au sevrage. Ainsi, cette pratique nous a permis de produire, au sevrage, soit vers l'âge de 50 jours, 1202 kg d'agneaux sous allaitement artificiel et 3794 kg d'agneaux élevés sous leurs mères.

- ✓ L'utilisation d'un réfractomètre de Brix est une technique simple, qui devrait être plus couramment employée en élevage. Cette technique permet de renseigner sur la concentration du colostrum, notamment en anticorps. La littérature a démontré que l'héritabilité de la sélection sur les composants du colostrum pourrait être de moyenne à élevée. Une sélection génétique est donc possible. Par-contre, il est important de souligner que la qualité du colostrum n'est pas nécessairement synonyme d'une forte quantité produite par la mère. Les éleveurs doivent donc évaluer régulièrement le gonflement de l'abdomen de leurs agneaux dans les 18 premières heures de vie, et ce, afin d'administrer une supplémentation de colostrum artificiel au besoin.

2 MISE EN CONTEXTE

Le modèle québécois de production ovine s'oriente de plus en plus vers l'utilisation de brebis prolifiques, afin d'augmenter le nombre de kg vendus par brebis, comme le prescrivent d'ailleurs les attentes de la Financière agricole du Québec, ou encore, de vendre davantage d'animaux reproducteurs. Cette augmentation de la prolificité s'accompagne de nombreuses problématiques liées à la santé des brebis en fin de gestation, notamment la toxémie de gestation et l'hypocalcémie, provoquant ainsi des pertes de brebis, mais surtout d'agneaux (brebis affaiblies, baisse de la production de colostrum, faible poids des agneaux à la naissance, etc.). D'ailleurs, le faible poids à la naissance et le nombre élevé d'agneaux par portée ont déjà été identifiés comme des facteurs importants de mortalité néonatale (CETBSL, CEPOQ et Rioux, 2005). Les recommandations concernant la régie des femelles en fin de gestation, notamment leur alimentation, et la régie du colostrum devaient être approfondies et validées.

3 REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

Au Québec, la mise en place d'un système d'Agence de vente pour répondre aux besoins du marché et régulariser la production a fait en sorte que de plus en plus de producteurs suivent des programmes de production accélérée telle la photopériode. Ainsi, en plus d'avoir des brebis prolifiques qui augmentent le nombre d'agneaux nés, le rythme d'agnelage plus rapide (1,2 à 1,5 agnelage par année) fait en sorte que les brebis sont davantage sollicitées et nécessitent une alimentation de pointe, particulièrement au plus fort de leur cycle de production, soit en fin de gestation. La survie des agneaux est liée à la nutrition des brebis lors de cette période (Binns et al. 2002). Le défi, particulièrement chez les brebis prolifiques, est de leur fournir une alimentation balancée adéquatement en énergie et en protéine pour assurer la croissance fœtale, les besoins physiologiques de l'animal, le développement de la glande mammaire et la production de colostrum et de lait subséquente. Or, au cours des dernières semaines de gestation, la consommation volontaire de matière sèche (CVMS) diminue chez les brebis prolifiques (Orr and Treacher, 1984), alors que la demande en nutriments augmente due à la présence de multiples fœtus. De plus, certains spécialistes suggèrent que les besoins des brebis prolifiques proposés dans les tables du NRC utilisées par les programmes de formulation alimentaire pourraient bien être sous-estimés (Lane, 2009).

Dans un tel contexte, il y a de fortes chances que les brebis prolifiques ne soient pas en mesure de combler leurs besoins réels en fin de gestation à partir des rations formulées en ce moment et qu'elles soient plus susceptibles de présenter des troubles métaboliques tels que l'hypocalcémie et la toxémie de gestation (Reid, 1968; Andrews, 1997). Cette dernière est causée par un déséquilibre entre les apports et les besoins énergétiques qui surviennent généralement dans les trois semaines précédant l'agnelage. La toxémie de gestation engendre chez la brebis divers problèmes de santé tels que : perte d'appétit, démarche saccadée, faiblesse, décubitus, mort des fœtus, infiltration graisseuse du foie et décès de la brebis. De plus, comme les besoins énergétiques des fœtus sont reliés à la disponibilité des nutriments provenant de l'alimentation de la mère, principalement le glucose (Clapp, 2006), les carences qui causent la toxémie sont susceptibles d'influencer le développement du fœtus. La toxémie de gestation (Andrew, 1997) ou encore une ration alimentaire inadaptée pendant la période pré-partum (Banchero et al., 2006) peut également avoir un impact sur le rendement total de colostrum (quantité d'immunoglobuline G [IgG]) produit pendant les 18 premières heures après la naissance (Mellor et Murray, 1985). Or, la quantité et la qualité du colostrum que reçoivent les agneaux sont des facteurs majeurs affectant le taux de mortalité néonatale de ceux-ci (Chaarani et al., 1991; Bekele et al., 1992).

De plus, une production insuffisante de colostrum et de lait diminue le lien maternel (Dwyer et al., 2003) et augmente le taux de mortalité des agneaux (Hashemi et al., 2008). Il a été démontré que les agneaux qui meurent pendant la période néonatale ont significativement moins d'immunoglobulines dans leur sang que les agneaux qui survivent à cette période critique (Ahmad et al., 2000). Ainsi, une production de colostrum de qualité et en quantité est extrêmement importante pour permettre aux agneaux naissants d'obtenir une protection immunologique adéquate (Pakkanen et Aalto, 1997). Afin d'assurer une bonne régie périnatale, l'évaluation de la qualité du colostrum pourrait s'avérer être un outil très utile pour les intervenants et producteurs. Pour ce faire, il serait possible d'utiliser un réfractomètre de Brix, facile d'utilisation, qui permet, avec une charte adaptée, de déterminer la teneur en IgG (g/L) du colostrum maternel (Quigley et al., 2013). Cette technique permettrait d'évaluer la qualité du colostrum des brebis et d'établir des balises pour l'administration de colostrum commercial.

Finalement, il a également été démontré que les toxémies de gestation prédisposent les brebis à développer des mammites immédiatement après l'agnelage (Barbagianni et al., 2015), ce qui se traduit par une lactation sous-optimale qui affecte la croissance des agneaux. Il y a là une raison de plus de mieux prévenir les maladies métaboliques. Pour effectuer une meilleure prévention, il faut avoir les moyens de bien déceler les problèmes métaboliques par des profils sanguins adaptés et/ou des techniques à la ferme. La mesure des acides gras libres et/ou des corps cétoniques tels que le B-hydroxybutyrate (BHB) permettent un suivi individuel ou de troupeau des changements de l'équilibre énergétique chez la chèvre (Sadjadian et al., 2012). Chez la chèvre laitière, il existerait une corrélation négative entre la concentration sanguine en BHB et en IgG (Hefnawy et al., 2010). D'autre part, l'hypocalcémie, une maladie métabolique souvent rencontrée en même temps que la toxémie (Brozos et al. 2011) serait aussi responsable de l'augmentation des corps cétoniques dans l'organisme. Grâce à un test réalisable à la ferme (appareil Précision Xtra, nouvellement remplacé par le Freestyle Precision), il serait possible de déterminer les taux de B-hydroxybutyrate (BHB) chez la chèvre laitière ((Doré et al., 2013), et ainsi déceler les deux maladies métaboliques discutées ici. Pour mieux déceler les problèmes métaboliques en fin de gestation chez la brebis, il faut être en mesure d'effectuer des diagnostics basés sur des tests adaptés accompagnés de chartes de résultats cibles, et de connaître et comprendre les défis alimentaires des brebis prolifiques en période pré-partum. Une meilleure approche alimentaire permettrait de limiter ou d'éliminer ces problèmes métaboliques qui affectent l'état de santé des brebis, la croissance fœtale et la production de colostrum et donc de diminuer le taux de mortalité néonatale qui est attribuable dans 18-19 % des cas à des troubles d'allaitement (manque de colostrum, mammite, brebis non laitières, portées multiples) (Cimon et al., 2005).

Au Québec, un projet dirigé par le Dr François Castonguay de l'Université Laval est présentement en cours. Ce projet a pour objectif de préciser les valeurs de CVMS de différents types de moutons dans le contexte spécifique de l'élevage ovin québécois dans le but d'améliorer l'efficacité alimentaire et permettre la formulation de rations répondant davantage aux exigences nutritionnelles des ovins du Québec, tout en réduisant le gaspillage d'aliments, les rejets de nutriments et les coûts de production. Les résultats de ce projet seront connus à l'automne 2019.

4 RAPPEL DES OBJECTIFS

L'objectif du présent projet était de mettre en place des recommandations permettant d'améliorer la régie alimentaire des brebis en fin de gestation pour :

a) Étudier l'effet de rations contenant différents niveaux d'énergie sur les performances zootechniques et sur l'état de santé de femelles prolifiques en fin de gestation;

b) Réduire les risques de maladies métaboliques chez les brebis prolifiques;

c) Étudier les courbes des différents paramètres issus des profils métaboliques, principalement en fin de gestation, chez les brebis prolifiques en fonction des rations alimentaires offertes;

d) Établir le meilleur moment pour effectuer les profils métaboliques afin de mieux détecter ces maladies en fin de gestation, et plus particulièrement la toxémie de gestation;

e) Favoriser la production de colostrum de qualité en termes d'immunoglobulines;

f) Induire une meilleure défense immunitaire aux agneaux et conséquemment, réduire la mortalité néonatale des agneaux.

Ajoutons que ce projet a également permis d'en savoir beaucoup plus sur la consommation volontaire de matière sèche et sur les besoins énergétiques de femelles Romanov et d'agnelles hybrides prolifiques en fin de gestation. En effet, puisque la concentration énergétique des différentes rations servies devait demeurer constante et refléter adéquatement les recommandations du NRC 2007 et les besoins du protocole opérationnel, la consommation volontaire de matière sèche (CVMS) a été mesurée de façon précise. La quantité de matière sèche consommée réellement par les animaux permettait d'ajuster la concentration énergétique des rations. Ce projet a donc rencontré un objectif non listé au préalable, soit celui d'estimer la CVMS de femelles prolifiques en fin de gestation.

5 MATÉRIEL ET MÉTHODES

5.1 Période de prédémarrage du projet – Adaptation des animaux

Un total de 113 femelles prolifiques (71 Romanov pur-sang et 42 agnelles hybrides prolifiques Dorset*Romanov) ont été achetées par le Centre de développement bioalimentaire du Québec (CDBQ) à l'été 2016. Suite à leur arrivée, les femelles ont été placées en quarantaine et ont reçu tous les traitements de santé préventifs nécessaires à leur incorporation dans leur nouvel environnement.

Parmi les femelles Romanov pur-sang, on retrouvait 56 brebis adultes (âge moyen de 2,8 ans) qui avaient toutes agnelé au moins une fois (primipares et multipares). Le reste du groupe de femelles Romanov était composé de 15 agnelles âgées d'environ 12 mois lors de l'achat. Ces jeunes femelles n'avaient jamais été placées à la saillie. Les agnelles F1 étaient nées entre les mois de janvier et de mars 2016. Afin de préparer les femelles adéquatement pour le projet, des rations ont été calculées en fonction des besoins nutritionnels des animaux. Ces besoins nutritionnels considéraient l'âge des animaux (brebis adultes, jeunes agnelles en croissance), leur état de chair et leur poids vif. L'objectif des rations servies avant le début du projet visait à ce que toutes les agnelles rencontrent le poids minimum lors de la saillie et que l'ensemble des femelles ait un état de chair adéquat et relativement similaire.

Toutes les femelles ont été placées sous un traitement de photopériode. Ainsi, dès leur arrivée, les femelles ont été exposées à une durée lumineuse de 16 h d'éclairement par jour (jours longs) pour une période minimale de 4 mois. La transition sous une durée lumineuse de 8 h d'éclairement par jour (jours courts) a été réalisée 55 jours avant la date prévue des accouplements. Ce traitement photopériodique est utilisé dans tous les bâtiments du CDBQ depuis 2015 et vise à optimiser les résultats de fertilité lors de projets de recherche. Notons que même si les femelles étaient exposées à ce traitement de photopériode, une synchronisation hormonale a été réalisée, et ce, afin de connaître précisément la date de mise-bas et l'âge des fœtus en développement (pour chaque semaine de test alimentaire en fin de gestation).

Une semaine avant la préparation des saillies, toutes les femelles ont été pesées, leur état de chair a été noté et tout commentaire pertinent sur leur condition de santé a été noté. Une brebis Romanov a été retirée du projet, car elle présentait un état de chair insuffisant et semblait atteinte d'un amaigrissement progressif et chronique. Cette brebis est morte quelques semaines après le début des saillies des autres femelles. Mises à part quelques problématiques de conjonctivite sur certains sujets, résultant probablement de leur incorporation dans le troupeau et du mélange d'animaux de différentes provenances (4 provenances), aucune autre problématique majeure de santé n'a été notée. Soulignons que durant l'ensemble du projet, les mesures d'état de chair ont toujours été prises par la même personne, et ce, dans le but de réduire l'effet subjectif de cette donnée.

5.2 Mise au bélier et saillies

Dans le but de faciliter le suivi du projet et ajuster adéquatement les rations en fin de gestation, une synchronisation hormonale était nécessaire. Les 112 femelles ont donc été soumises à un traitement hormonal (CIDR- Zoetis) dans le but de synchroniser leurs chaleurs et les saillies, et ainsi connaître avec une plus grande précision le moment de la période de mise-bas. Le 4 novembre 2016, un CIDR a été

placé dans le vagin de chaque femelle pour une période de 5 jours. Au retrait du CIDR (le 9 novembre 2016), chaque femelle a reçu une injection de 4 ml de prostaglandine ($PGF_{2\alpha}$ – Lutalyse®) et 1,5 ml d'eCG (Folligon, Intervet, Pregnant Mare Serum Gonadotropin – 200 U.I. PMSG/ml). Les béliers étaient introduits dans les groupes de femelles 24 h après le retrait des CIDR. Ainsi, les saillies du projet ont débuté le 10 novembre 2016. Un ratio de 1 mâle pour 5 à 8 femelles a été respecté lors des accouplements. Chaque bélier était placé dans un parc avec les femelles qui lui étaient attitrées. Les agnelles n'étaient pas mélangées avec les brebis lors des accouplements.

Étant donné le grand nombre de femelles synchronisées au même moment pour les accouplements et le faible ratio bélier/brebis qui devait être respecté pour obtenir du succès, un grand nombre de béliers était requis. Trois races différentes de béliers ont été utilisées pour les saillies, soit la totalité des mâles adultes qui étaient disponibles dans le troupeau. Chaque bélier a été utilisé de façon individuelle, et ce, de façon à connaitre le père des agneaux et ainsi, le cas échéant, être en mesure d'utiliser cette variable dans les analyses statistiques. Les 70 femelles de race Romanov ont été placées avec des béliers de race Dorset ou Romanov. Tous les béliers adultes de race Dorset qui étaient disponibles dans le troupeau du CDBQ ont été utilisés. Ces sept béliers Dorset ont sailli un total de 38 femelles Romanov. Le reste des femelles Romanov a été placé à la saillie avec 4 différents mâles de race Romanov (32 femelles-ratio 1 : 8 femelles). Les agnelles F1 DPRV ont été placées avec 4 différents béliers de race Suffolk. Les béliers Suffolk ont ainsi assuré la saillie d'un maximum de 32 agnelles (ratio 1 : 8 femelles) et le reste des agnelles F1 (10) ont été accouplées avec des mâles de race Dorset (déjà utilisés pour les saillies des agnelles Romanov). Les groupes d'accouplement ont été réalisés en fonction de l'âge, du poids, de l'état de chair et du croisement des animaux. En race pure, la consanguinité des animaux devait aussi être respectée. Les femelles étaient donc groupées afin d'uniformiser leur poids et leur état de chair et de servir des rations permettant d'uniformiser les états de chair durant la période de saillie. Il était très important que toutes les femelles atteignent un état de chair relativement similaire et convenable (3,0-3,5), lors de l'échographie de gestation. La période de saillies a été d'une durée de 35 jours et on notait les comportements de chaleur, ou de retour de chaleur chez les femelles (utilisation de harnais marqueur chez les béliers).

L'échographie de gestation a été réalisée 40 jours après le retrait des béliers (75 jours de la mise au bélier). Les taux de fertilité ont été de 100 % chez les agnelles DPRV et de 95,5 % chez les femelles Romanov (3 brebis non gestantes/67 femelles échographiées). Malheureusement, dans les jours précédant l'échographie de gestation, 3 brebis Romanov sont mortes (2 cas de listériose et une mortalité de cause inconnue). Lors de l'échographie de gestation (25 janvier 2017), le poids et l'état de chair ont été notés, ainsi que tout commentaire pertinent sur l'état de santé des animaux.

5.3 Répartition des femelles entre les traitements expérimentaux

Suite à l'échographie de gestation, 42 agnelles DPRV et 64 femelles Romanov étaient disponibles pour une répartition dans les trois traitements. Puisque ce nombre dépassait nos attentes et que certaines femelles ne satisfaisaient toujours pas nos besoins pour le projet (accouplement sur un retour de chaleur, poids vif insuffisant), 4 femelles de race Romanov n'ont pas été retenues pour les besoins du projet. Ainsi, la répartition des groupes s'est faite sur un total de 102 femelles, soit 42 agnelles DPRV et 60 femelles Romanov (11 antenaises et 49 brebis).

Initialement, le protocole prévoyait utiliser uniquement des brebis adultes de race ou croisement prolifique (primipares ou multipares). Toutefois, la disponibilité des femelles adultes en production de ce type génétique est rare au Québec. Il a donc été nécessaire d'acquérir des agnelles DPRV. Puisque les agnelles DPRV étaient d'un génotype différent de celui des Romanov, qu'elles étaient très jeunes lors de la saillie (environ 8 mois) et aussi plus légères, ces dernières ne pouvaient pas recevoir les mêmes rations que celles servies aux sujets adultes ou plus matures. Ces agnelles avaient des besoins nutritionnels plus élevés pour soutenir leur gestation et leur croissance. Concernant les 11 antenaises Romanov, étant donné leur développement et leur âge avancé lors de la saillie (près de 20 mois), nous avons considéré qu'elles pouvaient recevoir une ration similaire à celle servie aux brebis Romanov primipares et multipares. Ainsi, des trois traitements prévus initialement au projet, nous avons ajouté le facteur âge (brebis et agnelles). Un total de 6 différents traitements a donc été appliqué, soit 3 traitements alimentaires (Témoin, Témoin-Ajusté, Énergie) et 2 traitements d'âge (brebis, agnelles). Le traitement d'âge représentait aussi le croisement, puisque toutes les agnelles étaient composées du croisement DPRV. Concernant les traitements alimentaires, ces derniers étaient planifiés comme suit :

- **Témoin** : Ration permettant de combler les besoins du NRC 2007 (en terme d'énergie et de consommation volontaire de matière sèche)

- **T-Ajusté**: Ration permettant de combler les besoins du NRC 2007 (en terme d'énergie, mais avec ajustement de la ration en fonction de la CVMS)

- **Énergie** : Ration permettant de combler les besoins du NRC 2007 + Énergie (Besoin en énergie haussé de 15 %, ajustement de la ration en fonction de la CVMS)

La répartition des 102 femelles entre les 3 différents traitements s'est donc faite de façon aléatoire parmi les femelles du même âge, de la même race (ou croisement) et du même état de chair. Ainsi, à la fin de la répartition aléatoire, on devait s'assurer qu'il n'y avait pas d'écart entre les moyennes d'âge, de poids et d'état de chair des femelles composant chacun des groupes. Au total, les 102 femelles ont été réparties ainsi : 14 agnelles DPRV réparties dans les trois différents traitements d'alimentation et 20 femelles de race Romanov réparties dans les trois traitements expérimentaux.

Tableau 1. Répartition des femelles dans les différents traitements à l'étude.

TRAITEMENT ÂGE/RACE	TRAITEMENT ALIMENTAIRE	NOMBRE	MOYENNE DE POIDS (KG)	MOYENNE D'ÉTAT DE CHAIR	MOYENNE D'ÂGE (AN)
DPRV Agnelles	*TÉMOIN*	14	62,6	3,6	0,9
	T-AJUST	14	62,7	3,7	1,0
	ÉNERGIE	14	62,6	3,6	1,0
Romanov Matures	*TÉMOIN*	20	75,4	3,3	2,8
	T-AJUST	20	75,2	3,4	2,9
	ÉNERGIE	20	75,3	3,4	2,8

5.4 Répartition des femelles dans les logettes individuelles

Afin de vérifier la consommation volontaire de matière sèche des animaux, pour ainsi valider et ajuster les rations des trois groupes expérimentaux, il était nécessaire d'évaluer la CVMS individuelle des femelles soumises à chacun des traitements alimentaires. Dans le protocole initial, il était prévu d'avoir un seul type génétique et des femelles matures (besoins nutritionnels équivalents). Dans cette hypothèse, il avait été planifié d'évaluer la consommation individuelle de 8 femelles/traitement alimentaires, pour un total de 24 femelles placées à l'intérieur de logettes individuelles. Toutefois, étant donné la présence de jeunes agnelles, dont le type génétique était différent des femelles adultes ou matures, il était nécessaire de doubler le nombre de logettes individuelles pour mesurer adéquatement la CVMS par âge et par type génétique. Ainsi, parmi les 60 femelles Romanov des 3 différents traitements expérimentaux, 24 ont été placées en logettes individuelles pour mesurer leur CVMS. Le reste des brebis Romanov ont été réparties en 3 parcs d'élevage (1 parc/traitement – 12 femelles par parc d'élevage). Afin de mesurer la CVMS des agnelles DPRV, 24 femelles ont été placées à l'intérieur de logettes individuelles et le reste des agnelles ont été placées au sein de 3 parcs d'élevage (1 parc/traitement – 6 femelles/parc d'élevage). Au CDBQ, les logettes individuelles sont situées dans une section isolée du reste de la bergerie (section agnelage). On s'est donc assuré que les femelles de cette section étaient exposées à la même durée lumineuse que les femelles des mêmes traitements qui avaient été placées dans les parcs d'élevage. La température était contrôlée et similaire entre les différentes sections (ventilation mécanique, sections isolées et tempérées). La figure 1 (page suivante) présente la distribution des traitements dans les bâtiments d'élevage.

Les femelles pour les tests de CVMS ont été sélectionnées aléatoirement entre les différents traitements, en prenant en considération leur âge, leur état de chair et leur poids. Ainsi, après la répartition, il était essentiel de s'assurer qu'il n'y ait pas de différences entre les traitements concernant la moyenne d'âge, de poids et d'état de chair des femelles. Par ailleurs, puisque la salle contenant les logettes dispose de portes, d'entrées et de sorties d'air réparties à différents endroits dans la pièce et que ces facteurs auraient pu affecter la CVMS, la répartition des traitements s'est faite de façon entièrement aléatoire entre l'ensemble des logettes disponibles dans la section. Le tableau suivant présente le nombre et les moyennes d'âge, de poids et d'état de chair des femelles placées en logette pour chacun des traitements.

Tableau 2. Répartition des femelles dans les logettes individuelles, pour les tests de CVMS, en fonction du traitement expérimental.

TRAITEMENT ÂGE/RACE	TRAITEMENT ALIMENTAIRE	NOMBRE	MOYENNE DE POIDS (KG)	MOYENNE D'ÉTAT DE CHAIR	MOYENNE D'ÂGE (AN)
DPRV Agnelles	*TÉMOIN*	8	65,1	3,6	0,9
	T-AJUST	8	65,1	3,7	1,0
	ÉNERGIE	8	65,1	3,6	1,0
Romanov Matures	*TÉMOIN*	8	75,4	3,4	2,7
	T-AJUST	8	75,4	3,3	2,8
	ÉNERGIE	8	75,2	3,4	2,9

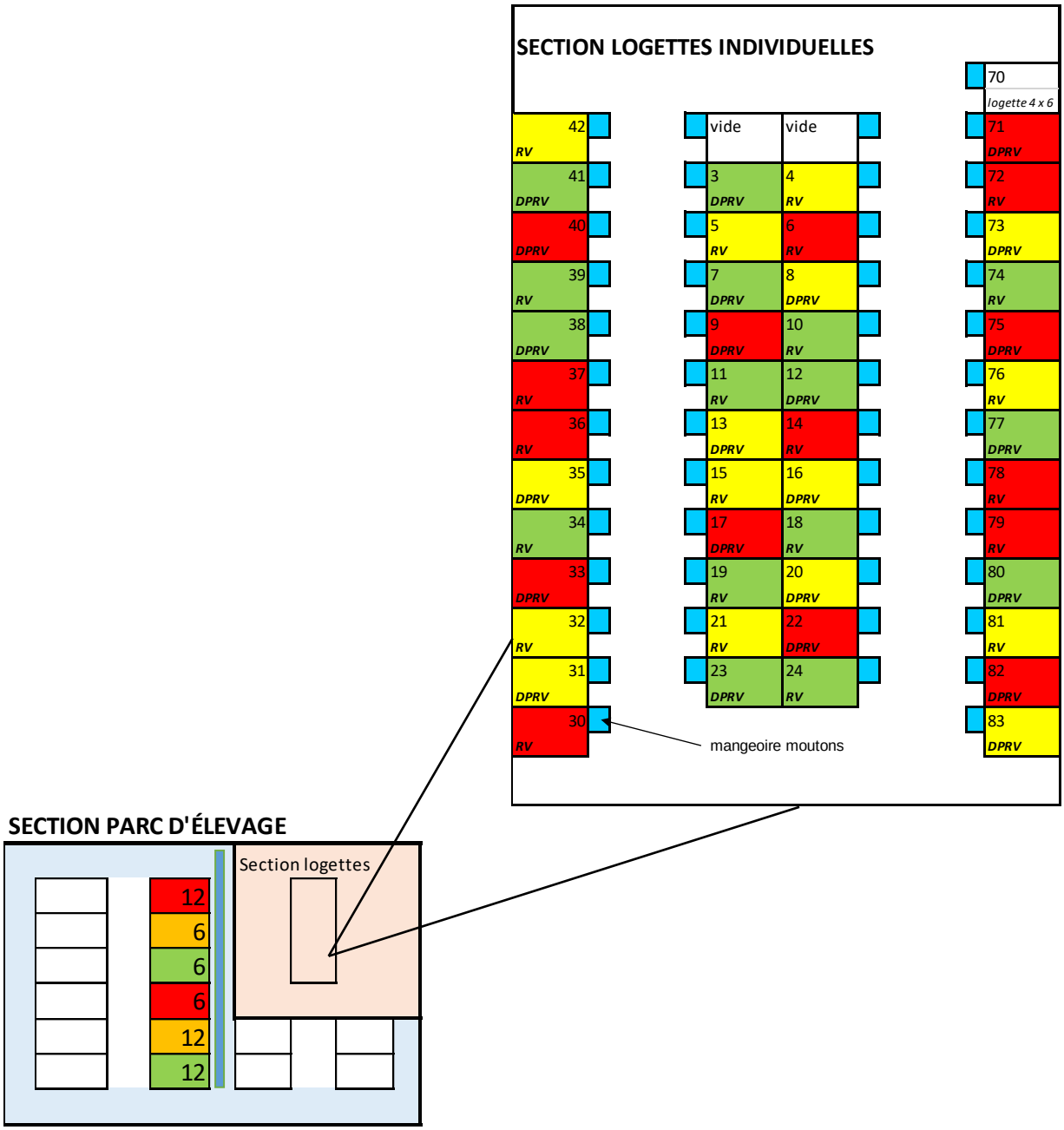

Figure 1. Plan de la disposition des traitements dans les parquets d'élevage et dans les logettes individuelles. Le chiffre indique le nombre de femelles placées dans chacun des parquets d'élevage.

5.5 Prévention sanitaire et régie d'élevage appliquée à tous les groupes

Dans le but de prévenir des épisodes d'avortement, souvent présents lors d'introduction de nouveaux sujets, lors de l'introduction d'agnelles ou d'animaux de différentes provenances, des traitements préventifs d'antibiotiques ont été administrés suite à l'échographie de gestation, 7 semaines et 3 semaines avant la mise-bas (tétracycline).

Les femelles de tous les traitements ont également été vaccinées 7 semaines et 3 semaines avant la mise-bas avec deux vaccins (Tasvax 8 et Case Bac), et ce, afin de notamment prévenir l'entérotoxémie (différentes souches de clostridies), le tétanos et la lymphadénite caséeuse. Les brebis ont également été tondues 7 semaines avant la mise-bas.

5.6 Mesures réalisées sur les femelles durant la période de gestation

À partir de l'échographie (10 semaines avant la mise-bas), le poids et l'état de chair des femelles ont été notés à intervalle de deux semaines, et ce, jusqu'à la mise-bas (8, 6, 4 et 2 semaines avant l'agnelage). Lors de chacune des journées de mesure de poids et d'état de chair, un test de glycémie et de bêta-hydroxy-butyrate (BHB) était également réalisé sur chacune des femelles (bandelettes pharmaceutiques Freestyle *Precision*). Au même moment, un prélèvement sanguin était réalisé afin d'isoler le sérum (après centrifugation) pour d'éventuels profils métaboliques. Les échantillons de sérum seront regroupés ultérieurement, et ce, en fonction de la prolificité mesurée chez les femelles des différents traitements après l'agnelage. Les mesures de BHB, de glycémie et un prélèvement sanguin ont aussi été réalisé lors de l'agnelage de chacune des femelles. Ainsi, les tests sanguins ont été recueillis à 5 reprises durant la phase expérimentale. Finalement, trois semaines avant la mise-bas, le poids, l'état de chair et la capacité au passage des sangles de chaque femelle ont été mesurées. La mesure au passage des sangles est une mesure qui a été ajoutée en cours de projet afin de déterminer l'effet de la capacité thoracique sur le poids, l'état de chair, la consommation de volontaire de matière sèche des femelles et leur productivité globale.

5.7 Tests de consommation et aliments utilisés

La majeure partie de ce projet reposait sur l'élaboration de rations et le suivi de la consommation volontaire de matière sèche durant la période de gestation. Des tests de consommation ont ainsi été réalisés chez les femelles placées dans les logettes individuelles. Ces tests de consommation ont débuté deux semaines suivant l'échographie (répartition entre les traitements expérimentaux) et se sont terminés 2 semaines avant la date prévue des mise-bas. Les évaluations de consommation ont donc été réalisées 8, 6, 4 et 2 semaines avant l'agnelage.

Afin de réaliser les évaluations de consommation, la ration de chaque brebis placée en case individuelle était soigneusement pesée et mesurée sur une période de 4 jours. Ainsi, lors des semaines visées par les tests de consommation, les quantités de fourrages, de concentrés et de minéraux servis à chaque animal en logette individuelle étaient pesées le matin et les refus totaux étaient pesés le lendemain matin. Le premier repas de la semaine de test de consommation était servi le lundi et les derniers refus étaient mesurés le vendredi matin de la même semaine. Cette période de 4 jours de test de

consommation permettait d'évaluer avec plus de précision la consommation individuelle journalière moyenne de chaque animal. La consommation évaluée lors de chaque semaine de test visait à ajuster les rations servies aux animaux des traitements T-Ajust et Énergie. Les rations ajustées étaient planifiées lors de chaque semaine suivant les tests de consommation. Les rations ajustées ont donc été servies aux brebis lors des semaines 7, 5, 3 et 1 avant la période d'agnelage. La figure 2 illustre schématiquement les formulations préparées pour le projet en fonction du temps. Notons que suite à chaque formulation, la consommation des femelles était revalidée sur une proportion des brebis de chaque traitement en logette individuelle. Cette validation était toujours réalisée une semaine avant la semaine ciblée pour effectuer chaque test de consommation. Ce suivi permettait de s'assurer que les calculs de formulation étaient adaptés à la consommation réelle des animaux. Des ajustements mineurs pouvaient ainsi être réalisés avant la semaine de test, ce qui permettait d'avoir une consommation plus stable et constante chez les femelles lors de la semaine d'évaluation de consommation volontaire de matière sèche.

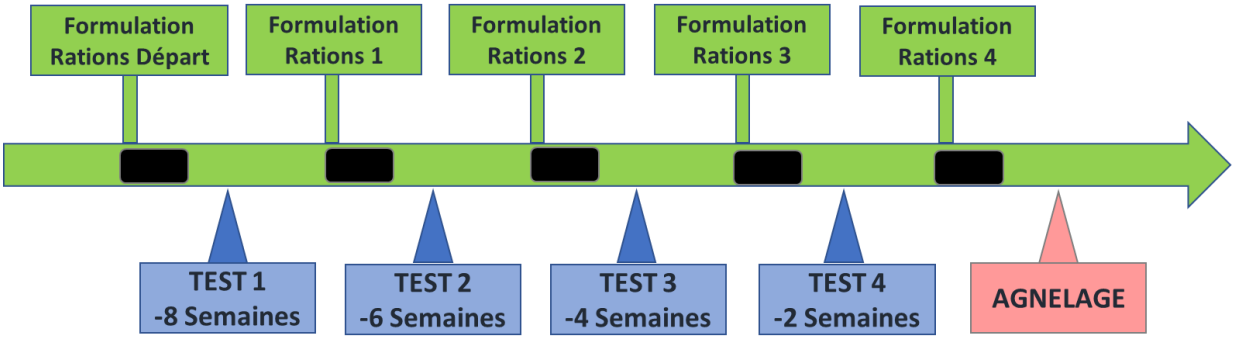

Figure 2. Représentation schématisée du déroulement du projet pour les formulations alimentaires. Les carrés noirs représentent les journées de validation de la consommation suite à l'ajustement des rations.

Les aliments utilisés étaient les mêmes pour chaque traitement, mais leur incorporation variait en fonction du traitement visé (niveau d'énergie variable). Ainsi, du maïs grain, un minéral personnalisé, de la pierre à chaux, du tourteau de soya, de l'ensilage de maïs et deux ensilages d'herbe ont été utilisés (teneur moyenne et haute teneur en protéines brutes - PB). Dans les 15 premières semaines de gestation, toutes les femelles ont reçu un ensilage d'herbe à teneur moyenne en protéine brute. Le fourrage à plus haute teneur en protéine brute a été servi aux femelles de tous les traitements dans la phase de transition agnelage, soit lors des 4 dernières semaines précédant la mise-bas. L'ensilage de maïs a été utilisé dans tous les traitements, mais en proportion variable, et ce, en fonction de la concentration énergétique recherchée dans la ration consommée.

Des analyses complètes ont été réalisées sur les fourrages à plusieurs reprises durant le projet. Des analyses complémentaires visant à évaluer le taux de matière sèche (Koster), ont été réalisées à 2 reprises durant les tests de consommation. Ainsi, pour chaque ensilage d'herbe, 2 analyses étaient disponibles (fourrage à teneur moyenne en PB : analyse 1 pour ration de départ et analyse 2 pour ration 1 /fourrage à haute teneur en protéine : analyse 1 pour ration 2 et analyse 2 pour rations 3 et 4). Les teneurs en énergie métabolisable (EM, Mcal/kg) et les Unités nutritives totales (UNT, %) ont été

calculées avec les formules d'équations de McQueen en tenant compte de la proportion de fibres ADF (%) et NDF (%) dans les fourrages. Le tableau 3 présente la composition en matière sèche, en fibre, en énergie et en protéine des différents fourrages utilisés dans le projet.

Notons que tous les aliments servis durant ce projet (logette individuelle, parc d'élevage), ont été pesés quotidiennement sur toute la période de gestation des animaux. Ce projet a ainsi permis d'estimer avec une grande précision la CVMS de deux génotypes d'animaux de type prolifique et d'âges différents en fin de gestation.

Tableau 3. Composition en matière sèche, en fibre, en énergie et en protéine des fourrages utilisés dans le projet.

FOURRAGES	MS (%)	ADF (%)	NDF (%)	EM (MCAL/KG)	UNT (%)	PB (%)
Teneur moyenne en protéine brute Ensilage demi-sec enrobé 1e coupe (mélange).	45,0 %	37,5	55,2	2,03	56,2	14,9
Teneur élevée en protéine brute Ensilage demi-sec enrobé 2e coupe (mélange)	51,0 %	28,8	45,0	2,35	66,1 %	18,6
Ensilage de maïs	32,9 %	24,1	38,2	2,70	75.0 %	7,0

5.8 Type de rations servies durant le projet et limites appliquées dans la formulation

Dans la semaine suivant la répartition, les femelles de chacun des traitements ont reçu une ration permettant de satisfaire les besoins du protocole expérimental. Les rations ont été préparées en fonction des normes du NRC 2007, selon le poids et l'âge des animaux. Ainsi, les agnelles ont reçu des rations permettant de combler les besoins d'antenaises prolifiques d'un poids moyen de 60-65 kg. Les brebis Romanov ont quant à elles reçu des rations permettant de combler les besoins nutritionnels de brebis prolifiques d'un poids moyen de 70 à 75 kg.

Durant toutes les semaines du projet, on s'assurait que les rations soient isoprotéiques, et ce, afin de n'avoir que le taux d'énergie comme variable entre les traitements. Le mélange d'ensilage de maïs et d'ensilage d'herbe était limité à un maximum d'incorporation de 60 % d'ensilage de maïs et un minimum de 40 % d'ensilage d'herbe, sur une base TQS. Ainsi, globalement, le maïs ensilage ne devait pas compter plus de 40 % de la ration sur une base de matière sèche. Puisque la consommation volontaire des brebis était déterminante dans l'ajustement des rations, on devait s'assurer que les brebis consomment toutes à leur faim, mais qu'il ne reste pas trop de refus dans les mangeoires. En effet, les traitements T-Ajust et Énergie nécessitaient que la concentration en énergie métabolisable soit ajustée en fonction de la quantité d'aliments réellement consommés. Afin de rencontrer cet objectif, on devait s'assurer d'avoir

10 à 12 % de refus dans les mangeoires. La consommation des femelles était donc suivie de près dans la semaine précédant les tests de consommation.

Parmi les autres limites ciblées, dans tous les traitements, on s'est assuré de servir des rations qui ne rendraient pas les animaux malades. Ce sont ces limites qui ont été responsables des modifications qui ont dû être apportées au protocole (modifications décrites plus loin). Ainsi, dans toutes les rations, on visait un minimum de 18 % à 21 % de fibres ADF et un minimum de 28 % de fibres NDF. Une teneur maximale d'hydrates de carbone non structuraux de 35 % à 40 % était visée et on tentait de ne pas dépasser une teneur de plus de 25 % à 30 % d'amidon servi dans la ration totale. Ces niveaux seuils étaient visés afin de ne pas causer d'autres problèmes métaboliques non souhaitables, comme l'acidose (manque de fibre, trop d'amidon). De nombreux ajustements ont été nécessaires afin de respecter le bien-être des animaux et satisfaire les besoins du protocole opérationnel. Finalement, dans l'objectif de ne pas causer d'hypocalcémie, un rapport calcium : phosphore de près ou plus de 2 : 1 devait être rencontré dans toutes les rations. La pierre à chaux était donc ajoutée au minéral afin de rencontrer ce rapport dans les rations plus riches en grains.

5.9 Période de mise-bas et soins aux agneaux

En fonction de la date de mise au bélier, les agnelages pouvaient débuter le 29 mars (139 jours de gestation) et la majeure partie des agnelages étaient prévus entre le 2 et le 5 avril 2017.

Lors de l'agnelage, les brebis étaient placées en logette individuelle (taille 4'X6') pour une période de 24 à 48 h. Toutes les mesures prévues au protocole (sur les brebis et sur les agneaux) étaient alors faites durant cet intervalle.

Ainsi chez les brebis, à l'intérieur d'une période de 24 h suivant la parturition, un prélèvement sanguin était effectué sur chaque animal (sérum pour effectuer un profil métabolique), des tests de glycémie et de BHB étaient réalisés à l'aide de bandelettes pharmaceutiques *(Freestyle Precision*), le poids vif et l'état de chair étaient notés et un échantillon de colostrum était recueilli. Tous commentaires sur l'état de santé général des brebis étaient notés et les données zootechniques standards étaient prises en note (nombre d'agneaux nés, nombre d'agneaux mort-nés, nombre d'agneaux avortons, difficulté de mise-bas, assistance…). Tous les commentaires sur l'état de la mamelle étaient aussi notés (manque de lait, mammite, induration, quartier non fonctionnel, etc.). Les trayons étaient vérifiés à la mise-bas afin de s'assurer de la disponibilité du colostrum et de l'absence d'obstruction au niveau du trayon et de la glande mammaire.

À la naissance, le nombril de tous les agneaux était désinfecté avec une solution de chlorhexidine. Dès que les agneaux étaient secs, ces derniers recevaient une injection de vitamines A-D et de vitamines E-Se, leur poids de naissance ainsi que leur sexe étaient notés. On procédait ensuite à la caudectomie par la pose d'un anneau élastique prévu à cette fin et chaque agneau était identifié de façon permanente avec des identifiants d'Agri-Traçabilité Québec (panneau visuel et puce électronique). Tout commentaire pertinent sur les agneaux était aussi pris en note (faible, moribond, entropion, handicap, etc.). À la naissance, une mesure de glycémie et de BHB était aussi réalisée sur chacun des agneaux nés vivants au sein d'une portée.

Dans les 2 à 3 heures suivant la naissance, on s'assurait que les agneaux avaient consommé une quantité adéquate de colostrum par évaluation du gonflement de l'abdomen. Les agneaux qui n'avaient pas consommé suffisamment de colostrum de leur mère (manque de lait, prolificité élevée, mammite, induration…) se voyaient recevoir un à trois repas de colostrum déshydraté durant les 18 premières heures de vie (Grober nutrition, LambGro/KidGro colostrum). Concernant la quantité de repas ainsi que la quantité de colostrum servie par repas aux agneaux, elles dépendaient du traitement dans lequel chaque brebis avait été attitrée avant l'agnelage. En effet, à l'intérieur de chacun des traitements expérimentaux, la moitié des femelles avaient été attitrées aléatoirement à un traitement **AVEC** ou **SANS** colostrum. Le tableau suivant présente le nombre de femelles ciblées aléatoirement par traitement.

Tableau 4. Nombre de femelles attitrées aléatoirement par traitement expérimental en fonction du traitement alimentaire opérationnel et du traitement race/âge.

TRAITEMENT ÂGE/RACE	TRAITEMENT ALIMENTAIRE	TRAITEMENT COLOSTRUM	NOMBRE DE FEMELLES VISÉES
Agnelles prolifiques DPRV	***TÉMOIN***	AVEC	7
		SANS	7
	T-AJUST	AVEC	7
		SANS	7
	ÉNERGIE	AVEC	7
		SANS	7
Brebis prolifiques Romanov	***TÉMOIN***	AVEC	10
		SANS	10
	T-AJUST	AVEC	10
		SANS	10
	ÉNERGIE	AVEC	10
		SANS	10

Pour les brebis du traitement **AVEC** colostrum, les agneaux de leur portée pouvaient recevoir trois repas de colostrum dans les 18 premières heures de vie et un maximum de 50 ml de colostrum/kg de poids vif était servi à chaque repas (poids vif de chaque agneau). Si les agneaux du traitement **AVEC** colostrum avaient déjà l'abdomen rebondi et plein, soit un signe qu'ils avaient déjà probablement consommé assez de colostrum de leur mère, alors aucun repas complémentaire de colostrum n'était servi, et ce, pour ne pas provoquer de mortalité par surconsommation de liquide dans la période néonatale.

Pour les brebis du traitement **SANS** colostrum, le protocole initial avait prévu qu'aucun colostrum complémentaire ne pouvait être servi aux agneaux composant la portée de ces femelles. Toutefois, cette pratique opérationnelle ne permettait pas de respecter les normes d'éthique et de bien-être animal, car cette pratique risquait d'affecter la survie des agneaux de portées surnuméraires par malnutrition. Ainsi, dans le but de rencontrer les normes d'éthique et de bien-être animal, mais aussi dans le but de faciliter le suivi de croissance des agneaux prévu dans le protocole opérationnel, un maximum de 2 agneaux a été laissé sous chacune des mères (dans tous les traitements). Les agneaux surnuméraires (portée de plus de 2 agneaux/brebis), ont été dirigés vers l'allaitement artificiel.

Tous les agneaux dirigés vers l'allaitement (tous les traitements, traitement **AVEC** ou **SANS** colostrum artificiel) devaient être retirés de leur mère dans un délai maximum de 24 h suivant leur naissance. Tous ces agneaux devaient recevoir 3 repas complets de colostrum dans les 18 premières heures de vie et chaque repas servi devait être d'un maximum de 50 ml de colostrum/kg de poids vif d'agneau.

Pour les brebis du traitement **SANS** colostrum, un maximum de 2 agneaux était laissé sous la mère et on estimait que ces dernières seraient en mesure d'allaiter une quantité suffisante de colostrum à leurs deux agneaux restants. Si ce n'était pas le cas, une quantité maximale de 50 ml de colostrum par repas (non basée sur le poids vif de l'agneau) pouvait être servie aux agneaux et dans le cas de mère non laitière ou n'étant pas en mesure de produire suffisamment de lait pour 2 agneaux (mammite ou autre problématique notée), on pouvait retirer un agneau additionnel et le diriger vers l'allaitement artificiel. Toutes ces interventions visaient à réduire les mortalités néonatales et à rencontrer les normes d'éthique et de bien-être animal en recherche.

Tableau 5. Gestion des quantités de colostrum servies en fonction du traitement expérimental.

TRAITEMENT COLOSTRUM	GESTION DES QUANTITÉS SERVIES	AGNEAUX SOUS LA MÈRE (2 AGNEAUX MAXIMUM)	AGNEAUX SURNUMÉRAIRES PLACÉS À L'ALLAITEMENT ARTIFICIEL
AVEC	Nombre de repas	3 repas complémentaires	3 repas complets
	Quantité servie/repas	Maximum de 50 ml/kg de poids vif	Maximum de 50 ml/kg de poids vif
SANS	Nombre de repas	Seulement si nécessaire (3)	3 repas complets
	Quantité servie/repas	50 ml/repas ou retrait d'un agneau de la mère	Maximum de 50 ml/kg de poids vif

5.10 Évaluation de la qualité du colostrum produit par les femelles

Lors de la mise-bas, un échantillon de colostrum était prélevé sur chacune des femelles. L'échantillon était ensuite refroidi à la température de la pièce (environ 18 à 20 ˚C – température de la salle de mesure près du laboratoire). Cette température correspondait au degré noté lors de la calibration du réfractomètre électronique (*Atago® Refractometer, PAL-RI*). Le réfractomètre était calibré très régulièrement (plus d'une fois par jour lors de mesures multiples), à l'aide d'eau distillée et à une température constante, soit selon les recommandations du fabricant. Les calibrations du réfractomètre et les mesures d'indices de réfraction étaient ainsi toujours réalisées dans le même local. Suite à la calibration du réfractomètre, une goutte de l'échantillon de colostrum était placée sur le réfractomètre électronique, la température de l'échantillon était notée et l'indice de réfraction mesuré. Le réfractomètre était soigneusement nettoyé et recalibré, au besoin, entre chaque échantillon de colostrum. L'indice de réfraction obtenu par cet outil permet d'obtenir une mesure objective de la densité du colostrum. Notons que l'indice de réfaction mesurée avec le type de réfractomètre utilisé était très précis (4 chiffres suivant la virgule). Lors de la compilation des données, l'indice de réfraction

a été converti en degré Brix et ces deux données ont été utilisées dans les analyses statistiques pour évaluer les différences entre les traitements et entre les animaux.

5.11 Période de lactation – post partum

Après avoir séjourné 24 à 48 heures en case individuelle avec leurs agneaux et que toutes les interventions de naissance et les mesures nécessaires au protocole étaient finalisées, les brebis étaient placées en parquet d'élevage pour la période de lactation avec leur progéniture (maximum de 2 agneaux/brebis). Les femelles ont été placées à l'intérieur de parcs de lactation en fonction de l'ordre de mise-bas, en fonction de leur race/âge, mais sans égard au traitement alimentaire reçu durant la période de gestation. Des parquets d'élevage composés d'un maximum de 12 femelles primipares (agnelles DPRV) ou de 12 brebis multipares (femelles Romanov) ont ainsi été formés au fil des journées d'agnelage.

Après l'agnelage, toutes les brebis adultes de tous les traitements ont reçu un programme alimentaire similaire permettant de couvrir les besoins de femelles prolifiques allaitantes et toutes les agnelles DPRV ont reçu un programme alimentaire visant à couvrir les besoins nutritionnels d'agnelles prolifiques allaitantes. Aucun traitement alimentaire n'a ainsi été appliqué aux femelles durant la période de lactation et la période pré-sevrage.

5.12 Évaluation de la croissance des agneaux

Avant la période de sevrage, tous les agneaux élevés sous leur mère ont été élevés dans un environnement similaire (même section de bergerie) et recevaient le même traitement alimentaire (moulée début agneaux à 18 % de protéines brutes médicamentée au Lasalocid sodique, foin et eau à volonté à l'intérieur de dérobées). Les agneaux élevés sous les mères ont été sevrés à un âge moyen de 65 jours. Les agneaux élevés à l'allaitement artificiel ont reçu une alimentation *ad libitum* de poudre de lait reconstitué et les mêmes aliments que les agneaux élevés sous les mères. Ces agneaux ont tous été retirés de l'alimentation lactée vers l'âge de 30 jours pour ne recevoir que de la moulée début à 18 % de protéines brutes, du fourrage et de l'eau à volonté. Cette ration a été servie aux agneaux sevrés de l'allaitement artificiel jusqu'au moment du sevrage des agneaux élevés sous les mères. Après le sevrage, tous les agneaux produits dans le projet (élevés naturellement ou artificiellement) ont été séparés par sexe et placés dans des parquets d'élevage où ils ont reçu une ration composée de fourrages, de moulée croissance (16 % de PB) et d'eau à volonté.

Après la naissance, tous les agneaux ont été soumis à des pesées régulières réalisées à un intervalle de 2 semaines. Ces pesées se sont poursuivies jusqu'à ce qu'ils atteignent l'âge moyen de 100 jours. Le suivi de croissance pré et post-sevrage des agneaux allaités par leur mère et allaités artificiellement visait à déterminer si les différentes rations alimentaires de transition permettaient d'améliorer la croissance des animaux et de réduire la mortalité et la morbidité chez ces derniers (effets de la ration sur le poids et la vigueur des agneaux à la naissance, sur la qualité et la quantité de colostrum fourni par la mère). Les dernières pesées du projet ont été réalisées à la fin du mois de juillet 2017, moment auquel toutes les interventions prévues au protocole se sont terminées.

5.13 Profils métaboliques des brebis

Durant le projet, des échantillons sanguins ont été prélevés lors de chaque journée précédent un test de consommation, et ce, sur chacune des brebis. Suite au prélèvement sanguin, les échantillons étaient acheminés au laboratoire des locaux du CDBQ dans une période n'excédant pas 30 minutes. Ce délai devait être respecté afin de limiter la consommation d'énergie par les globules rouges. Les échantillons étaient par la suite centrifugés à 4 ºC afin de séparer le sérum. Le sérum était ensuite prélevé et placé, en duplicata, dans des micro-tubes d'une capacité de 2 ml. La présence d'hémolyse ou de fibrine était notée et certaines brebis étaient échantillonnées de nouveau si les échantillons n'étaient pas convenables. Une fois le sérum placé dans les micro-tubes, ces derniers étaient congelés à -20 ºC en attente des analyses de profils métaboliques.

Les profils métaboliques ont ainsi été réalisés sur le sérum des femelles, au laboratoire de la Faculté de médecine vétérinaire (FMV) de l'Université de Montréal. Les échantillons de sérum congelés ont été acheminés à la FMV à l'été 2017. Les échantillons choisis pour réaliser les profils métaboliques ont été sélectionnés en fonction de la prolificité à l'agnelage des femelles à l'intérieur de chacun des traitements. Ainsi, les femelles d'un même traitement et d'une prolificité similaire étaient regroupées et leur sérum était « poolé » par les spécialistes du laboratoire de la FMV. Certaines femelles ont aussi été sélectionnées afin de réaliser des profils individuels. Dans ce cas, il s'agissait de femelles démontrant des caractéristiques particulières (ex : perte de poids, baisse de la CVMS, baisse de l'EC, mesures divergentes de BHB ou de glycémie par rapport aux autres femelles du même traitement). Au total, 33 profils métaboliques ont été réalisés pour chaque semaine de prélèvement. Ainsi, un total de 165 profils métaboliques ont été complétés. Les résultats sont présentés dans la section 6.

5.14 Taux d'immunoglobuline des agneaux

Des prélèvements sanguins ont été réalisés chez les agneaux afin d'évaluer l'effet des différents traitements sur leur taux d'immunoglobulines (transférées par la mère dans le colostrum). Un premier prélèvement sanguin a ainsi été réalisé sur chaque agneau, dans une période de 24 h à 36 h suivant la naissance. Les agneaux placés à l'allaitement artificiel étaient aussi échantillonnés durant la même période. Un second échantillon sanguin était par la suite réalisé à 21 jours d'âge. Les échantillons étaient centrifugés et le sérum prélevés et congelés. La sélection des échantillons a été réalisée en fonction du traitement, du poids de naissance, de la quantité de colostrum administré aux agneaux et du mode d'élevage. Au total, à la naissance, 154 agneaux ont été sélectionnés pour procéder à des analyses individuelles (dont 8 agneaux morts avant l'âge de 21 jours, 4 agneaux morts entre 21 jours et le sevrage et 2 agneaux morts après le sevrage). De ces 154 agneaux, 20 échantillons provenaient d'agneaux élevés à l'allaitement artificiel (dont 3 morts avant l'âge de 21 jours, 3 morts entre 21 jours et le sevrage et 2 morts après le sevrage). À la naissance, un total de 61 agneaux ont aussi été choisis pour former des « pools ». Notons que sur les 24 pools formés, la moitié étaient composés d'agneaux élevés à l'allaitement artificiel. À 21 jours, les mêmes échantillons ont été sélectionnés, mis à part les 8 agneaux morts avant l'âge de 21 jours. Les échantillons congelés ont été acheminés chez Biovet où ils ont été analysés. Les résultats sont présentés à la section 6.

5.15 Problématiques rencontrées

Les problématiques rencontrées en cours de projet ont toutes été résolues au fur et à mesure.

La première problématique rencontrée concernait le génotype et l'âge des animaux qui étaient différents. En recherche, il est essentiel de s'assurer que les groupes de sujets exposés à des traitements expérimentaux soient uniformes (âge, sexe, race, poids, performances…). En début de projet, il a toutefois été impossible de trouver le nombre requis de femelles matures Romanov sur le marché des sujets reproducteurs québécois et l'acquisition de femelles prolifiques d'un autre génotype a été nécessaire. Dans ce cas, seules des agnelles hybrides prolifiques de croisement Dorset*Romanov étaient accessibles. Nous avions ainsi deux types génétiques, mais également des animaux de différents âges et poids et avec des besoins nutritionnels différents (agnelles toujours en croissance versus femelles matures). Afin de pallier à ce problème, nous avons réparti uniformément et aléatoirement les animaux entre les traitements en fonction de leur type génétique et de leur âge. Ainsi, un nombre égal de brebis Romanov et d'agnelles DPRV ont été placées au sein de chaque traitement. Par ailleurs, afin d'améliorer la puissance des analyses statistiques et la gestion des données de consommation, le nombre de logettes individuelles a été doublé (48 logettes individuelles au lieu de 24). Il a donc été possible d'évaluer la consommation volontaire de matière sèche individuelle de 24 brebis adultes Romanov tel qu'il était initialement prévu au protocole opérationnel (8 femelles/traitements), mais également d'un nombre équivalent d'agnelles hybrides prolifiques DPRV. Cet ajustement au protocole et la collecte de données qui a été réalisée par l'équipe de recherche permettra d'obtenir des informations précieuses pour les éleveurs ovins du Québec puisqu'à ce jour, il est difficile de trouver l'information sur la CVMS de ces deux types génétiques. Bien que pertinent pour l'industrie et pour améliorer la puissance des analyses statistiques, le plus grand nombre de femelles placées en logette individuelle et la nécessité de peser individuellement les quantités servies tous les jours durant la période de gestation ont quasi doublé la charge de travail de l'équipe de recherche.

En cours de projet, certains stocks d'ensilage prévus pour l'alimentation des animaux se sont amenuisés. Un ensilage d'un niveau moyen en protéine avait été ciblé pour toute la durée du projet. Les femelles ont ainsi commencé à recevoir ce fourrage en début de gestation. Toutefois, les stocks de cet ensilage ont rapidement diminué (perte, gaspillage majeur lors de la première semaine d'adaptation aux rations basées sur les normes du NRC 2007, consommation par le reste du troupeau…). Il a donc été décidé de servir cet ensilage exclusivement aux femelles du projet jusqu'à leur période de transition agnelage (4 semaines avant la date prévue des mises bas). Il faut souligner que la ferme du CDBQ utilise des boudins enrobés pour ces balles rondes. Ainsi, habituellement, lorsqu'un boudin est ouvert, il est utilisé rapidement pour tout le troupeau. Notre projet étant réalisé en période hivernale, les températures froides ont permis de réserver ces balles rondes exclusivement pour les femelles du projet, et ce, sans problème de conservation. Cette gestion a permis de gérer les stocks jusqu'à la modification des rations prévues à la période de transition vers la mise-bas. Lorsqu'est arrivé le moment de la période de transition agnelage, toutes les femelles du projet se sont vu servir un ensilage plus riche en protéine et nous nous sommes assurés de conserver un niveau équivalent de protéine brute servie entre les différentes rations.

5.16 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à partir du logiciel SAS et des procédures MIXED pour les variables dépendantes continues et GLIMMIIX pour les variables dépendantes binomiales.

Le modèle statistique principal utilisé pour les variables dépendantes univariées était :

- Y = Traitement + Type + Traitement * Type + Nombre de nés + e
- Traitement = effet fixe : variable de classification : traitements d'alimentation : Énergie, T-ajust, Témoin
- Type = effet fixe : variable de classification : Brebis ou Agnelle
- Nombre de nés = effet fixe : variable de classification : Taille de portée de 1 à 6 agneaux nés

Le modèle statistique principal pour les variables dépendantes répétées était :

- Y = Animal (Traitement, Type, Nombre de nés) + Période + Traitement + Type + Traitement * Type + Traitement * Période + Type * Période + Traitement * Type * Période + Nombre de nés + e
- Animal = effet aléatoire = Liste des brebis et agnelles avec des mesures répétées
- Période = effet fixe : variable de classification : Périodes de -8, -6, -4, -2 et 0 semaines précédant l'agnelage
- Traitement = effet fixe : variable de classification : traitements d'alimentation : Énergie, T-ajust, Témoin
- Type = effet fixe : variable de classification : Brebis ou Agnelle
- Nombre de nés = effet fixe : variable de classification : Taille de portée de 1 à 6 agneaux nés

Pour les comparaisons multiples, un test de Student ou une correction de Bonferroni ont été considérés pour déterminer les différences significatives avec un seuil de 0,05 %.

6 RÉSULTATS ET DISCUSSION

6.1 RATIONS PRÉPARÉES ET RÉSULTATS DES TESTS DE CONSOMMATION

6.1.1 Rations de départ et premiers ajustements appliqués au protocole opérationnel

Six rations ont été préparées en début de projet, soit 3 rations pour les agnelles DPRV (Témoin, T-Ajust et Énergie) et 3 rations pour les brebis Romanov (Témoin, T-Ajust et Énergie). Les rations de départ des traitements Témoin et T-Ajust étaient similaires et basées sur les besoins du NRC 2007 pour la CVMS et le niveau d'énergie métabolisable. Les rations de départ du traitement Énergie étaient similaires aux rations des deux autres traitements, mais le niveau d'énergie était haussé de 15 %. Dans les premiers jours d'adaptation à ces rations de départ, la consommation a été suivie de façon à planifier les modifications ou changements nécessaires.

Ainsi, dès la première semaine suivant la répartition des femelles entre les groupes (semaine d'adaptation aux rations des différents traitements, soit une semaine avant le premier test de consommation), les rations ont dû être réajustées, car les refus de fourrages étaient beaucoup plus importants que ce qui était prévu par le NRC (plus de 50 % de refus journaliers). Il était par ailleurs pratiquement impossible de disposer de tout le volume de fourrages indiqués dans les mangeoires des parquets d'élevage individuels et collectifs. Le tableau 6 présente les écarts de consommation de matière sèche en comparaison au NRC 2007.

Tableau 6. Consommation réelle de matière sèche des animaux au départ du projet, CVMS visées par les NRC 2007 et 1985, et concentrations protéique et énergétique visées dans les rations de femelles prolifiques en début de gestation (selon les normes du NRC 2007).

TYPE DE FEMELLES	POIDS VIF	CVMS NRC 2007	CVMS NRC 1985	NRC 2007 EM (MCAL/KG)	NRC 2007 PB (% MS)	CONSOMMATION RÉELLE MS	ÉCART PAR RAPPORT AU NRC 2007
Agnelles prolifiques DPRV	60-65 kg	2,01 kg	1,60 kg	2,39	8,91	1,50 kg	- 25 %
Brebis prolifiques Romanov	70-75 kg	1,82 kg	1,40 kg	1,92	8,74	1,60 kg	- 12 %

Le premier constat qui a été fait concerne la surestimation de CVMS du NRC 2007 pour les agnelles prolifiques en début de gestation. En effet, les agnelles consommaient, en moyenne, seulement 70 à 75 % de la CVMS visée par le NRC 2007. Dans le tableau précédent, nous avons aussi indiqué la CVMS visée par le NRC 1985. Cette consommation visée semble être un peu plus près de la réalité pour des agnelles prolifiques de 60 à 65 kg (avec nos fourrages servis).

Concernant les brebis, la consommation réelle des femelles en bergerie s'approchait plus de la consommation ciblée par le NRC 2007. Certaines brebis étant capables de consommer autant et même plus que les quantités recommandées.

Ainsi, le premier ajustement au protocole a été réalisé une semaine avant le premier test de consommation. La ration de départ des agnelles a donc été limitée à une CVMS de 1,50 kg/tête/jour, en tenant compte des besoins nutritionnels recommandés par le NRC 2007. Les rations des agnelles ont donc toutes été concentrées en nutriment, et ce, dans la mesure de réaliser un protocole « représentatif » de la réalité. Concernant les brebis, aucun ajustement n'a été apporté et la CVMS a été laissée à la quantité recommandée par le NRC 2007. Le tableau 7 présente les normes de départ appliquées pour formuler les rations des différents traitements pour la période couvrant le début de la gestation. Notons que durant la phase expérimentale, après chaque test de consommation, les quantités servies étaient ajustées en fonction de la CVMS des brebis du traitement T-Ajust et du traitement Énergie, et ce, afin de conserver la concentration énergétique visée pour ces traitements. Dans le tableau 7, les éléments en rouge représentent les modifications au protocole opérationnel.

Tableau 7. Balises utilisées pour formuler les rations des femelles des différents groupes pour la période couvrant le début de la gestation (85 à 115 jours de gestation) et rencontrer la CVMS et les niveaux énergétiques et protéiques visés.

Type de femelles	Poids vif	Traitement	CVMS visée pour le départ kg MS/tête/jour	Concentration visée en EM de la ration Mcal/kg	Concentration minimale en protéine brute de la ration % MS
Agnelles prolifiques DPRV	60-65 kg	***TÉMOIN***	***1,50****	2,39	8,74
		T-AJUST	***1,50***	2,39	8,74
		ÉNERGIE	***1,50***	2,75	8,74
Brebis prolifiques Romanov	70-75 kg	***TÉMOIN***	1,82	1,92	8,91
		T-AJUST	1,82	1,92	8,91
		ÉNERGIE	1,82	2,21	8,91

** Baisse de 25 % de la CVMS visée en début de projet.*
Les éléments en rouge représentent les modifications au protocole opérationnel.

Le tableau 8 présente la composition des rations de départ du projet pour tous les traitements. Notons que les quantités d'aliments présentées dans ces tableaux représentent les quantités d'aliments servis en bergerie pour les concentrés protéiques, énergétiques et le minéral. Toutefois, pour les fourrages (ensilage de maïs et ensilage d'herbe), les quantités présentées dans ce tableau sont celles calculées dans les rations. En effet, il est important de mentionner que 10 % de fourrages étaient automatiquement ajoutés à ces quantités, et ce, afin de rencontrer le minimum de refus visé par le projet. Cette façon de faire a été appliquée à toutes les rations de tous les traitements durant le projet.

Par ailleurs, on peut observer que le niveau de protéines brutes dépassait les besoins du NRC 2007 pour l'ensemble des femelles exposées aux différents traitements. Ceci résulte de la concentration en protéine brute présente dans les ensilages d'herbe servis. Le niveau d'énergie métabolisable était l'élément qui devait absolument être rencontré pour chacune des rations (pas de manque et pas de surplus). Le niveau de protéine brute requis par le NRC 2007 devait ainsi être minimalement rencontré et les rations devaient être isoprotéiques chez les agnelles et chez les brebis.

Tableau 8. Composition des rations de départ servies durant les semaines 9 à 8 avant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux.

TRAITEMENTS		KG/JOUR TQS				RATION JOURNALIÈRE SUR BASE DE MS					
		ENS. MAÏS	ENS. HERBE 1e COUPE	MAÏS GRAIN	MINÉRAL VIP	RATION SERVIE (KG MS)	ADF (% MS)	NDF (% MS)	EM (MCAL/KG)	PB (% MS)	CA/P
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	1,3	1,8	350 g	25 g	1,50	25,0	38,0	2,39	12,9	2,0
	T-AJUST	1,3	1,8	350 g	25 g	1,50	25,0	38,0	2,39	12,9	2,0
	ÉNERGIE	1,6	1,2	575 g	25 g	1,50	20,0	31,2	2,75	12,9	2,0
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	1,0	3,5	- - -	20 g	1,82	34,6	51,5	1,92	13,7	2,1
	T-AJUST	1,0	3,5	- - -	20 g	1,82	34,6	51,5	1,92	13,7	2,1
	ÉNERGIE	1,6	3,0	- - -	20 g	1,82	33,4	50,0	2,21	13,4	2,1

Le tableau 9 présente la consommation réelle en matière sèche des femelles en fonction des traitements expérimentaux lors du premier test de consommation.

Tableau 9. Consommation réelle en matière sèche (kg/tête/jour) des femelles des différents traitements 8 semaines avant la mise-bas (premier test de consommation).

TRAITEMENTS		KG SERVI MS	% MS RATION	CVMS réelle moyenne	CVMS réelle min	CVMS réelle max	Écart de la moyenne par rapport au NRC 2007
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	**1,53**	0,44	**1,16**	0,96	1,30	- 42,3 %
	T-AJUST	**1,52**	0,44	**1,17**	0,71	1,36	- 41,8 %
	ÉNERGIE	**1,56**	0,46	**1,05**	0,70	1,41	- 47,8 %
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	**1,83**	0,41	**1,25**	0,94	1,72	- 31,4 %
	T-AJUST	**1,83**	0,41	**1,27**	0,76	1,63	- 30.3 %
	ÉNERGIE	**1,82**	0,40	**1,35**	0,94	1,65	- 25,8 %

On peut constater que les brebis de tous les traitements consommaient moins d'aliments que ce qui était attendu soit, en moyenne, 29 % moins d'aliments que ce qui est recommandé par le NRC 2007. Chez les agnelles, l'écart était plus marqué avec environ 44 % de consommation en moins. Les ajustements réalisés à la première semaine de test étaient donc largement nécessaires, sans quoi les rations servies auraient été beaucoup trop diluées.

Dans le traitement « Agnelles-Énergie », la moyenne de consommation des femelles était plus basse (1,05 kg MS/tête/jour), mais ce résultat était affecté par une femelle du traitement qui consommait beaucoup moins que les autres (20 % de moins). En excluant cette agnelle du calcul de la moyenne, les femelles « Agnelles-Énergie » consommaient en moyenne 1,14 kg de MS/tête/jour. Cette quantité a

donc été utilisée pour ajuster la ration. Après quelques jours, la consommation des femelles s'est stabilisée et les rations du groupe Agnelle-Énergie ont été fixées aux mêmes quantités que le groupe « Agnelle T-Ajust ». Ceci permettait de s'assurer que les plus fortes consommatrices aient au moins 10 % de refus.

6.1.2 Ration 1 (6 semaines pré-agnelage)

Les quantités réellement consommées par les femelles suite au premier test de consommation ont permis d'ajuster les rations des traitements Énergie et T-Ajust. Par ailleurs, même si les femelles (brebis et agnelles) du traitement témoin consommaient largement moins que la quantité ciblée, les quantités servies devaient demeurer similaires, et ce, afin de respecter les besoins du protocole opérationnel. Ainsi, pour toutes les femelles du traitement témoin, les rations sont demeurées inchangées pour les semaines 9 à 6 précédant l'agnelage. Le tableau 10 présente les rations servies après le premier test de consommation et le tableau 11 présente les quantités réellement consommées par les femelles des différents traitements.

Tableau 10. Composition des rations servies durant les semaines 7 à 6 avant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux.

		KG/JOUR TQS				RATION JOURNALIÈRE SUR BASE DE MS					
TRAITEMENTS		ENS. MAÏS	ENS. HERBE 1e COUPE	MAÏS GRAIN	MINÉRAL VIP	RATION SERVIE (KG MS)	ADF (% MS)	NDF (% MS)	EM (MCAL/KG)	PB (% MS)	CA/P
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	1,3	1,8	350 g	25 g	**1,50**	25,0	38,0	2,39	12,9	2,0
	T-AJUST	1,1	1,05	350 g	25 g	1,17	23,0	34,0	2,39	12,0	2,0
	ÉNERGIE	1,35	0,75	400 g	30 g	1,10	19,0	29,4	2,70	11,9	1,9
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	1,0	3,5	- - -	20 g	**1,82**	34,6	51,5	1,92	13,7	2,1
	T-AJUST	1,0	2,0	- - -	20 g	1,27	31,9	47,6	1,92	13,0	2,6
	ÉNERGIE	1,7	1,7	- - -	20 g	1,35	30,2	45,7	2,21	12,9	2,4

Tableau 11. Consommation réelle en matière sèche (kg/tête/jour) des femelles des différents traitements 6 semaines avant la mise-bas (second test de consommation).

TRAITEMENTS		KG SERVI MS	% MS RATION	CVMS réelle moyenne	CVMS réelle min	CVMS réelle max	Écart de la moyenne par rapport au NRC 2007
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	**1,50**	0,44	**1,26**	1,03	1,44	- 39,1 %
	T-AJUST	**1,17**	0,45	**1,07**	0,86	1,14	- 48,3 %
	ÉNERGIE	**1,17**	0,45	**1,09**	0,98	1,14	- 47,3 %
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	**1,82**	0,37	**1,34**	0,86	1,52	- 26,4 %
	T-AJUST	**1,27**	0,40	**1,21**	0,94	1,27	- 33,6 %
	ÉNERGIE	**1,35**	0,38	**1,32**	1,03	1,35	- 27,5 %

Lors de la 2e semaine de test, certaines femelles ont haussé leur consommation dans certains traitements comparativement à la semaine précédente (semaine qui avait servi à faire des validations). Ainsi, la CVMS maximale réelle a atteint la quantité servie chez quelques femelles des traitements Énergie et T-Ajust (brebis comme agnelles). Chez ces femelles, on retrouvait un peu moins de 10 % de refus, ce qui n'était pas souhaitable et a été considéré dans les ajustements subséquents.

6.1.3 Ration 2 (4 semaines pré-agnelage) et ajustements apportés au protocole

Quatre semaines avant la période d'agnelage, les rations ont été modifiées afin de rencontrer les besoins de femelles en fin de gestation. Cette période de transition alimentaire est cruciale et représente généralement le moment où les problèmes métaboliques surviennent chez les femelles gestantes. Durant cette période, les besoins en énergie et en protéine sont haussés pour répondre à la demande importante des fœtus en croissance.

Par ailleurs, une semaine avant le 3e test de consommation, soit 5 semaines avant la mise-bas, les stocks du fourrage de niveau moyen en protéine étaient presque écoulés. Un autre type de fourrage a dû être intégré progressivement aux rations afin de disposer de stock suffisant jusqu'à la fin de la période de tests alimentaires. Un fourrage de plus haut niveau énergétique et d'une grande appétence a donc remplacé le fourrage initial. Plus élevé en protéine brute que le fourrage utilisé durant la période de début de gestation (18,6 % vs 14,9 % PB), ce fourrage avait aussi l'avantage d'être très peu fibreux (28,8 % ADF et 45 % NDF, comparativement à 37,5 ADF et 55,2 % NDF).

Afin d'établir les rations à servir en fin de gestation, nous nous sommes initialement basés sur les besoins du NRC 2007 afin de rencontrer les normes du protocole expérimental. Le tableau 12 présente les consommations volontaires de matière sèche et les concentrations énergétique et protéique visées par le NRC 2007 chez les femelles en fin de gestation.

Tableau 12. Consommation volontaire de matière sèche et concentrations énergétique et protéique visées dans les rations de femelles prolifiques en fin de gestation (normes du NRC 2007).

Type femelles	**Poids vif**	CVMS NRC 2007	EM (Mcal/kg)	PB (% MS)	Consommation réelle moyenne de MS mesurée 6 semaines avant agnelage
Agnelles prolifiques DPRV	60-65 kg	1,91 kg	2,87	10,99	< 1,30 kg
Brebis prolifiques Romanov	70-75 kg	2,07 kg	2,39	10,72	< 1,40 kg

Les normes du NRC 2007, pour la CVMS et les concentrations énergétique et protéique des rations présentées dans le tableau ci-haut, ont permis de servir de balises pour la formulation des rations du traitement Témoin (brebis et agnelles).

Concernant les brebis, étant donné la faible consommation mesurée dans les 3 groupes expérimentaux lors du précédent test de consommation, nous doutions que les animaux soient en mesure de consommer les quantités recommandées par le NRC 2007 (moins de 1,40 kg de MS consommé à la semaine 6 avant mise-bas vs 2,07 kg). Après 2 journées de pré-test alimentaire (rations d'adaptation), il a été possible de constater que les brebis étaient en mesure de consommer les quantités recommandées par le NRC 2007. Le passage à un fourrage jeune, appétent et très peu fibreux a possiblement contribué largement à hausser la consommation des femelles comparativement aux semaines précédentes. Il aurait été intéressant de comparer la CVMS avec un fourrage plus fibreux, tel que celui utilisé en début de gestation. Mais ce n'était pas possible, faute de stock suffisant et des besoins du protocole opérationnel. La quantité de fourrage servi pour les femelles du groupe Témoin a donc été fixée à celle recommandée par le NRC 2007 et les quantités de fourrage servi aux 2 autres traitements ont été ajustées à leur consommation réelle.

Un second ajustement au protocole opérationnel a dû être appliqué pour les femelles du traitement « Brebis-Énergie » en fin de gestation. En effet, la concentration énergétique requise pour les femelles de ce traitement était très élevée (2,39 Mcal EM/kg +15 % = 2,75 Mcal EM/kg). Afin de rencontrer les besoins du protocole opérationnel et atteindre ce niveau d'énergie, des rations très riches en amidon, mais surtout très pauvres en fibre devaient être formulées (moins de 18 % d'ADF). Ces rations étaient ainsi considérées en dehors des balises fixées en début de projet pour respecter le bien-être et la santé des animaux. Afin de maintenir ce traitement et poursuivre l'expérimentation avec ces femelles, le niveau d'énergie de la ration du traitement Brebis-Énergie a été haussé de seulement 10 % et non de 15 % tel que planifié initialement dans le protocole expérimental. La ration du traitement Brebis Énergie a donc été limitée à 2,63 Mcal EM/kg.

Concernant les agnelles des trois traitements expérimentaux, la réalisation des programmes alimentaires s'est avérée très complexe en fin de gestation et des modifications ont dues être apportées. En effet, dès le départ, les formulations permettant de rencontrer les besoins en énergie du groupe Agnelle-Témoin étaient problématiques. En ce sens, la concentration énergétique recommandée pour des agnelles prolifiques en fin de gestation n'était même pas rencontrée avec des formulations contenant plus de 1 kg de maïs grain et plus de 1,5 kg de maïs ensilage. Ces rations étaient donc fortement problématiques du point de vue de leur composition en étant excessivement élevées en amidon et en contenant moins de 11 % de fibres ADF. L'utilisation de ces rations n'était donc pas envisageable, car elles auraient affecté la flore ruminale et hypothéqué la santé des agnelles en fin de gestation.

Un troisième ajustement a donc dû être apporté au protocole opérationnel afin de poursuivre l'expérimentation chez les agnelles de remplacement. Afin d'ajuster adéquatement le protocole opérationnel, une réflexion et des discussions ont été entamées avec des spécialistes en alimentation, notamment le chercheur Dany Cinq-Mars de l'Université Laval. L'objectif était de cibler le niveau d'énergie à rencontrer dans les rations des traitements Agnelle-Témoin et Agnelle-T-Ajust. Nous avons ainsi comparé la hausse de la concentration énergétique recommandée par le NRC 2007 entre le début et la fin de la gestation chez des agnelles prolifiques (poids vif de 60 à 65 kg), à la hausse recommandée par le NRC 1985 pour la même période. Le NRC 1985 propose une hausse de 10 % des besoins en énergie métabolisable entre le début et la fin de la gestation, alors que le NRC 2007 propose une hausse de 20 %.

Après différentes formulations de rations et devant l'impasse créée par les normes indiquées dans le NRC 2007, nous avons décidé de poursuivre l'expérimentation sur les agnelles, mais en ajoutant une troisième modification au protocole. Ainsi, nous avons limité les besoins en énergie métabolisable des agnelles en fin de gestation des groupes Témoin et T-Ajust à seulement 10 % de plus que les besoins en énergie métabolisable recommandée par le NRC 2007 en début de gestation. Cet ajustement a ainsi permis de formuler des rations plus judicieuses et cette hausse d'énergie allait dans la même logique que celle proposée par le NRC 1985 pour la fin de la gestation. Le niveau d'énergie métabolisable a ainsi été limité à 2,63 Mcal/kg pour les agnelles des groupes Témoin et T-Ajust.

Finalement, une quatrième modification a dû être apportée au protocole opérationnel. Après avoir réduit la concentration énergétique des rations des groupes Agnelles-Témoin et Agnelles-T-Ajust, la concentration énergétique du traitement Agnelles-Énergie devenait à son tour très problématique. La hausse de la concentration énergétique de la ration proposée par le protocole opérationnel (hausse de 15 % par rapport aux autres traitements) amenait le niveau d'énergie à 2,99 Mcal d'EM/kg, ce qui était nettement problématique. Aucune ration logique ne pouvait être formulée à ce niveau d'énergie sans risquer d'affecter la santé ruminale et générale des femelles de ce traitement. Après divers essais de formulation, la concentration énergétique de la ration du traitement Agnelles-Énergie a été haussé à seulement 5 % de plus que celui des autres traitements (2,75 Mcal EM/kg vs 2,63 Mcal/kg pour les agnelles des groupes Témoin et T-Ajust). Les rations formulées pour ce groupe ont donc été légèrement sous les limites voulues en termes de fibres ADF et d'amidon, mais permettaient de poursuivre l'expérimentation avec ce groupe.

Concernant la quantité de fourrages proposée par le NRC 2007 chez les agnelles en fin de gestation, elle semblait supérieure à celle consommée lors du précédent test de consommation. Ainsi, nous doutions que les agnelles soient en mesure de consommer cette quantité proposée. Toutefois, après quelques jours d'adaptation aux rations servies, nous avons pu constater le même phénomène que chez les brebis, soit une consommation rencontrant les besoins suggérés. La qualité de l'ensilage utilisé a probablement contribué à atteindre ce niveau de consommation.

Notons que les consommations des femelles des traitements T-Ajust et Énergie (brebis comme agnelles), ont été ajustées en fonction de la quantité réelle d'aliments consommés durant la semaine d'adaptation et de validation des rations.

Les nombreux ajustements qui ont dû être apportés au protocole opérationnel résultent probablement de la période à laquelle on considère la transition alimentaire de fin de gestation dans le NRC 2007. En effet, une saine régie d'alimentation propose de modifier les rations de fin de gestation 4 à 6 semaines avant la date prévue des agnelages. Il s'agit d'une pratique recommandée par les agronomes et appliquée dans les entreprises qui souhaitent que leurs femelles initient une bonne lactation (bonne quantité de colostrum, bonne production laitière) et ne rencontrent pas de problèmes métaboliques dus à des carences alimentaires (énergie, protéine ou minéraux). Cette pratique est par ailleurs fortement indiquée chez les femelles prolifiques chez lesquelles on suggère même de débuter cette transition alimentaire de préparation agnelage 8 semaines avant la date prévue des mise-bas. Or, dans les tables de recommandations nutritionnelles du NRC 2007, la période de fin de gestation indique 133 jours, ce qui est moins de 12 jours avant la date théorique des agnelages (moins de 2 semaines). Il est possible que les besoins nutritionnels des brebis soient nettement haussés dans cette période très près de la mise-bas. Une étude complémentaire pourrait ainsi être réalisée afin de voir les changements

métaboliques qui surviennent dans les 7 à 12 jours précédant la mise-bas (paramètre non spécifiquement validé dans cette étude; profils réalisés 14 jours avant l'agnelage et lors de l'agnelage). Toutefois, considérant que les femelles peuvent agneler à partir de 138 jours de gestation (phénomène particulièrement courant chez les femelles hautement prolifiques), il apparait hasardeux de recommander de modifier le programme alimentaire pour hausser les besoins des rations à seulement 133 jours de gestation.

Le tableau 13 présente les balises qui ont été utilisées pour formuler les rations des femelles des différents groupes pour la période de fin de gestation. Ces rations ont été appliquées à partir d'environ 116 jours de gestation (environ 4 à 5 semaines avant la date théorique du début des agnelages pour une durée de gestation de 145 jours). Dans ce tableau, les modifications au protocole opérationnel sont illustrées en rouge.

Tableau 13. Balises utilisées pour formuler les rations des femelles des différents groupes pour la période couvrant la fin de la gestation (116 à 145 jours de gestation) et rencontrer la CVMS et les niveaux énergétiques et protéiques visés.

Type de femelles	Poids vif	Traitements	CVMS visée pour le départ (kg MS/tête/jour)	Concentration visée en EM de la ration (Mcal/kg)	Concentration minimale en protéine brute de la ration (% MS)
Agnelles prolifiques DPRV	60-65 kg	*TÉMOIN*	1,91	***2,63*** [1]	10,99
		T-AJUST	1,85	***2,63*** [1]	10,99
		ÉNERGIE	1,90	***2,75*** [2]	10,99
Brebis prolifiques Romanov	70-75 kg	*TÉMOIN*	2,07	2,39	10,72
		T-AJUST	1,93	2,39	10,72
		ÉNERGIE	2,20	***2,63*** [3]	10,72

[1] *Seconde modification apportée au protocole opérationnel. Limitation de la concentration en énergie métabolisable à 2,63 Mcal/kg, ce qui représente environ 10 % de plus que les besoins ciblés en début de gestation pour des agnelles prolifiques de ce poids. Cette hausse est d'une même proportion que celle suggérée dans le NRC 1985 pour des agnelles de même poids.*

[2] *Troisième modification apportée au protocole opérationnel. Limitation de la concentration en énergie métabolisable à 2,75 Mcal/kg pour le traitement Agnelles-Énergie. Ceci représente une hausse de seulement 5 % des besoins énergétiques par rapport aux deux autres traitements appliqués chez les agnelles (le protocole proposait une hausse de 15 %).*

[3] *Quatrième modification apportée au protocole opérationnel. Limitation de la concentration en énergie métabolisable à 2,63 Mcal/kg pour le traitement Brebis-Énergie. Ceci représente une hausse de seulement 10 % des besoins énergétiques par rapport aux deux autres traitements appliqués chez les brebis (le protocole proposait une hausse de 15 %).*

Il est très intéressant de constater qu'entre la 5e et la 4e semaine de gestation avant l'agnelage, malgré des proportions similaires des quantités d'ensilage d'herbe et d'ensilage de maïs servis, le passage à un fourrage plus appétent et moins fibreux (28,8 % ADF et 45 % NDF vs 37,5 % ADF et 55,2 % NDF) a contribué à une hausse notable de la consommation volontaire de matière sèche chez les femelles de tous les traitements, autant agnelles que brebis. En effet, chez les agnelles, cette hausse de la CVMS s'est chiffrée, en moyenne, à 39,6 % de CVMS dans l'ensemble des 3 traitements, alors que chez les brebis adultes, le passage à un fourrage plus appétent a contribué à une hausse moyenne de la

consommation de 37 %. Le pourcentage de fibres NDF moins élevé dans le fourrage de plus haute qualité énergétique (10 % moins élevé dans les analyses que le fourrage utilisé en début de gestation) a probablement contribué à un encombrement moins important dans le rumen et à un passage plus rapide des aliments consommés. Le taux de fibre NDF des fourrages servis en fin de gestation devrait ainsi être limité afin de favoriser un maximum de consommation, particulièrement chez les femelles prolifiques qui sont déjà affectées par l'encombrement des fœtus en développement dans leur utérus. Dans cette étude, nous n'avions pas d'autres traitements de référence afin d'estimer les différences de consommation en fonction du taux de fibres des rations. Ceci pourrait faire l'objet d'une étude future. Toutefois, il apparait que l'utilisation de fourrages d'herbe contenant moins de 48 % de fibres NDF (45 % NDF) est favorable à une consommation accrue de matière sèche.

Les tableaux 14, 16 et 18 présentent les formulations servies aux brebis des différents traitements pour les semaines 4, 2 et 1 semaine avant l'agnelage. Les tableaux 15 et 17 présentent les résultats des tests de consommation qui ont servi à ajuster les rations entre chaque semaine de test de consommation. Notons qu'après la formulation de la ration 4, aucun autre ajustement n'a été apporté jusqu'à l'agnelage. On s'est toutefois assuré que le minimum de refus souhaité était toujours présent dans les mangeoires.

Notons que les rations servies dans l'ensemble des traitements permettaient de rencontrer plus fidèlement les recommandations du NRC en ce qui concerne la consommation volontaire de matière sèche. Toutefois, les taux de fibres ADF et NDF des rations servies aux agnelles des traitements Agnelle-T-Ajust et Agnelles Énergie étaient en deçà de certaines limites ciblées dans le projet. Rappelons qu'on visait un minimum de 18 % à 21 % de fibres ADF et un minimum de 28 % de fibres NDF. La ration du traitement Agnelle-Énergie ne respectait donc pas les limites ciblées dans le projet. Il est toutefois important de souligner que seuls ces seuils étaient rencontrés afin de respecter les niveaux d'énergie souhaités et de poursuivre le projet avec ce groupe. Nous avons donc choisi de poursuivre le traitement en tenant compte de taux inférieurs de fibres ADF et NDF et d'en évaluer les effets sur les animaux.

Tableau 14. Composition des rations servies durant les semaines 5 à 4 avant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux.

		KG/JOUR TQS						RATION JOURNALIÈRE SUR BASE DE MS					
TRAITEMENTS		ENS. MAÏS	ENS. HERBE 1e COUPE	MAÏS GRAIN	TOURT. SOYA	MINÉRAL VIP	PIERRE À CHAUX	RATION SERVIE (KG MS)	ADF (% MS)	NDF (% MS)	EM (MCAL/KG)	PB (% MS)	CA/P
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	1,7	1,7	500 g	**- - -**	**25 g**	**5 g**	**1,91**	20,5	32,0	2,63	14,5	2,3
	T-AJUST	1,55	1,55	460 g	80 g	25 g	5 g	1,85	**19,7**	**31,0**	2,63	14,7	2,2
	ÉNERGIE	1,90	1,24	600 g	130 g	25 g	10 g	1,90	**17,5**	**27,0**	**2,75**	14,5	2,2
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	1,8	2,7	- - -	- - -	25 g	- - -	**2,07**	27,0	42,0	2,39	14,5	2,6
	T-AJUST	2,2	2,2	- - -	- - -	25 g	- - -	1,93	26,6	41,7	2,39	14,5	2,5
	ÉNERGIE	2,6	1,7	430 g	100 g	25 g	10 g	2,20	20,0	32	2,63	14,0	2,5

Tableau 15. Consommation réelle en matière sèche (kg/tête/jour) des femelles des différents traitements 4 semaines avant la mise-bas (troisième test de consommation).

TRAITEMENTS		KG SERVI MS	% MS RATION	CVMS réelle moyenne	CVMS réelle min	CVMS réelle max	Écart de la moyenne par rapport au NRC 2007
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	**1,91**	0,46	**1,60**	1,18	1,91	- 17 %
	T-AJUST	**1,85**	0,47	**1,49**	0,92	1,81	- 22 %
	ÉNERGIE	**1,90**	0,49	**1,70**	1,35	1,90	- 11 %
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	**2,07**	0,44	**1,99**	1,61	2,07	- 4 %
	T-AJUST	**1,93**	0,41	**1,79**	1,53	1,93	- 14 %
	ÉNERGIE	**2,20**	0,45	**1,76**	0,70	2,20	- 15 %

Après le test de la troisième semaine de consommation, des ajustements ont dû être apportés, notamment parce que certaines femelles n'avaient pas de refus et d'autres consommaient très peu. Dans le traitement Brebis-Énergie, une femelle en particulier ne consommait que très peu. Elle démontrait aussi une perte de poids régulière et progressive, mais non majeure. Les taux de BHB et de glycémie mesurés chez cette femelle ne suggéraient toutefois aucun problème métabolique, mais possiblement respiratoire. Cette femelle a ainsi reçu des traitements de santé préventifs (injection de calcium et de vitamines du complexe B, administration orale de glycol, injection d'antibiotiques [Tetracycline, Draxin] et d'anti-inflammatoire [Banamine]). La femelle a aussi été sortie du parc afin d'évaluer son déplacement et ses mouvements (signes cliniques de toxémie de gestation), mais sa démarche était normale. Lors de la sortie de sa logette, la femelle a toutefois tenté de consommer l'ensilage d'herbe d'une femelle d'une autre logette et des restes qui se retrouvaient au plancher. Ce qui suggérait qu'elle semblait refuser sa ration hautement énergétique. Notons qu'elle a par la suite été retirée des courbes de consommation de matière sèche, car elle a agnelé 2 semaines après les autres femelles, ce qui impliquait qu'elle avait été saillie sur un retour de chaleur et non sur la saillie synchronisée. Elle n'avait ainsi pas le même stade de gestation que les autres brebis de son traitement.

Concernant les consommations maximales, des éléments intéressants ont été notés. Servir du fourrage appétent a probablement stimulé la consommation des femelles, particulièrement durant les premiers jours de tests de consommation. Ainsi, le maximum de CVMS présenté dans le tableau 15 correspond à l'observation maximale de consommation mesurée lors d'une journée parmi les 4 jours de test. On peut remarquer que durant au moins une journée de test, certaines femelles ont consommé toute la ration journalière qui leur avait été servie. L'absence de refus sur une journée de test a été rencontrée chez 3 agnelles et 4 femelles du traitement Témoin, chez 1 agnelle et 2 brebis du traitement Énergie ainsi que chez 2 agnelles et 3 brebis du traitement T-Ajust. Toutefois, sur la période de 4 jours de tests de consommation, ces femelles semblaient ajuster leur CVMS journalière et des refus étaient présents. Ainsi, sur la période totale du 3e test de consommation, les refus moyens de ces femelles variaient de 1 à 9 %. Puisqu'un minimum de 10 % de refus était visé, la quantité d'aliments servis devait être haussée, sauf pour les sujets exposés au traitement Témoin. Notons que dans le traitement Brebis T-Ajust, la

consommation des femelles avait augmenté à un tel point (comparativement aux semaines précédentes), que 2 femelles avaient moins de 1 % de refus sur la période totale du test.

Étant donné la consommation importante de ces femelles, les dernières rations furent calculées en tenant compte de la CVMS maximale mesurée dans un traitement et de la moyenne des refus retrouvés chez les femelles de ce même traitement. L'objectif était de ne pas restreindre indûment la consommation des fortes consommatrices, mais également, de ne pas surcharger de fourrages les rations des autres femelles du même groupe et ainsi affecter les résultats. L'objectif demeurait ainsi de rencontrer un minimum de 10 à 12 % de refus pour la majorité des femelles d'un même traitement sur la période du test. Le tableau 16 présente la composition des dernières rations servies à l'ensemble des groupes.

Tableau 16. Composition des rations servies durant les semaines 3 à 2 avant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux.

		KG/JOUR TQS						RATION JOURNALIÈRE SUR BASE DE MS					
TRAITEMENTS		ENS. MAÏS	ENS. HERBE 1e COUPE	MAÏS GRAIN	TOURT. SOYA	MINÉRAL VIP	PIERRE À CHAUX	RATION SERVIE (KG MS)	ADF (% MS)	NDF (% MS)	EM (MCAL/KG)	PB (% MS)	CA/P
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	1,7	1,7	500 g	**- - -**	**25 g**	**5 g**	**1,91**	20,5	32,0	2,63	14,5	2,3
	T-AJUST	1,45	1,45	460 g	80 g	25 g	10 g	1,77	**19,3**	**30,0**	2,63	14,4	2,2
	ÉNERGIE	1,70	1,12	690 g	150 g	28 g	12 g	1,93	**16,0**	**25,0**	**2,75**	14,4	2,2
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	1,8	2,7	- - -	- - -	25 g	- - -	**2,07**	27,0	42,0	2,39	14,5	2,6
	T-AJUST	2,3	2,3	- - -	- - -	25 g	- - -	2,03	26,0	42,0	2,39	14,4	2,6
	ÉNERGIE	2,3	1,5	440 g	100 g	25 g	10 g	2,06	20,5	32,0	**2,63**	14,0	2,5

Tableau 17. Consommation réelle en matière sèche (kg/tête/jour) des femelles des différents traitements 2 semaines avant la mise-bas (dernier test de consommation).

TRAITEMENTS		**KG SERVI MS**	**% MS RATION**	**CVMS réelle moyenne**	**CVMS réelle min**	**CVMS réelle max**	**Écart de la moyenne par rapport au NRC 2007**
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	**1,91**	0,47	**1,75**	1,44	1,91	-9 %
	T-AJUST	**1,77**	0,49	**1,61**	1,39	1,77	-16 %
	ÉNERGIE	**1,93**	0,50	**1,74**	1,41	1,93	-9 %
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	**2,07**	0,43	**1,96**	1,75	2,07	-6 %
	T-AJUST	**2,03**	0,42	**1,91**	1,66	2,02	-8 %
	ÉNERGIE	**2,06**	0,45	**1,89**	1,36	2,06	-9 %

Suite au dernier test de consommation, nous furent surpris de constater que la CVMS des femelles de l'ensemble des traitements avait augmenté et que, de nouveau, certaines femelles avaient consommé la totalité de la ration servie, et ce, lors d'au moins une journée sur la durée du test de consommation. Par ailleurs, dans chacun des traitements, certaines femelles consommèrent pratiquement la totalité de la ration servie quotidiennement durant toute la période de test, car des refus de moins de 2 % étaient mesurés. Les quantités servies auraient ainsi dû être augmentées pour ces dernières, et ce, afin de répondre adéquatement à leurs besoins journaliers en CVMS. Notons que globalement, les refus des femelles de l'ensemble des groupes ont varié de 9 à 12 %.

Les dernières rations calculées ont été servies pour couvrir les besoins des 2 dernières semaines de gestation, soit à partir du dernier test de consommation jusqu'à l'agnelage. Les aliments servis ont été pesés individuellement et quotidiennement pour chaque traitement et pour chaque femelle en logette individuelle, ou chaque groupe de femelles en parquet, et ce, jusqu'à l'agnelage. Le tableau suivant présente les formulations des dernières rations calculées et servies. Notons que les quantités servies avaient été calculées à la hausse, en tenant compte des fortes consommatrices et de la moyenne des refus des femelles d'un même groupe.

Tableau 18. Composition des rations servies durant les 2 dernières semaines précédant l'agnelage pour tous les traitements expérimentaux.

		KG/JOUR TQS						RATION JOURNALIÈRE SUR BASE DE MS					
TRAITEMENTS		ENS. MAÏS	ENS. HERBE 1e COUPE	MAÏS GRAIN	TOURT. SOYA	MINÉRAL VIP	PIERRE À CHAUX	RATION SERVIE (KG MS)	ADF (% MS)	NDF (% MS)	EM (MCAL/KG)	PB (% MS)	CA/P
Agnelles hybrides	***TÉMOIN***	1,7	1,7	500 g	- - -	25 g	5 g	**1,91**	20,5	32,0	2,63	14,5	2,3
	T-AJUST	1,55	1,55	460 g	50 g	25 g	10 g	1,78	**19,6**	**30,8**	2,63	14,3	2,4
	ÉNERGIE	1,80	1,19	700 g	100 g	28 g	12 g	1,97	**16,3**	**26,0**	**2,75**	14,3	2,2
Brebis Romanov	***TÉMOIN***	1,8	2,7	- - -	- - -	25 g	- - -	**2,07**	27,0	42,0	2,39	14,5	2,7
	T-AJUST	1,9	2,8	- - -	- - -	25 g	- - -	2,08	27,0	42,0	2,39	14,6	2,7
	ÉNERGIE	2,3	1,5	420 g	150 g	25 g	10 g	2,09	19,7	31,0	**2,63**	14,0	2,6

Les résultats statistiques en lien avec la CVMS et les courbes de consommation des femelles des différents traitements sont présentés dans la section suivante.

6.2 Nombre final de brebis retenues pour les analyses statistiques et performances brutes mesurées lors de la mise-bas des femelles des différents groupes

Malheureusement, malgré les préventions antibiotiques réalisées durant la période de gestation, quelques femelles ont avorté. Une première femelle a avorté en fin de gestation et a été retirée du projet (quatre semaines précédant la période de mise-bas - observation d'écoulement vulvaire lors des prélèvements sanguins). Par la suite, deux femelles ont avorté prématurément les 25 et 26 mars 2017. Une femelle est par la suite morte d'une torsion utérine durant la période d'agnelage. Pour chacune des femelles ayant avorté, le poids, le sexe et le nombre d'agneaux nés ont été notés. Ces données n'ont toutefois pu être obtenues pour la femelle ayant avorté hâtivement durant la période de gestation (avortons momifiés et non identifiables). Les femelles ayant avorté en fin de gestation ont été soumises aux prélèvements sanguins prévus au protocole expérimental. La femelle morte d'une torsion utérine a subi une autopsie afin de déterminer le nombre d'agneaux qui auraient dû naitre. Ainsi, malgré toutes les interventions visant à réduire les problématiques de santé chez les femelles, des pertes sont survenues (avortements principalement, agneaux faibles ou moribonds à la naissance). Toutefois, ces pertes se situent dans des limites acceptables, particulièrement pour des femelles prolifiques. L'introduction d'animaux de diverses provenances (2 provenances de mâles, 3 provenances de femelles) a probablement causé ces problématiques de santé. Sans les actions préventives qui ont été appliquées, les pertes auraient sans doute pu être plus importantes.

Avant de présenter les effets statistiques mesurés sur chacun des paramètres analysés, il est important de mentionner que les analyses ont été réalisées uniquement sur les femelles dont l'agnelage résultait de la saillie fécondante synchronisée par le traitement hormonal. L'objectif était ainsi de vérifier plus précisément l'effet des différents traitements sur les femelles en fin de gestation, puisque les rations étaient calculées, balancées et servies en fonction de la durée de la gestation. Les femelles qui ont agnelé sur un retour de chaleur (2 semaines après les autres femelles d'un même groupe), représentaient ainsi des traitements différents puisque l'âge de leurs fœtus différaient de celui des autres femelles d'un même traitement lors d'une semaine de test. Le retrait de ces femelles a également permis d'augmenter le nombre de résultats significatifs, ce qui démontre que leur présence réduisait la puissance des analyses.

Tableau 19. Nombre final de femelles retenues pour les analyses statistiques et raison des rejets des femelles non considérées dans les analyses statistiques.

TYPE	TRAITEMENT	NB DE FEMELLES RETENUES	NB DE FEMELLES REJETÉES	RAISONS DES REJETS
Agnelles	***TÉMOIN***	13	1	Agnelage sur retour de chaleur
	T-AJUST	13	1	Agnelage sur retour de chaleur
	ÉNERGIE	13	1	Agnelage sur retour de chaleur
Brebis	***TÉMOIN***	18	2	1 femelle avortée en cours de gestation; 1 femelle avec agnelage sur retour de chaleur
	T-AJUST	18	2	1 femelle non gestante; 1 femelle avortée
	ÉNERGIE	17	3	1 femelle morte; 1 femelle non gestante*; 1 femelle avec agnelage sur retour de chaleur

** Non gestante après échographie : femelle non gestante ou ayant eu une perte fœtale après l'échographie.*

Le tableau 20 présente les moyennes brutes de prolificité des brebis retenues dans les analyses statistiques. Des différences sont observables sur ces données brutes. Tel qu'attendu, les agnelles ont été moins prolifiques que les brebis adultes. Toutefois, les moyennes présentées dans ce tableau suggèrent aussi des différences de prolificité entre les agnelles ou les brebis réparties dans les différents traitements. Ces différences sont fortuites puisque toutes les femelles avaient reçu les mêmes soins de leur arrivée à la ferme, jusqu'à l'échographie de gestation qui avait permis de les répartir dans les différents traitements à l'étude. Par ailleurs, il est impossible de savoir si les rations servies ont pu affecter la survie embryonnaire, puisque le taux d'ovulation réel des femelles était inconnu. Il est peu probable que les rations servies en début de gestation aient affecté la prolificité des femelles puisque l'échographie de gestation a été réalisée à une période où les embryons sont généralement bien implantés. Cette hypothèse ne peut toutefois être confirmée. Ainsi, cette donnée a été considérée dans les analyses statistiques.

Tableau 20. Prolificité moyenne des femelles exposées aux différents traitements (données brutes).

Type	Traitement	Nb de femelles retenues	Prolificité moyenne	Nombre minimum d'agneaux nés	Nombre maximum d'agneaux nés
Agnelles	***TÉMOIN***	13	2,08 ± 0,79	1	4
	T-AJUST	13	1,92 ± 0,64	1	3
	ÉNERGIE	13	1,77 ± 0,73	1	3
Brebis	***TÉMOIN***	18	3,17 ± 1,25	1	6
	T-AJUST	18	3,17 ± 1,10	1	5
	ÉNERGIE	17	2,88 ± 1,05	1	4

6.3 Effets des traitements sur la consommation volontaire de matière sèche des femelles

Durant tout le projet, la consommation volontaire de matière sèche a été affectée significativement par l'âge des animaux ($p < 0,0001$), par les traitements (faiblement significatif : $p < 0,05$), ainsi que par le nombre d'agneaux nés ($p < 0,03$).

En ce qui concerne l'âge des animaux, tel qu'attendu, les brebis Romanov ont consommé en moyenne plus d'aliments que les agnelles Dorset*Romanov (1,66 ± 0,02 kg MS/tête/jour vs 1,47 ± 0,03 kg MS/tête/jour, respectivement pour les brebis et les agnelles). Ces variations de consommation ont aussi été observables en fonction de la période de la mise-bas. Les figures 3 et 4 illustrent l'évolution de la consommation volontaire de matière sèche mesurée chez les femelles (brebis et agnelles) des différents traitements durant le projet. Sur ces figures, les quantités de matière sèche proposées par le NRC 1985 et par le NRC 2007 sont illustrées par les deux lignes pointillées (lignes grise et noire).

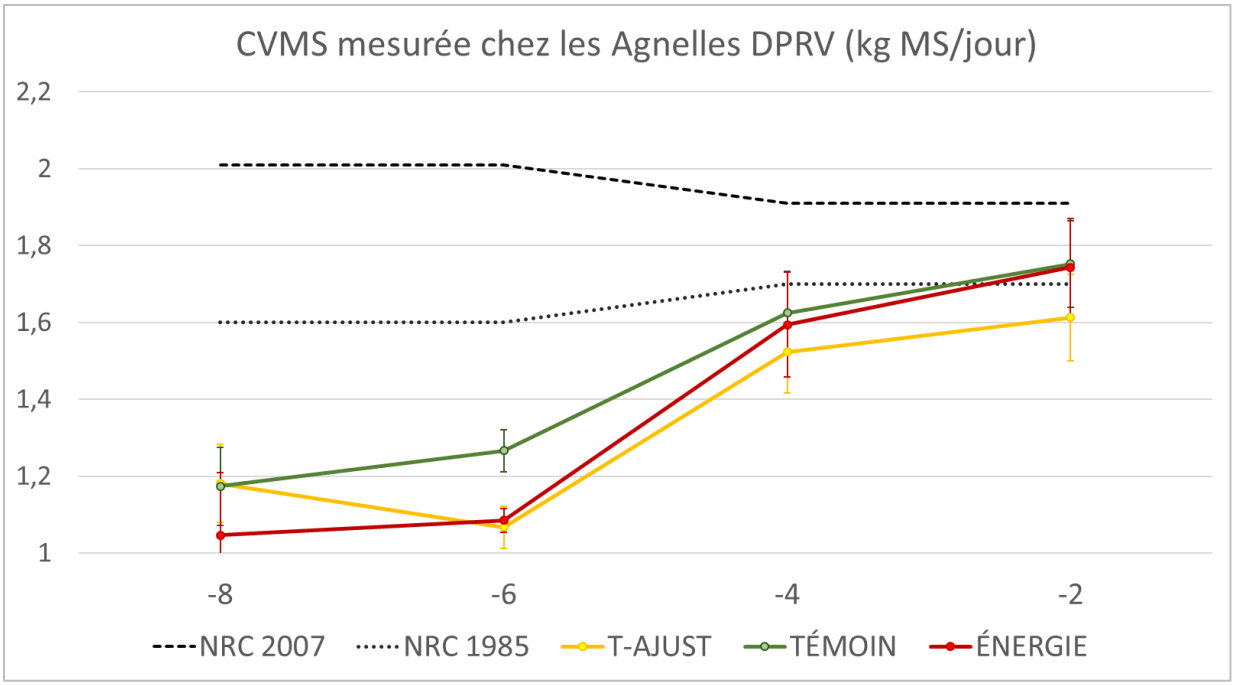

Figure 3. Consommation volontaire de matière sèche (kg MS/tête/jour) mesurée chez les agnelles Dorset*Romanov des trois traitements expérimentaux en fonction du stade de la gestation.

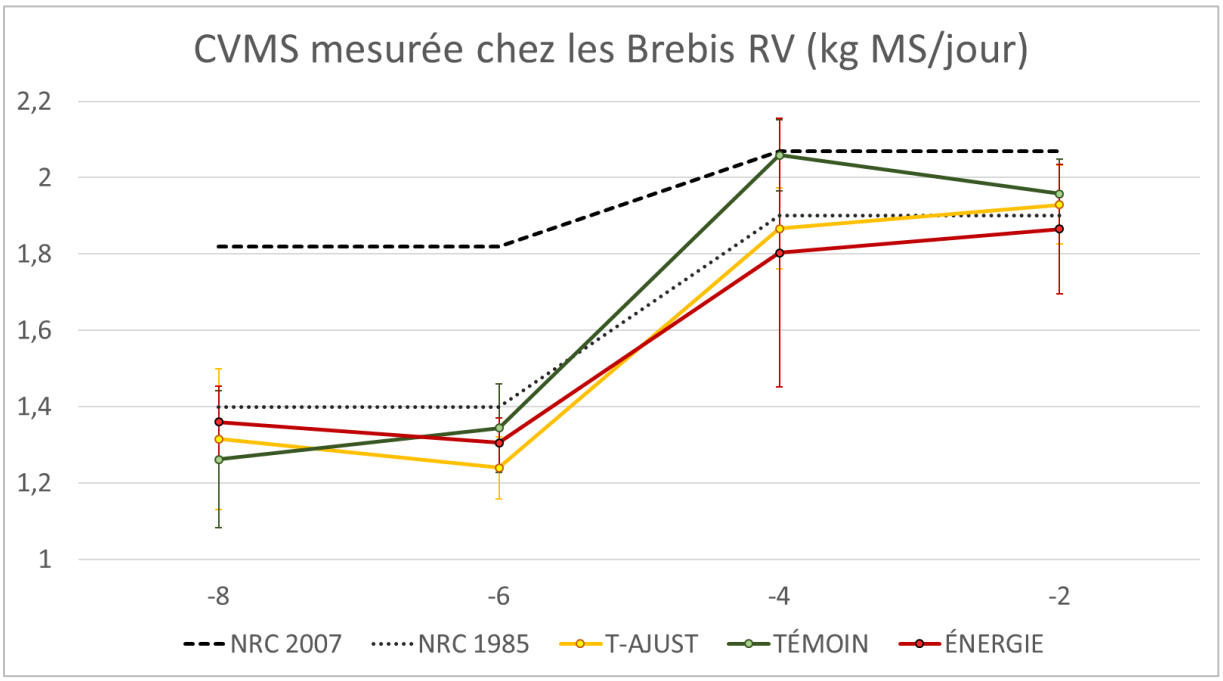

Figure 4. Consommation volontaire de matière sèche (kg MS/tête/jour) mesurée chez les brebis Romanov des trois traitements expérimentaux en fonction du stade de la gestation.

Notons que la consommation volontaire de matière sèche a été significativement inférieure aux recommandations du NRC 2007 et du NRC 1985, et ce, tant en fonction des traitements ($p < 0,05$), que de l'âge des femelles (brebis vs agnelles; $p < 0,0001$). Les différences les plus marquées ont été notées en début de gestation, particulièrement chez les agnelles où les consommations ont été, en moyenne, 44 % inférieures aux recommandations du NRC 2007 (8 semaines avant la mise-bas).

Ainsi, chez les agnelles, les quantités moyennes réellement consommées durant la période de gestation ont évolué de -44 % de la recommandation, à -43 %, -12 % et -11 % de la consommation recommandée pour la période 6, 4, et 2 semaines avant l'agnelage. Le NRC 2007 propose ainsi des consommations nettement supérieures à ce que les agnelles prolifiques peuvent réellement consommer et ces quantités sont largement surestimées en début de gestation. Pour les agnelles prolifiques, il apparait ainsi essentiel de recommander aux producteurs d'évaluer adéquatement la consommation volontaire de leurs animaux en début de gestation afin de rencontrer adéquatement leurs besoins. Chez les brebis, des observations similaires aux agnelles ont aussi été faites. Ainsi, on a pu observer que le NRC 2007 surestimait la CVMS des brebis prolifiques de près de 30 % en début de gestation (surestimation de 29 % et 28 %, respectivement pour les semaines 8 et 6 avant l'agnelage) et de près de 10 % dans le dernier tiers de la gestation (-10 et -8 %, respectivement pour les semaines 4 et 2 avant la mise-bas).

Bien que les recommandations du NRC 2007 pour les femelles prolifiques soient moins exagérées dans le dernier tiers de la gestation (4 à 2 semaines avant l'agnelage), il s'agit d'une période où il n'est pas possible de réajuster adéquatement les réserves énergétiques des femelles, particulièrement si ces dernières n'ont pas consommé suffisamment dans la première partie de leur gestation. En effet, en fin de gestation, une surconsommation d'aliments tend généralement à hausser le poids de naissance des agneaux plutôt qu'à permettre aux femelles de rehausser leur condition de chair corporelle. L'ajustement de la CVMS devrait être suivi de près, et ce, dès le début de la gestation, afin que les agnelles présentent des états de chair convenables dans le dernier tiers de la gestation. Dans ce projet, des ajustements importants ont été effectués afin de rencontrer la capacité réelle de consommation de matière sèche des animaux. Ceux-ci ont ainsi permis d'ajuster la concentration en énergie et en protéine des rations et fort probablement, de rencontrer plus adéquatement les besoins des animaux.

Tel que mentionné plus haut, des différences significatives faibles ont été mesurées entre les traitements ($p < 0,05$). Le tableau 21 présente les moyennes de consommation journalière mesurées chez les brebis et les agnelles des différents traitements.

Tableau 21. Consommation volontaire moyenne de matière sèche journalière mesurée chez les brebis et chez les agnelles durant la période de gestation (moyenne des moindres carrés - moyennes statistiques).

ÂGE DES ANIMAUX	TRAITEMENT EXPÉRIMENTAL	CVMS MOYENNE DURANT LA GESTATION (KG MS/TÊTE/JOUR)
Brebis	***TÉMOIN***	1,67 ± 0,03 [a]
	T-AJUST	1,63 ± 0,04 [a]
	ÉNERGIE	1,69 ± 0,04 [a]
Agnelles	***TÉMOIN***	1,53 ± 0,04 [b]
	T-AJUST	1,42 ± 0,04 c
	ÉNERGIE	1,45 ± 0,03 [c]

Le tableau 21 montre qu'à l'intérieur de chacun des groupes d'âge, seules les agnelles du groupe témoin ont consommé significativement plus d'aliments que les agnelles du traitement T-Ajust et du traitement Énergie. Chez les brebis adultes, les différences de CVMS étaient non significatives entre les 3 traitements.

En ce qui concerne le dernier effet significatif sur la CVMS, soit le nombre d'agneaux nés ($p < 0,03$), cette variable sera présentée plus loin, puisque la taille de portée a affecté différents paramètres chez les femelles suivies dans ce projet.

6.4 Effets des traitements sur le poids et sur l'état de chair des femelles

Durant le projet, le poids vif et l'état de chair des femelles ont été mesurés à un intervalle de 2 semaines, et ce, jusqu'à l'agnelage. Ces mesures visaient à déterminer si des différences existaient entre les traitements. Dans les analyses qui suivent, les périodes sont définies comme la durée de la gestation, soit 8, 6, 4, 2 semaines avant la mise-bas. Les données de la période « agnelage » correspondent aux mesures réalisées sur chacune des femelles environ 24 h après la mise-bas. Le tableau 22 présente les effets significatifs sur ces deux mesures.

Tableau 22. Effets statistiques des traitements, de la maturité des femelles (brebis vs agnelles), de la période de gestation et des interactions Traitement*Maturité, Période*Maturité, Période*Traitement et Traitement*Maturité*Période, sur le poids et l'état de chair mesurés chez les femelles durant le projet.

PARAMÈTRES ANALYSÉS	EFFETS STATISTIQUES ANALYSÉS						
	TRAIT	MATURITÉ	PÉRIODE	TRAIT X MATURITÉ	P X MATURITÉ	P X TRAIT	T X M X P
Poids moyen (kg)	NS	P < 0,0001	P < 0,0001	NS	P < 0,02	P = 0,07 Ł	NS
État de chair moyen	NS	P < 0,0001	P < 0,0001	NS	NS	NS	NS

Trait (T) = traitement; Maturité (M-brebis vs agnelles); P = Période

Le tableau 23 présente les moyennes d'état de chair mesuré sur les femelles en fonction de la maturité (brebis vs agnelles) et du stade de la gestation (période). On peut constater que les différentes rations offertes n'ont présenté aucun effet significatif sur le poids et l'état de chair moyen des animaux, de même que sur l'évolution de ces paramètres en fonction du stade de la gestation. Toutefois, le stade de la gestation et la maturité des animaux ont eu des effets hautement significatifs sur l'état de chair moyen des agneaux durant le projet ($p < 0,0001$). Les moyennes des différences significatives pour ces effets sont présentées dans le tableau qui suit.

Tableau 23. Moyennes des moindres carrés pour l'état de chair mesuré en bergerie en fonction de l'âge des animaux et de la période de la gestation (P < 0,0001).

EFFETS STATISTIQUES ANALYSÉS		MOYENNE D'ÉTAT DE CHAIR (COTE DE 1 À 5)
Maturité	Brebis	3,25 ± 0,04 [a]
	Agnelles	3,62 ± 0,05 [b]
Période	8 semaines	3,45 ± 0,04 [b]
	6 semaines	3,57 ± 0,04 [c]
	4 semaines	3,40 ± 0,04 [b]
	2 semaines	3,42 ± 0,05 [b]
	Agnelage	3,32 ± 0,05 [a]

État de chair des femelles. En ce qui concerne l'état de chair, les agnelles présentaient une cote corporelle significativement plus élevée que celle des brebis Romanov. À noter que les brebis Romanov étaient déjà en production et présentaient des cotes d'état de chair inférieures aux agnelles au début du projet. Par ailleurs, bien que des différences significatives soient présentes dans l'ensemble des femelles (brebis ou agnelles) et en fonction du stade de gestation, ces différences sont mathématiques et n'étaient pas visuellement perceptibles en bergerie. Malgré tout, un état de chair significativement inférieur a été mesuré lors de l'agnelage chez l'ensemble des femelles. Cette moyenne d'état de chair demeurait toutefois dans les normes visées et moins de 10 % des femelles avaient un état de chair inférieur à 3,0. À noter qu'aucune femelle n'a présenté un état de chair inférieur à 2,5.

Des analyses statistiques complémentaires ont pu montrer que les états de chair plus faibles mesurés lors de l'agnelage ont été influencés par le nombre d'agneaux nés (p < 0,01) et par la maturité des femelles, les brebis étant plus maigres que leurs cadettes (p < 0,0001). L'effet du nombre né est présenté plus loin. Ainsi, dans l'ensemble, les données suggèrent que les trois rations servies ont permis de maintenir les états de chair aux valeurs zootechniques recommandées.

Poids vif des femelles. Le tableau 24 présente l'évolution des moyennes de poids en fonction du traitement, de la maturité des femelles et du stade de la gestation (période). Il importe de rappeler qu'un effet d'interaction significatif Maturité*Période a été mesuré (p < 0,02) et qu'une tendance forte de l'effet du traitement en fonction de la période a été confirmée par les analyses statistiques (p = 0,07).

Ainsi, en ce qui concerne le poids vif des animaux, tel qu'attendu, il était plus important chez les brebis adultes que chez les agnelles, et ce, tout au long du projet. Par ailleurs, le poids a évolué progressivement chez les femelles de tous les traitements et de tous les âges en fonction du stade de la gestation, celles-ci atteignant des poids significativement plus lourds 2 semaines avant la mise-bas. Après l'agnelage, le poids des femelles était beaucoup moins important vu l'expulsion des agneaux.

Tableau 24. Moyennes de poids vif mesuré (kg) en bergerie en fonction des traitements, de la maturité des animaux (brebis vs agnelles) et de la période de la gestation.

MATURITÉ	TRAITEMENT	PÉRIODE DE LA GESTATION – NOMBRE DE SEMAINES AVANT AGNELAGE				
		8 SEMAINES	6 SEMAINES	4 SEMAINES	2 SEMAINES	AGNELAGE
Brebis	***TÉMOIN***	78,7 ± 2,7	78,8 ± 2,8	84,6 ± 3,0	88,3 ± 3,4	74,8 ± 3,0
	T-AJUST	74,7 ± 3,0	72,8 ± 3,1	77,4 ± 3,4	80,5 ± 3,8	68,8 ± 3,5
	ÉNERGIE	79,3 ± 3,0	79,2 ± 3,1	82,8 ± 3,4	87,0 ± 3,8	75,3 ± 3,5
Agnelles	***TÉMOIN***	71,3 ± 3,9	71,8 ± 4,1	76,9 ± 4,5	80,2 ± 5,1	69,2 ± 4,6
	T-AJUST	63.9 ± 3,9	62,9 ± 4,2	68,2 ± 4,1	73,0 ± 5,1	63,5 ± 4,6
	ÉNERGIE	62,3 ± 3,9	61,6 ± 4,2	63,7 ± 4,5	71,6 ± 5,1	66,5 ± 4,6

À noter que tout comme pour l'état de chair, le poids vif des femelles a été significativement affecté par la taille de portée, et ce, particulièrement en fin de gestation. Les effets de la taille de la portée sont ainsi présentés dans la section suivante.

6.5 Effet de la prolificité sur les principaux paramètres zootechniques mesurés chez les femelles

La taille de portée semble avoir joué un rôle plus important que les traitements sur les différents paramètres zootechniques mesurés chez les femelles. Tel que mentionné au préalable, l'effet de la taille de la portée a joué un rôle sur la CVMS, l'état de chair et le poids des femelles à l'agnelage (ou 2 semaines avant la mise-bas). Le tableau 25 présente les moyennes statistiques pour la taille de la portée.

Sommairement, aucune différence n'a été observée entre les traitements. Ainsi, bien que des différences puissent sembler présentes entre les traitements, celles-ci ne sont pas significatives. Tel qu'on pouvait s'y attendre, les brebis ont produit significativement plus d'agneaux que les agnelles. Mis à part la maturité des femelles, aucun autre effet ne semble avoir affecté la prolificité.

Tableau 25. Moyennes statistiques (moyenne des moindres carrés) de prolificité en fonction de la maturité des brebis et des traitements.

TYPE	TRAITEMENT	PROLIFICITÉ MOYENNE
Agnelles	Témoin	2,08 ± 0,27 [a]
	T-Ajust	1,92 ± 0,27 [a]
	Énergie	1,77 ± 0,27 [a]
Brebis	Témoin	3,17 ± 0,23 [b]
	T-Ajust	3,17 ± 0,27 [b]
	Énergie	2,88 ± 0,27 [b]

Le tableau 26 présente les analyses statistiques qui ont été réalisées pour l'effet de la taille de portée sur les principaux paramètres zootechniques mesurés chez les femelles. Pour le nombre d'agneaux nés vivants, le poids moyen des agneaux à la naissance, le poids total de la portée et le nombre de kg total produits au sevrage[1], tous les autres effets étaient non significatifs (traitements et maturité des femelles non significatifs). Ainsi, les traitements servis aux brebis et aux agnelles n'ont pas affecté ces principaux paramètres zootechniques d'importance économique. Puisque les traitements et l'âge des brebis n'étaient pas significatifs, seul l'effet de la taille de la portée est présenté dans le tableau qui suit. Concernant le poids des femelles après la mise-bas et le poids des femelles 2 semaines avant l'agnelage, les traitements n'ont pas eu d'effets significatifs. Toutefois, tel que présenté précédemment, les brebis étaient plus lourdes que les agnelles et ces différences étaient significatives, tant pour le poids moyen mesuré 24 h après l'agnelage ($p < 0,02$) que pour le poids moyen mesuré avant la mise-bas ($p < 0,003$).

Dans le tableau 27, bien que la CVMS soit significativement plus élevée pour la taille de portée comptant six agneaux, cette moyenne de consommation ne reposait que sur une seule femelle, dont le poids était très important comparativement à la moyenne des autres brebis de sa race (Romanov). Cette forte consommation pourrait donc avoir été influencée bien plus par le poids vif et le fort gabarit de cet animal plutôt que par le traitement ou la taille de la portée. Chez les autres femelles (brebis et agnelles), celles portant 1, 3 ou 4 agneaux consommaient significativement plus que les femelles portant 2 agneaux. Chez les femelles portant des jumeaux, cette observation pourrait résulter de deux éléments interreliés, dont le poids des femelles qui était légèrement inférieur chez ces dernières, mais aussi du plus grand nombre d'agnelles que des brebis adultes ayant des portées gémellaires (57,1 % vs 15,8 %). Le tableau 26 illustre le pourcentage et le nombre de femelles pour chacune des classes de taille de portée analysées dans les statistiques (1, 2, 3, 4, 5 ou 6 agneaux). La consommation ayant d'ailleurs été significativement inférieure chez les agnelles que chez les brebis, cet effet pourrait être expliqué par la maturité des animaux. Il est tout de même intéressant de noter que les femelles ayant des portées multiples (3 ou 4 agneaux), ont été en mesure de consommer autant que les femelles portant un seul agneau. La qualité des fourrages servis pourrait avoir contribué à maintenir le niveau de consommation souhaité.

Tableau 26. Répartition de la fréquence des femelles en fonction de la taille de la portée et nombre d'observations (nombre de brebis ou agnelles ayant eu des agneaux nés simple, doubles, triples, quadruples, quintuples ou sextuples).

MATURITÉ DES FEMELLES		TAILLE DE LA PORTÉE					
		1	2	3	4	5	6
Brebis	Fréquence	12,3 %	15,8 %	36,8 %	29,8 %	3,5 %	1,8 %
	Nb observations	7	9	21	17	2	1
Agnelles	Fréquence	28,6 %	57,1 %	11,9 %	2,4 %	.	.
	Nb observations	12	24	5	1	0	0

[1] Nombre de kg total produits au sevrage d'une brebis = poids de sevrage des agneaux élevés sous la mère + poids total des agneaux élevés à l'allaitement artificiel.

Tableau 27. Moyennes des moindres carrés des différents paramètres zootechniques mesurés chez les femelles.

	TAILLE DE LA PORTÉE (NOMBRE D'AGNEAUX)					
VARIABLES ÉTUDIÉES	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Moyenne de CVMS (kg MS/tête/jour)	1,55 ± 0,03 [b]	1,48 ± 0,02 [a]	1,51 ± 0,03 [b]	1,53 ±0,04 [b]	.	1,74 ± 0,08 [c]
Poids moyen des femelles 2 semaines avant l'agnelage (kg)	77,0 ± 2,1 [a]	74,8 ± 1,6 [a]	76,8 ± 1,8 [a]	88,4 ± 2,2 [b]	83,0 ± 5,9 [ab]	90,7 ± 8,4 [b]
Poids moyen des femelles 24 h après l'agnelage	71,4 ± 2,0 [a]	66,6 ± 1,6 [b]	64,9 ± 1,8 [b]	72,9 ± 2,2 [c]	66,4 ± 5,8 [abc]	78,6 ± 8,3 [abc]
État de chair moyen des femelles 24 h après l'agnelage	3,54 ± 0,07 [b]	3,40 ± 0,05 [b]	3,29 ± 0,06 [ab]	3,17 ± 0,07 [a]	3,34 ± 0,19 [b]	3,39 ± 0,27 [b]
Poids moyen des agneaux à la naissance (kg)	5,22 ± 0,16 [d]	3,98 ± 0,12 [c]	3,55 ± 0,14 [b]	3,03 ±0,17 [a]	2,35 ± 0,46 [a]	2,10 ± 0,65 [a]
Poids moyen total de la portée (kg)	5,28 ± 0,35 [a]	7,9 ± 0,3 [b]	10,6 ± 0,3 [c]	12,0 ±0,4 [d]	11,8 ± 1,0 [c]	12,7 ± 1,4 [d]
Poids moyen sevrés par la mère (élevés sous la mère – kg)	31,04 ± 1,26	25,87 ± 0,67	25,13 ± 0,65	22,58 ± 0,77	24,24 ± 2,49	24,61 ± 2,55
Poids total moyen produit par femelle au sevrage (kg)	30,75 ± 4,77 [a]	47,4 ± 3,6 [b]	60,9 ± 4,0 [c]	65,1 ± 5,1 [c]	46,5 ± 13,6 [ab]	131,7 ± 19,3 [d]

Les données qui présentent des lettres différentes sur une même ligne sont différentes significativement.

En ce qui concerne l'état de chair, les femelles portant 4 agneaux ont présenté une condition corporelle significativement inférieure aux autres. Ce sont aussi chez les femelles portant des portées de quadruplets que le poids total de la portée a été significativement supérieur à tous les autres types de prolificité. Ceci suggère que malgré leur niveau de consommation élevé, une partie des nutriments était dirigée vers les nombreux fœtus en croissance, plutôt que pour maintenir leur état de chair.

En ce qui concerne le poids moyen des agneaux à la naissance, tel qu'attendu, ce dernier a été significativement supérieur chez les portées moins nombreuses et cet effet était linéaire. Le poids moyen des agneaux sevrés par la mère représentait le nombre de kg d'agneaux élevés sous la mère. Ainsi, les femelles élevant des agneaux nés simples ont sevrés plus de kg d'agneaux au sevrage que celles élevant des agneaux issus de portées plus nombreuses. Rappelons qu'un maximum de 2 agneaux étaient laissés sous la mère. Ainsi, même si tous les agneaux avaient une chance similaire de croitre sous la mère, la taille de la portée a eu un effet sur leur poids de sevrage et cette observation est fort probablement le résultat du plus faible poids des agneaux issus de portées multiples à la naissance.

Le poids total de la portée était représenté par le nombre total d'agneaux sevrés et pesés à 50 jours, que ces derniers soient élevés sous la mère ou non. Les tailles de portées multiples (3, 4 et 6 agneaux – une seule observation pour 6 agneaux) ont permis de produire le maximum de kg par femelle en élevage. Les femelles portant 5 agneaux ont produit autant de kg que les femelles portant des simples ou des jumeaux. Ceci pourrait être l'effet du nombre d'observations limité chez les femelles ayant produit des quintuplés (2 brebis seulement), mais également d'une combinaison de poids de naissance significativement plus faibles, de poids de sevrage et de gains naissance-sevrage plus variables chez les agneaux nés quintuplés.

6.6 Résultats de l'effet des traitements sur les paramètres sanguins mesurés chez les femelles en bergerie durant la période de gestation.

Durant le projet, des mesures bimensuelles de BHB et de glycémie sanguine ont été réalisées à l'aide de bandelettes spécifiquement conçues pour ces mesures. Ces données visaient à déterminer si des différences existaient entre les traitements, mais également à vérifier si des périodes spécifiques de la gestation permettaient de cibler des anomalies métaboliques chez les femelles prolifiques. Le tableau 28 présente les différences observées pour les taux de BHB et de glycémie sanguine mesurés en bergerie chez les femelles durant la période de fin de gestation.

Tableau 28. Effets statistiques des traitements, de la maturité des femelles, de la période de gestation, du nombre d'agneaux nés et des interactions traitements, maturité et période, sur les taux de BHB et de glycémie mesurés en bergerie durant le projet.

PARAMÈTRES ANALYSÉS	EFFETS STATISTIQUES ANALYSÉS							
	TRAIT	MATURITÉ	PÉRIODE	TRAIT X MATURITÉ	P X MATURITÉ	P X TRAIT	T X M X P	NB NÉS
BHB bandelettes	NS	p < 0,005	p < 0,0001	NS	NS	NS	NS	NS
Glycémie bandelettes	NS	p < 0,0001	p < 0,0001	NS	NS	NS	NS	NS

Trait (T) = traitement; Maturité (M-brebis vs agnelles); P = Période

Le tableau précédent montre que les traitements n'ont pas eu d'effets significatifs sur les taux de BHB et de glycémie mesurés sur les femelles en bergerie, ainsi que sur leur poids et leur condition de chair. La période de la gestation et la maturité (brebis vs agnelles) ont toutefois affecté significativement les mesures réalisées sur les bandelettes, ainsi que l'état de chair des animaux ($p < 0,0001$). En ce qui concerne le poids des femelles, un effet significatif d'interaction Période*Maturité a été mesuré ($p < 0,02$) et le traitement appliqué sur les femelles pourrait avoir affecté ces dernières en fonction de la période de la gestation, puisqu'une tendance significative a été observée. Le tableau 29 présente le détail de ces différences significatives.

Tableau 29. Moyennes des taux de BHB et de glycémie mesurés en bergerie en fonction de la maturité des animaux et de la période de la gestation.

EFFETS STATISTIQUES ANALYSÉS		MOYENNE DES PARAMÈTRES SIGNIFICATIFS MESURÉS	
		BHB BANDELETTE MMOL/L	GLUCOSE BANDELETTE MMOL/L
Maturité	Brebis	0,47 ± 0,01 [b]	3,03 ± 0,06 [a]
	Agnelles	0,39 ± 0,02 [a]	3,26 ± 0,09 [b]
Période	8 semaines	0,27 ± 0,02 [a]	2,60 ± 0,08 [a]
	6 semaines	0,37 ± 0,02 [b]	3,07 ± 0,08 [b]
	4 semaines	0,51 ± 0,02 [c]	3,22 ± 0,07 [b]
	2 semaines	0,60 ± 0,02 [d]	3,43 ± 0,10 [bc]
	Agnelage*	0,38 ± 0,02 [b]	3,43 ± 0,13 [bc]

**Agnelage = mesures réalisées environ 24 h après l'agnelage.*
Les valeurs qui ont des lettres différentes à l'intérieur des effets statistiques analysés (âge ou période) dans une même colonne sont différentes statistiquement.

Concernant les taux de BHB, on peut voir que les agnelles ont présenté un taux significativement plus faible que celui des brebis (0,39 ± 0,02 mmol/l vs 0,47 ± 0,01 mmol/l, respectivement pour les agnelles et les brebis). En ce qui concerne l'évolution des valeurs de BHB mesurées sur les bandelettes chez l'ensemble des femelles du projet, ces taux ont varié durant la gestation pour atteindre des valeurs maximales significatives à 4 et 2 semaines avant l'agnelage. Des observations similaires ont été faites pour les mesures de glycémie sanguine, où on a mesuré des valeurs significativement plus élevées dans les 2 semaines précédant la mise-bas (3,43 ± 0,10 mmol/l). En ce qui concerne la glycémie, cette dernière était significativement plus élevée chez les agnelles que chez les brebis Romanov (3,26 ± 0,09 mmol/l vs 3,03 ± 0,06 mmol/l, respectivement pour les brebis et les agnelles).

Dans ce projet, les brebis Romanov ont présenté une prolificité nettement plus élevée que les agnelles hybrides prolifiques Dorset*Romanov. Il n'est donc pas impossible que les femelles adultes, plus prolifiques, aient puisé plus fortement dans leurs réserves corporelles, ce qui expliquerait des taux de BHB significativement plus élevés et des taux de glycémie significativement plus faibles que chez les agnelles. Il est aussi possible que les nutriments fournis par les rations aient été plus fortement sollicités par les nombreux fœtus en croissance. Des auteurs ont d'ailleurs proposé que la diminution de la glycémie sanguine durant la gestation puisse s'expliquer par la hausse de la perméabilité utérine et l'utilisation massive de glucose par le ou les fœtus (Sahlu et al., 1993; Tontis et Zwahlen, 1987; Sormunen

et Jauhiainen et al., 2001). Ces études appuieraient ainsi les présentes observations concernant la glycémie. Les rations étant déjà très élevées en énergie et en amidon, mais aussi très faibles en fibres ADF, il aurait été difficilement envisageable de rehausser leurs niveaux énergétiques avec les aliments qui étaient disponibles.

Toutefois, bien que des variations aient été observées entre les femelles plus prolifiques et les moins prolifiques et entre les semaines de gestation, ces taux n'étaient pas très loin de la normale recherchée. En effet, pour les niveaux de BHB, on recherche habituellement un taux de moins de 0,8 mmol/l. Des valeurs se situant entre 0,8 à 3,0 mmol de BHB/l sont généralement associées à des cas de cétose subclinique, alors que des taux supérieurs à 3 mmol/l reflètent des cas de cétose. De la 8e à la 4e semaines précédant la mise-bas, aucune mesure de BHB supérieure à 0,8 mmol/l n'a été observée chez les femelles de l'ensemble des traitements. Toutefois, lors des prélèvements sanguins réalisés 2 semaines avant la mise-bas, ce qui correspond à environ 130 jours de gestation, 5 % des brebis adultes ont présenté des taux supérieurs à 0,8 mmol/l, soit de 0,9 et 1,0 mmol/l (2 femelles du traitement témoin et 1 femelle du traitement T-Ajust). Toutefois, chez ces dernières, ces taux n'ont pas été accompagnés de signes cliniques et sont revenus rapidement à la normale dans une période de moins de 24 h après la mise-bas. Aucune agnelle n'a présenté de taux élevé de BHB durant la fin de la gestation, ce qui laisse croire que les rations étaient suffisantes pour subvenir aux fœtus en croissance, de même qu'à leur propre croissance. Tout de même, il est pertinent de noter que les taux de BHB ont presque doublé entre la 6e et la 2e semaine précédant la mise-bas. Ainsi, même si les rations ont permis de couvrir les besoins, on peut voir une hausse globale de la concentration sanguine de BHB.

En ce qui concerne les taux de glycémie, ils sont généralement demeurés dans la normale durant toute la période de la gestation. On souhaite généralement des taux se situant entre 2,7 à 4,3 mmol/l. Or, des niveaux trop faibles ont été observés surtout dans les premières semaines de gestation, résultant peut-être d'une consommation moins importante chez certaines femelles causée par le stress associé aux nombreuses manipulations requises dans le projet. Lors de prélèvements réalisés 2 semaines avant la mise-bas, toutes les femelles présentaient des niveaux adéquats de glycémie sanguine. Une seule femelle avait un taux faible lors de la mise-bas (1,7 mmol/litre) et elle n'a rien produit en termes de kg d'agneaux, suite à une dystocie à l'agnelage et un problème de rétention placentaire. Il n'est toutefois pas possible de relier ces variables puisqu'une seule femelle a présenté cette condition. Dans la littérature, il a été noté qu'une glycémie inférieure à 1,11 mmom/l pouvait être associée à la toxémie de gestation chez la brebis (Nelson et al., 1992). Toutefois, d'autres auteurs ont exclu ce rapport avec la toxémie et l'acétonémie et n'ont pas observé de différences significatives entre les animaux durant la gestation ou la lactation (Firat et al., 1996; Shetaewi et al., 1994; Radostits et al., 2000).

6.7 Résultats de l'effet des traitements sur les paramètres sanguins mesurés dans les profils métaboliques

Au total, 33 profils métaboliques ont été réalisés pour chaque semaine de prélèvement (8, 6, 4, 2 semaine avant la mise-bas et agnelage). Ainsi, au total, 165 profils métaboliques ont été complétés. Les brebis ont été sélectionnées de façon minutieuse afin d'obtenir des informations plus précises et parlantes, de façon à rencontrer les objectifs du projet. Les profils ont ainsi été sélectionnés en fonction du traitement et de la prolificité réelle des femelles d'un même traitement (nombre d'agneaux nés total/brebis). Afin de respecter le budget alloué pour ces analyses, les échantillons de certaines femelles

ont été regroupés en pool. Pour ce faire, elles devaient être de prolificité similaire et ne pas avoir présenté de variations visibles en ce qui concerne les mesures réalisées en bergerie durant la gestation (taux relativement similaires de glycémie et de BHB, pas de variation importante de poids, d'état de chair ou de consommation volontaire de matière sèche). Les femelles pour lesquelles les mesures réalisées en bergerie différaient des autres ont été sélectionnées pour des profils individuels. Les échantillons de sérum des femelles qui ont avorté, qui ont agnelé prématurément, qui sont mortes avant l'agnelage ou qui ont agnelé sur un retour de chaleur, n'ont pas été retenus pour les profils métaboliques. Ainsi, au total, 10 femelles ont été exclues de ces analyses et leurs échantillons ont été détruits (2 femelles non gestantes après échographie, 5 agnelages sur un retour de chaleur, 1 brebis morte, 1 femelle avortée et 1 femelle agnelée très prématurément).

Au total, 14 femelles ont été sélectionnées pour réaliser des profils individuels et 78 autres ont été regroupées en différents pools (20 pools par semaine de prélèvements). Le détail de la sélection de ces pools et de ces échantillons individuels est présenté au tableau 30. Celui-ci présente le nombre de profil réalisé en fonction de la taille de la portée, du traitement et de la maturité des femelles. En ce qui concerne les pools, le nombre indiqué entre parenthèses correspond au nombre d'individus placés dans un même pool pour les analyses. Bien que le nombre de profils métaboliques puisse apparaître relativement important, le nombre d'observations par classe de prolificité et par maturité de femelles était plutôt restreint (brebis vs agnelles; 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 agneaux). Il est évident que ce facteur a compliqué les analyses statistiques et leur interprétation. Vu les frais importants reliés aux analyses de profil, le nombre de femelles sélectionnées pour les échantillons individuels a dû être limité. Aussi, plus de femelles ont été placées dans certains pool (dans la mesure où il n'y avait pas de différences observées en bergerie). Par ailleurs, puisque les femelles ayant des portées multiples étaient plus pertinentes pour les analyses de ce projet, les profils individuels chez ces dernières comparativement aux femelles portant un seul agneau ont été privilégiés. Toutes les femelles portant des simples ont donc été placées en pool. Ainsi, il faut souligner que malgré la quantité importante de données issues des profils métaboliques, les résultats doivent être interprétés avec prudence, d'une part dû au nombre de classes d'observations, mais aussi du fait que les données de référence pour l'interprétation des profils sont basées sur des moyennes issues des bovins laitiers. Ces valeurs de référence mériteraient d'être ajustées afin de mieux interpréter les profils métaboliques réalisés sur les ovins.

Tableau 30. Nombre de profils métaboliques réalisés pour chacune des semaines de prélèvements en fonction de la taille de la portée, du traitement, de la maturité des animaux et du groupement d'individus (pools ou échantillons individuels).

			TAILLE DE LA PORTÉE						NB ÉCH. IND OU PROFIL	NB TOTAL DE TÊTES
TRAIT.	**TYPE**	**PROFIL**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**		
TÉMOIN	Brebis	Éch. Ind			1	1	1	1	4	19
		Pool	1 (2)	1 (2)	1 (7)	1 (3)			4	
	Agnelle	Éch. Ind			1	1			2	13
		Pool	1 (2)	1 (9)					2	
T-AJUST	Brebis	Éch. Ind				1	2		3	18
		Pool	1 (2)	1 (2)	1 (6)	1 (5)			4	
	Agnelle	Éch. Ind		1					1	13
		Pool	1 (3)	1 (7)	1 (2)				3	
ÉNERGIE	Brebis	Éch. Ind		1	1	1			3	17
		Pool	1 (2)	1 (3)	1 (4)	1 (5)			4	
	Agnelle	Éch. Ind		1					1	13
		Pool	1 (5)	1 (5)	1 (2)				3	

Des profils métaboliques complets ont été réalisés sur le sérum acheminé à la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal. Ces analyses ont permis d'obtenir les valeurs de glucose, de cholestérol, de BHB, d'AGL, d'urée, d'albumine, de protéines totales, de globulines, les valeurs de calcium, de phosphore, de magnésium, de cuivre, de zinc, de GGT, d'AST, de sodium, de chlore, de potassium, de bicarbonate, ainsi que la pression osmotique et l'écart anionique de chacun des échantillons soumis pour analyses. Étant donné le nombre important de paramètres, mais surtout, considérant le fait que plusieurs de ces variables doivent être interprétées en combinaison afin de mieux comprendre l'état métabolique des animaux, des bilans ont été produits. Ces derniers ont été réalisés par le Dr Gaston Rioux du CEPOQ, en collaboration avec Dr Younes Chorfi du laboratoire de la Faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal. Ainsi, ces bilans tiennent compte de la synergie et des antagonistes entre les différents paramètres analysés.

Le tableau 31 (page suivante) illustre le détail de chacune des interprétations réalisées au sein de chacun des différents bilans. Ce tableau présente les variables considérées dans un bilan, ainsi que les interprétations de l'état métabolique probable chez l'animal ou le groupe d'animaux échantillonnés. Le tableau 32 présente les conclusions finales qui caractérisaient chacun des bilans soumis au laboratoire. Les analyses statistiques qui suivent illustrent les différences observées entre les animaux (échantillons individuels ou pool basés sur la taille de la portée intra traitement), et ce, pour l'ensemble des bilans interprétés (bilan énergétique, protéique, hépatique, minéral, acido-basique, hydrique, ainsi que pour l'état des anticorps), mais également les conclusions finales portées sur les profils métaboliques.

Tableau 31. Liste des codes représentant les différents bilans interprétés avec les résultats issus des profils métaboliques et variables considérées à l'intérieur de chacun des bilans. L'interprétation de chacun des bilans est présentée dans la colonne à la droite du code.

BILAN ÉNERGÉTIQUE : GLUCOSE, CHOLESTÉROL, BHB, AGL	
BE 1	Bilan énergétique normal
BE 2	Lipomobilisation, bilan énergétique bas sans que le BHB soit élevé. Toutefois, le glucose est normal et les AGL élevés.
BE 3	La valeur élevée du glucose suggère un apport élevé en hydrates de carbone alimentaires facilement fermentescibles et ou un manque de fibre efficace.
BE 4	BHB élevé
BE 5	AGL élevé et BHB élevé, état d'acétonémie
BE 6	Déficience en glucose
BILAN PROTÉIQUE : URÉE ET ALBUMINE	
BP 1	Apport protéique suffisant
BP 2	Albumine basse, apport protéique insuffisant
BP 4	Albumine et urée basses : apport protéique insuffisant
BP 5	Urée normale, apport protéique suffisant, mais albumine basse à cause de la valeur élevée des globulines
BP 6	Urée basse indique un recyclage de l'azote métabolique, mais l'apport en protéine est suffisant puisque l'albumine est normale
BP 7	Urée très élevée, apport élevé de protéines dégradables lors du test, mais l'apport en protéines est suffisant dans les dernières journées puisque l'albumine est correcte
ÉTATS DES ANTICORPS : PROTÉINES TOTALES, GLOBULINE, ALBUMINE	
EA 1	Le système immunitaire est fortement sollicité chez cette ou ces brebis. Protéines totales et globulines élevées : présence d'infection ou d'inflammation ou de vaccination
EA 2	État normal
BILAN DES MINÉRAUX : CALCIUM, PHOSPHORE, MAGNÉSIUM, CUIVRE ZINC	
BM 1	Normal
BM 2	Cuivre trop élevé
BM 3	Déficience en zinc
BM 4	Déficience en calcium
BM 5	Excès en calcium
BM 6	Déficience en phosphore
BM 7	Déficience en cuivre
BILAN HÉPATIQUE : GGT, AST	
BH 1	Fonction hépatique normale
BH 2	GGT élevée, indique une forte activité de la fonction hépatique, possibilité de toxines
BH 3	AST élevée, forte activité hépatique, foie possiblement surchargé
BILAN HYDRIQUE : SODIUM, PRESSION OSMOTIQUE, CHLORE	
BES 1	Équilibre hydrique correct
BES 2	Légère déshydratation, manque un peu d'eau ou trop de sel
BES 3	Forte déshydratation, manque d'eau ou trop de sel
BILAN ACIDO-BASIQUE : POTASSIUM, CHLORE, BICARBONATE, GAP ANIONIQUE	
BAB 1	Normal
BAB 2	Acidose

Tableau 32. Liste des codes représentant les conclusions données suite à l'analyse des profils métaboliques.

CODE	CONCLUSION DE L'INTERPRÉTATION
C 1	Manque de protéines, revoir l'apport
C 2	Légère déshydratation : trop de sel? Manque d'eau
C 2-2	Forte déshydratation, revoir l'apport en eau et en sel, disponibilité des abreuvoirs, qualité de l'eau
C 3	Revoir l'apport en énergie, AGL élevé
C 4	Vérifier la présence d'infection et d'inflammation, est-ce qu'il y a eu une vaccination récente?
C 5	Acidose en lien avec l'état de déshydratation
C 6	Profil normal
C 7	Déficience en zinc, revoir l'apport
C 8	Excès de cuivre alimentaire, revoir la composition des aliments en cuivre
C 9	État d'acidose métabolique, revoir la cause
C 10	Vérifier la possibilité de toxines dans les aliments
C 11	Excès de glucose, excès d'énergie alimentaire ou manque de fibre efficace, à vérifier
C 13	Vérifier l'apport en calcium, il est en excès
C 14	Vérifier la fonction hépatique, lipidose? Surcharge?
C 15	Vérifier l'apport en phosphore, il est déficient
C 16	Vérifier l'apport en cuivre, il y a une possibilité de déficience, mais y aller avec prudence
C 17	Revoir l'apport en énergie qui est déficient, le BHB est élevé, ces brebis sont en acétonémie
C 18	Revoir l'apport en calcium, les brebis sont en hypocalcémie
C 19	Revoir l'apport en énergie qui est déficient, le BHB est élevé (acétonémie des brebis) et les AGL également
C 20	Revoir l'apport en énergie qui est déficient : le glucose est sous la normale
C 21	Erreur ou problème soit de distribution d'aliments ou de problèmes au laboratoire, excès de protéines dégradables et l'alimentation semblait correcte les jours précédents

Le tableau 33 présente les analyses statistiques réalisées en fonction de chacun des bilans. Différents effets ont été interprétés, dont celui de la taille de la portée (Nb nés), du traitement (Trait), de la maturité des animaux (brebis ou agnelle; maturité), de la période (8, 6, 4, -2 semaines avant la mise-bas, ou agnelage) et finalement de l'effet d'interaction Période*Traitement (P*Trait). Pour les effets non significatifs (NS), les résultats des moyennes des bilans ne sont pas présentés. Toutefois, pour les bilans qui présentent un effet significatif pour l'un des effets statistiques analysés, des tableaux complémentaires ont été produits afin de détailler les moyennes mesurées et surtout identifier la direction de ces différences (tableaux suivants).

Tableau 33. Effets statistiques analysés dans le modèle sur les différents bilans issus des profils métaboliques.

	EFFETS STATISTIQUES ANALYSÉS				
PARAMÈTRES ANALYSÉS	**NB NÉS**	**TRAIT**	**MATURITÉ**	**PÉRIODE**	**P X TRAIT**
BAB 1	NS	NS	NS	p<0,0037	NS
BAB 2	NS	NS	NS	p<0,0037	NS
BE1	NS	NS	NS	p<0,0001	NS
BE 2	NS	p<0,04	p = 0,07	p<0,0001	NS
BE 3	NS	NS	NS	p<0,05	NS
BE 4	NS	NS	NS	NS	NS
BE 5	p<0,03	NS	NS	NS	NS
BE 6	NS	NS	NS	NS	NS
BES 1	NS	NS	NS	p<0,009	NS
BES 2	NS	NS	NS	p<0,05	NS
BES 3	NS	NS	NS	NS	NS
BH 1	NS	NS	NS	p<0,0006	p<0,01
BH 2	NS	NS	NS	p<0,0001	p<0,01
BH 3	NS	NS	NS	p = 0,07	NS
BM 1	NS	NS	NS	p<0,003	NS
BM 2	p<0,05	p<0,03	NS	p<0,001	p<0,02
BM 3	NS	NS	NS	p<0,01	NS
BM 4	NS	NS	NS	NS	NS
BM 5	NS	NS	NS	NS	NS
BM 6	NS	NS	NS	NS	NS
BM 7	p<0,005	NS	NS	NS	NS
BP 1	NS	NS	NS	NS	NS
BP 2	.	.	.	.	.
BP 4	NS	NS	NS	p<0,0001	NS
BP 5	NS	NS	NS	p<0,006	NS
BP 6	NS	NS	NS	p<0,0001	NS
BP 7	.	.	.	.	.
EA 1	NS	NS	NS	p<0,004	NS
EA 2	NS	NS	NS	p<0,004	NS

Quand une cellule contient un « . », il n'y avait pas de données correspondantes dans les profils analysés.

Dans l'ensemble, comme ce fût le cas pour d'autres paramètres analysés au préalable, les différents traitements alimentaires semblent avoir eu peu d'effet sur l'état métabolique des animaux. En effet, les seules différences significatives qui ont été mesurées concernaient le bilan énergétique BE 2 ($p < 0,04$) et le bilan minéral BM 2 ($p < 0,03$).

Le bilan énergétique BE 2 représente des animaux en état de lipomobilisation, soit des animaux qui puisaient dans leurs réserves adipeuses, sans toutefois que leurs niveaux de BHB soient plus élevés, ceci en présence de niveaux de glucose normaux. Les données présentées dans les tableaux qui suivent représentent la fréquence des observations (profils ou échantillons) où le bilan BE 2 a été confirmé dans l'ensemble des échantillons analysés. Les différences observées entre les traitements suggèrent ainsi qu'un plus grand nombre de profils issus des femelles soumises au traitement T-Ajust (brebis comme agnelles), présentaient un état de lipomobilisation, comparativement aux femelles des deux autres groupes (50 ± 0,08 % des profils des femelles du traitement T-Ajust vs 26 ± 0,07 % et 37 ± 0,08 % respectivement pour les profils des groupes Témoin et Énergie). Avec 50 % des profils du traitement T-Ajust en état de lipomobilisation, il apparait que la ration T-Ajust n'a pas permis de rencontrer les besoins énergétiques des animaux. Dans cette ration, l'énergie était réajustée en fonction de la CVMS, mais non haussée. Par ailleurs, des différences significatives de CVMS ont été observées chez les agnelles de ce groupe comparativement aux autres groupes d'agnelles (consommation significativement plus faible). La même observation a été faite chez les brebis du traitement T-Ajust comparativement aux brebis des autres groupes. Toutefois, cette différence de CVMS n'était pas significative. Il n'est donc pas impossible que cette consommation inférieure ait affecté le bilan énergétique des femelles de ce traitement.

En ce qui concerne le bilan minéral BM2, qui représente un excès de cuivre, sa présence dans les résultats est une surprise puisqu'aucun aliment ne contenait de cuivre ajouté. Par ailleurs, les niveaux de cuivre contenus dans la ration totale étaient bien en deçà du niveau maximal journalier recommandé. Les animaux exposés au traitement Témoin ont ainsi présenté des niveaux de cuivre significativement inférieurs aux deux autres traitements (non différents statistiquement). Ainsi, 13,4 ± 0,05 % des profils issus des femelles du groupe Témoin avait des niveaux élevés de cuivre, comparativement à 32,5 ± 0,06 % pour le groupe T-Ajust et 28,4±0,06 % pour le traitement Énergie. Les brebis utilisées dans cette étude n'étaient pas nées dans la ferme de recherche. Il est ainsi difficile de savoir si ces dernières avaient été exposées à des sources de cuivre alimentaire avant leur arrivée au centre. Les femelles avaient aussi été réparties de façon aléatoire entre les traitements. La seule hypothèse qui peut être émise est que les femelles des traitements T-Ajust et Énergie, ont consommé un niveau de cuivre supérieur à celui attendu et prévu dans les rations (en fonction de la composition des aliments). En effet, ces deux groupes recevaient plus de concentrés énergétiques et protéiques (maïs grains et soya) et des analyses standards avaient été utilisées pour ces grains dans les formulations. Il est ainsi possible que ces aliments aient contenu plus de cuivre que les analyses standardisées. Il serait donc pertinent de recommander aux producteurs d'exiger une validation du contenu en cuivre des concentrés qu'ils achètent, et ce, dans le but de ne pas provoquer de toxicité sur une période d'alimentation prolongée. Par ailleurs, pourrait également être émise l'hypothèse que ces femelles aient moins bien toléré le stress relié au projet, qu'il soit alimentaire (forte proportion de concentrés vs groupe témoin), ou encore dû aux manipulations. Cet aspect est toutefois impossible à confirmer. De plus, pour le bilan BM 2, une plus grande proportion des profils issus des agnelles présentaient des niveaux de cuivre élevés comparativement à la fréquence observée dans les profils issus des femelles adultes (44,9 ± 0,08 % des profils des agnelles, vs

31,0 ± 0,05 % des profils issus des brebis). Le bilan BM 2 a aussi présenté un effet d'interaction Traitement*Période et un effet de la taille de la portée. Ces différences sont présentées ci-après. Le tableau 34 illustre la fréquence des profils où la taille de la portée a eu un effet significatif sur la fréquence des bilans BM 2, BE 5 et BM 7.

Tableau 34. Fréquence des profils où un effet significatif de la taille de la portée a été noté pour le bilan BE 5 (AGL et BHB élevé, état d'acétonémie), le bilan minéral BM 2 (excès de cuivre) et le bilan minéral BM 7 (déficience en cuivre).

NB NÉS	BE 5 (P < 0,03)	BM 2 (P < 0,05)	BM 7 (P < 0,005)
1	-0,0013 ± 0,012 a	0,0999 ± 0,06 a	0,0028 ± 0,0138 a
2	-0,0016 ± 0,010 a	0,1585 ± 0,05 a	0,0014 ± 0,0114 a
3	0,0003 ± 0,010 a	0,3072 ± 0,05 ab	-0,0012 ± 0,0120 ab
4	0,00002 ± 0,013 a	0,2728 ± 0,07 ab	-0,0016 ± 0,0148 ab
5	0,1561 ± 0,026 b	0,1020 ± 0,13 a	0,1411 ± 0,0298 b
6	0,0075 ± 0,030 a	0,5471 ± 0,16 b	-0,0112 ± 0,0351 a

Les lettres différentes dans une même colonne illustrent des différences statistiquement différentes.

En ce qui concerne le Bilan énergétique BE 5, qui reflète un état d'acétonémie (AGL et BHB élevé), une proportion statistique plus importante de ces bilans a été notée chez les femelles portant 5 agneaux, sans égard au traitement ou à la maturité. Ces données sont issues de seulement 3 profils individuels, qui représentent toutefois 3 femelles (seulement trois femelles ont produit des quintuplés durant le projet). Ainsi, bien que le nombre de femelles ayant eu des quintuplés soit peu élevé, ces 3 femelles ont été évaluées individuellement et leur bilan énergétique suggère un état d'acétonémie, par un taux de BHB et d'AGL plus élevé que chez les femelles avec une portée moins nombreuse. Dans l'ensemble, la taille de la portée ne semble pas avoir affecté le bilan énergétique des animaux (moins de 0,7 % pour une taille de portée de 6 agneaux et une valeur quasi nulle pour les autres tailles de portées).

En ce qui concerne les bilans BM 2 et BM7, ceux-ci font référence au niveau de cuivre (BM 2 = Excès; BM 7 = déficience). Les données sont donc relativement à l'opposé entre ces deux bilans. Les femelles portant des sextuplés, suivies des femelles portant des triplets et des quadruplets ont ainsi présenté des bilans de cuivre plus élevés que les femelles des autres portées. Les 3 brebis ayant eu des quintuplés ont présenté des profils significativement moins élevés en cuivre que les profils des autres groupes. Il apparait difficile d'expliquer ce résultat et le faible nombre d'observations pourrait en être la cause.

Le tableau 35 présente les moyennes de fréquences pour les profils où des différences significatives ont été observées pour l'interaction Traitement*Période. Ainsi, s'y retrouvent les effets Traitement*Période pour le bilan hépatique BH1 ($p < 0,01$; fonction hépatique normale), pour le bilan hépatique BH2 ($p < 0,01$; forte activité de la fonction hépatique) et pour le bilan minéral BM2 ($p < 0,02$; niveau de cuivre trop élevé).

Tableau 35. Fréquence des profils où un effet significatif de l'interaction Traitement*Période a été noté pour le bilan hépatique BH1 (fonction hépatique normale), le bilan hépatique BH2 (forte activité de la fonction hépatique) et le bilan minéral BM2 (niveau de cuivre trop élevé).

PÉRIODE (NOMBRE DE SEMAINES AVANT AGNELAGE)	TRAITEMENT	BH 1 P < 0,01	BH 2 P < 0,01	BM 2 P < 0,02
8 semaines	***TÉMOIN***	1,0223 ± 0,1214	-0,0325 ± 0,1143	0,1911 ± 0,1033
	T-AJUST	1,0243 ± 0,1270	-0,0346 ± 0,1220	0,0696 ± 0,1046
	ÉNERGIE	0,9440 ± 0,1333	0,0280 ± 0,1289	0,0533 ± 0,1080
6 semaines	***TÉMOIN***	0,8513 ± 0,1128	-0,0319 ± 0,1076	0,3503 ± 0,0979
	T-AJUST	0,9249 ± 0,1386	-0,0679 ± 0,1308	0,6695 ± 0,1175
	ÉNERGIE	0,9374 ± 0,1325	0,0325± 0,1281	0,7513 ± 0,1079
4 semaines	***TÉMOIN***	0,8505 ± 0,1130	0,1278 ± 0,1079	0,0204 ± 0,0938
	T-AJUST	0,9364 ± 0,1273	0,0502 ± 0,1223	0,1624 ± 0,1045
	ÉNERGIE	0,5301 ± 0,1325	0,4421 ± 0,1281	0,0474 ± 0,1079
2 semaines	***TÉMOIN***	1,0283 ± 0,1176	-0,0437 ± 0,114	0,0952 ± 0,0991
	T-AJUST	0,8388 ± 0,1270	0,1462 ± 0,1220	0,6616 ± 0,1046
	ÉNERGIE	0,7680 ± 0,1401	0,1907 ± 0,1345	0,5156 ± 0,1134
Agnelage	***TÉMOIN***	1,0138 ± 0,116	-0,0380 ± 0,1108	0,0133 ± 0,0980
	T-AJUST	0,5307 ± 0,1273	0,3603 ± 0,1223	0,0630 ± 0,1045
	ÉNERGIE	0,4466 ± 0,1334	0,5256 ± 0,1291	0,0534 ± 0,1080

Par rapport à la pertinence pour l'industrie, le tableau 36 est probablement l'un des plus intéressants de tous les tableaux produits pour les analyses de profils métaboliques. Il présente les différences observées pour les différents bilans analysés, et ce, en fonction du stade de gestation des femelles (8, 6, 4, 2 semaines avant la mise-bas et à l'agnelage). Ce projet avait pour objectif d'appuyer les vétérinaires afin de déterminer le moment idéal pour effectuer des profils métaboliques en fonction du stade de la gestation. Ce tableau permet ainsi d'appuyer des recommandations pour les vétérinaires praticiens œuvrant auprès d'une clientèle de producteurs élevant des femelles de type prolifique.

Tableau 36. Effets du nombre de semaines avant la mise-bas sur les facteurs significatifs dans le modèle statistique.

	NOMBRE DE SEMAINES AVANT L'AGNELAGE				
VARIABLES ÉTUDIÉES	**8**	**6**	**4**	**2**	**0**
BAB1 – Bilan acido-basique - normal	0,8486 ±0,0613 a	1,0017 ± 0,0627 b	1,0179 ± 0,0590 b	0,8118 ± 0,0618 a	1,0514 ± 0,0603 b
BAB2 – Bilan acido-basique - acidose	0,1514 ± 0,06 b	-0,0016 ± 0,06 a	-0,01786 ± 0,06 a	0,1882 ± 0,06 b	-0,05 ± 0,06 a
BE 1 – Bilan énergétique - normal	0,2799 ± 0,09 b	0,1007 ± 0,09 a	0,8925 ± 0,08 d	0,7100 ± 0,09 c	0,6006 ± 0,09 c
BE 2 – Bilan lipomobilisation	0,6964 ± 0,08 c	0,8262 ± 0,08 c	0,0753 ± 0,07 a	0,0530 ± 0,08 a	0,2379 ± 0,07 b
BE 3 – Excès HCNS - manqué fibre	0,0184 ± 0,05 a	0,04646 ± 0,05 a	0,02051 ± 0,04 a	0,1190 ± 0,05 ab	0,1523 ± 0,04 b
BES 1 - Équilibre hydrique normal	0,8865 ± 0,09 b	0,7048 ± 0,09 a	0,5068 ± 0,09 a	0,5972 ± 0,09 a	0,8280 ± 0,09 b
BES 2 - Équilibre hydrique – manque	0,1260 ± 0,09 ab	0,2864 ± 0,09 ab	0,4104 ± 0,09 a	0,3550 ± 0,09 a	0,1568 ± 0,09 ab
BM 1 – Minéraux - Normal	0,4970 ± 0,09 b	0,1085 ± 0,10 a	0,1515 ± 0,09 a	0,2032 ± 0,10 a	0,3028 ± 0,09 a
BM 3 – Minéraux – Zinc bas	0,3764 ± 0,1065 a	0,6547 ± 0,1082 b	0,7577 ± 0,1041 b	0,4981 ± 0,1076 ab	0,5781 ± 0,1051 b
BP 1 – Apport protéique suffisant	0,1348 ± 0,10 a	0,8380 ± 0,10 c	0,7968 ± 0,09 c	0,6686 ± 0,10 c	0,3998 ± 0,10 b
BP 5 - Globuline élevée	-0,0019 ± 0,07 b	0,1219 ± 0,07	0,0307 ± 0,06 b	0,2616 ± 0,07 a	0,1272 ± 0,06
BP 6 – Urée basse	0,8622 ± 0,08 d	0,01881 ± 0,08 a	0,2003 ± 0,07 b	0,02876 ± 0,08 a	0,4709 ± 0,08 c
EA 1- Système immunitaire sollicité	0,5864 ± 0,07 a	0,8272 ± 0,07 b	0,8790 ± 0,07 b	0,9164 ± 0,07 b	0,7757 ± 0,07 b
EA 2 – Système immunitaire normal	0,4136 ± 0,07 b	0,1728 ± 0,07 a	0,1210 ± 0,07 a	0,0836± 0,07 a	0,2243 ± 0,07 a

Les données qui présentent des lettres différentes sur une même ligne sont différentes significativement.

Le tableau précédent indique que la majeure partie des variations non désirables au sein de chacun des bilans semble survenir à partir de la 6e semaine avant la mise-bas (100-105 jours de gestation), et plus particulièrement à partir de la 4e à la 2e semaine avant agnelage (115 à 138 jours).

En effet, en ce qui concerne le bilan acido-basique, une plus grande proportion de profils ont été classés avec la note BAB 2 (acidose) 2 semaines avant l'agnelage. Inversement, la fréquence de bilans acido-base normaux durant la même période (BAB 1) est moindre. Il faut souligner que 2 semaines avant l'agnelage, la quantité de concentrés énergétiques avait été haussée dans l'ensemble des traitements afin de combler les besoins en énergie. Il est ainsi possible que l'encombrement du rumen, par le développement des fœtus en croissance, ait quelque peu limité la quantité de fibres fourragères ingérées, les brebis préférant consommer le grain. Ceci pourrait avoir contribué au déséquilibre ruminal et ainsi affecté l'état métabolique des animaux. Le bilan énergétique BE3 abonde dans le même sens que les bilans BAB2 et BAB1. En effet, le bilan BE3 suggère un excès d'hydrates de carbone non structuraux (HCNS). On observe ainsi une hausse de la fréquence de bilan BE3 deux semaines avant la mise-bas, ce qui pourrait être explicable par la hausse de maïs grain et d'ensilage de maïs dans les rations de transition (HCNS en provenance de l'amidon du maïs). Les bilans énergétiques ont été variables durant la gestation et la fréquence de profils anormaux semble avoir varié avec les changements de rations. Ainsi, en début de gestation, un plus grand nombre de femelles étaient en déficit énergétique, les rations étaient moins riches et les manipulations nombreuses causaient probablement un certain stress aux animaux. Dès l'incorporation de plus grandes proportions d'ensilage de maïs et de maïs grain, les bilans énergétiques semblent s'être améliorés pour l'ensemble des femelles (à partir de 4 semaines avant la mise-bas).

Il apparait que les variations alimentaires jouent un rôle prépondérant sur l'état métabolique énergétique des animaux. Le moment idéal pour identifier les déficits énergétiques devrait ainsi être évalué au cas par cas, mais il apparait que la phase de transition (dernier mois de gestation) semble être critique pour identifier les problèmes. Pour les producteurs, la meilleure recommandation serait la « constance », soit une constance de la ration servie et des ajustements progressifs afin de limiter les débalancements alimentaires et hausser la fréquence d'acidose métabolique. Un élément est toutefois inquiétant. En effet, près de ¼ des profils analysés ont démontré que les animaux présentaient un état de lipomobilisation juste après l'agnelage. Bien qu'il soit normal pour les femelles de puiser dans leurs réserves énergétiques après la mise-bas, ce nombre apparait élevé et pourrait être causé par une réduction de la CVMS après la parturition. Cette donnée n'a toutefois pas été mesurée dans le présent projet. Il apparait ainsi essentiel de stimuler la consommation volontaire de matière sèche dans la période de transition vers l'agnelage, et plus particulièrement dans les dernières semaines, sans quoi l'appétit des femelles pourrait être diminué et les problèmes métaboliques haussés juste avant ou juste après l'agnelage. Fort heureusement, les rations avaient été modifiées comparativement aux recommandations du NRC, sans quoi l'ensemble des bilans énergétiques aurait été beaucoup plus problématique. Ces données démontrent l'importance de fourrages de qualité, et surtout de fourrages énergétiques et peu encombrants pour le rumen (moins de 30 % d'ADF). Dans la période de transition, les apports d'énergie ne devraient pas être réduits à moins que ce qui a été servi aux femelles de ce projet, mais une hausse doit se faire avec une grande prudence. Rappelons que le NRC 2007 proposait des niveaux nettement plus élevés en énergie que ce qui a été formulé et servi dans ce projet. Ainsi, un producteur qui souhaiterait hausser les niveaux énergétiques de ses rations pour rencontrer les normes du NRC 2007, devrait inévitablement utiliser des ingrédients énergétiques non acidogènes (fibres

solubles en remplacement d'une partie de l'amidon), car au niveau d'énergie métabolisable servi dans ce projet, une partie des femelles présentaient de l'acidose métabolique, un excès de HCNS et une lipomobilisation suite à l'agnelage.

Le bilan hydrique, quant à lui, ne présente pas de problème dans l'ensemble. Entre 4 et 2 semaines avant la mise-bas, une plus grande proportion de profils a suggéré un manque de consommation d'eau. Ceci pourrait résulter de l'incorporation d'un fourrage plus humide et appétent qui aurait réduit l'ingestion d'eau ou encore d'une sédentarité accrue chez les animaux en fin de gestation. Plus lourde et moins actives en fin de gestation, il est possible que les brebis se soit déplacées moins fréquemment pour s'abreuver.

Par ailleurs, durant l'ensemble du projet, le bilan minéral des femelles ne semblait pas adéquat. Pourtant, les formulations indiquaient une bonne balance minérale, tous les minéraux étant comblés, mais certains en excès. En effet, le potassium et le magnésium étaient toujours présents en excès dans l'ensemble des rations. Il était toutefois impossible d'ajuster ces concentrations puisque ces minéraux provenaient en grande partie des fourrages servis. La notion d'équilibre anions et cations n'a jamais été beaucoup étudiée chez l'ovin (BACA = cations - anions = (K + Na) – (Cl + S) et elle devrait faire l'objet d'études complémentaires, car les fourrages utilisés sont généralement excédentaires en potassium. Finalement, en ce qui concerne les minéraux, la fréquence de profils démontrant des déficiences en Zinc était plus élevée vers 4 semaines avant la mise-bas, ce qui coïncide avec la hausse d'incorporation d'ensilage de maïs. Les producteurs utilisant de l'ensilage de maïs devraient ainsi utiliser des formules minérales personnalisées, et ce, afin de combler les déficits en certains nutriments dans l'ensilage de maïs (Ca, S, Zn). Par ailleurs, ces résultats suggèrent qu'il y aurait probablement lieu de revoir les valeurs de références pour les minéraux. En effet, les valeurs de minéraux comme le cuivre, le sélénium et le zinc, pourraient être plus significatives dans le foie que dans le sérum. Ce type de prélèvement est toutefois plus difficile à pratiquer. Des études permettant de corréler le niveau de ces minéraux dans le foie et le sérum contribueraient à ajuster les valeurs sériques de référence des profils métaboliques.

Le bilan protéique a semblé relativement normal dans l'ensemble des profils chez les femelles durant la période de gestation. Il est toutefois surprenant d'observer que plusieurs profils aient eu la cote BP6 (urée basse), car toutes les rations étaient largement excédentaires en protéines, et ce, durant tout le projet.

Finalement, les bilans EA 1 et EA 2 ont suggéré que le système immunitaire des femelles était plus fortement sollicité à partir de la 6e semaine avant la mise-bas, et plus particulièrement dans les 2 dernières semaines précédant l'agnelage. Ceci pourrait évidemment résulter des vaccins administrés à la 7e et à la 3e semaine avant la mise basse.

Le tableau 37 présenté à la page suivante présente des résultats qui abondent généralement dans le même sens que les analyses des bilans. Ce tableau contient les variables qui ont eu un effet significatif sur l'interprétation globale des profils analysés. L'interprétation globale visait à donner un diagnostic unique (conclusions C 1 à C 20) pour chacun des profils métaboliques analysés. L'effet détaillé des variables ayant eu un effet significatif est présenté dans les tableaux 38, 39 et 40.

Tableau 37. Effets statistiques analysés dans le modèle sur les différentes conclusions diagnostiques attribuées aux profils analysés.

	EFFETS STATISTIQUES ANALYSÉS				
PARAMÈTRES ANALYSÉS	NB NÉS	TRAIT	MATURITÉ	PÉRIODE	P X TRAIT
C 1	NS	NS	NS	p < 0,0001	NS
C 2	NS	NS	NS	p < 0,0009	NS
C 2 – 2	NS	NS	NS	NS	p < 0,0590
C 3	NS	NS	NS	p < 0,0001	NS
C 4	NS	NS	NS	p < 0,0050	NS
C 5	NS	NS	NS	NS	NS
C 6	NS	NS	NS	p < 0,0222	NS
C 7	NS	NS	NS	p < 0,0222	NS
C 8	NS	p < 0,05	NS	p < 0,0001	p < 0,0475
C 9	NS	NS	NS	p < 0,0046	NS
C 10	NS	NS	NS	p < 0,0001	p < 0,0133
C 11	NS	NS	NS	p < 0,0566	NS
C 12	.	.	.	.	.
C 13	NS	NS	NS	NS	NS
C 14	NS	NS	NS	NS	NS
C 15	NS	NS	NS	NS	NS
C 16	p < 0,0053	NS	NS	NS	NS
C 17	NS	NS	NS	NS	NS
C18	NS	NS	NS	NS	NS
C 19	p < 0,0004	NS	NS	NS	NS
C 20	NS	NS	NS	NS	NS
C 21	.	.	.	.	.

La taille de la portée a eu un effet significatif sur la conclusion C19 qui indique de réviser l'apport en énergie (BHB et AGL élevés, état d'acétonémie). Tel que vu au préalable et dans le tableau 38 présenté à la page suivante, les femelles ayant des portées de quintuplés auraient eu des besoins plus importants en énergie et elles étaient possiblement en état léger d'acétonémie. Dans ce projet, aucune femelle n'a démontré de signe de toxémie de gestation, mais les résultats des profils suggèrent que certaines problématiques n'étaient pas loin de survenir. Cette faible fréquence de profils démontrant un bilan énergétique similaire à l'acétonémie pourrait aussi résulter de la prolificité relativement basse pour ces races très prolifiques. En effet, sur le total de femelles élevées dans cette étude, seulement 4 ont eu des portées de plus de 4 agneaux. En ce qui concerne la conclusion C16, soit celle d'une carence en cuivre, cette notion demeure très difficile à interpréter et dans l'ovin, un état de déficience ou d'excès de cuivre ne peut se diagnostiquer par le sérum. En effet, il serait préférable d'évaluer la concentration hépatique de cuivre, de molybdène et d'autres minéraux qui pourraient soit augmenter ou diminuer l'absorption

du cuivre. La teneur des aliments en cuivre et en molybdène devrait faire l'objet d'une attention particulière. On sait qu'un excès en cuivre cause de la toxicité et des mortalités, cependant une déficience en cuivre peut mener à des problèmes de santé et de productivité importants. Notons que les observations faites dans ce projet en ce qui concerne les minéraux, pourraient, tel que mentionné au préalable, résulter du faible nombre de profils soumis, particulièrement pour des femelles de ces tailles de portées.

Tableau 38. Effets du nombre d'agneaux nés sur les facteurs significatifs dans le modèle statistique.

NB NÉS	C 16	C 19
1	0,0028 ± 0,014 a	-0,0013 ± 0,0120 a
2	0,0014 ± 0,011 a	-0,0016 ± 0,0099 a
3	-0,0012 ± 0,012 a	0,0003 ± 0,0104 a
4	-0,0016 ± 0,015 a	0,00002 ± 0,0128 a
5	0,1411 ± 0,0298 b	0,1561 ± 0,0263 b
6	-0,0112 ± 0,0351 a	0,0076 ± 0,0304 a

Concernant l'effet significatif du traitement sur le diagnostic C8, soit un excès de cuivre alimentaire, tel que mentionné au préalable, ceci était rencontré plus fréquemment dans les profils issus des femelles des traitements Énergie et T-Ajust (respectivement 28 ± 0,06 % et 30 ± 0,05 %) que des profils issus des femelles du groupe Témoin.

Globalement, les tableaux 39 et 40 montrent que l'effet des différentes variables étudiées ont eu un effet similaire aux interprétations attribuées à chacun des bilans. Ainsi, les différences significatives observées vont exactement dans le même sens que ce qui a déjà été détaillé dans les pages précédentes pour les bilans protéique, hydrique et énergétique, le bilan acido-basique et l'état du système immunitaire.

Tableau 39. Fréquence des profils où un effet significatif de l'interaction Traitement*Période a été noté pour les diagnostics finaux (conclusions C2-2, C8 et C10).

PÉRIODE (NBRE DE SEMAINES AVANT AGNELAGE)	TRAITEMENT	C2 – 2 P < 0,05	C8 P < 0,04	C 10 P < 0,01
8 semaines	***TÉMOIN***	-0,00068 ± 0,05157	0,1922 ± 0,1048	-0,03246 ± 0,1143
	T-AJUST	-0,01185 ± 0,05206	0,06472 ± 0,1062	-0,03461 ± 0,1220
	ÉNERGIE	-0,02492 ± 0,05368	0,05151 ± 0,1096	0,02801 ± 0,1289
6 semaines	***TÉMOIN***	-0,00581 ± 0,04674	0,3488 ± 0,09520	-0,03194 ± 0,1076
	T-AJUST	-0,02227 ± 0,05864	0,6694 ± 0,1193	-0,06792 ± 0,1308
	ÉNERGIE	-0,02453 ± 0,05368	0,7494 ± 0,1096	0,03250 ± 0,1281
4 semaines	***TÉMOIN***	-0,00440 ± 0,4673	0,01885 ± 0,09519	0,1278 ± 0,1079
	T-AJUST	-0,01256 ± 0,05205	0,1586 ± 0,1061	0,05020 ± 0,1223
	ÉNERGIE	0,07504 ± 0,05368	0,04540 ± 0,1096	0,4421 ± 0,1281
2 semaines	***TÉMOIN***	-0,00753± 0,04947	0,09468 ± 0,1006	-0,04366 ± 0,1114
	T-AJUST	0,1873 ± 0,05206	0,5580 ± 0,1062	0,1462 ± 0,1220
	ÉNERGIE	-0,02637 ± 0,05621	0,5127 ± 0,1152	0,1907 ± 0,1345
Agnelage	***TÉMOIN***	0,08534 ± 0,04887	0,01162 ± 0,09947	-0,03799 ± 0,1108
	T-AJUST	-0,01254 ± 0,0205	0,05909 ± 0,1061	0,3603 ± 0,1223
	ÉNERGIE	-0,02493 ± 0,05368	0,05165 ± 0,1096	0,5256 ± 0,1291

Tableau 40. Effets du nombre de semaines avant la mise-bas sur les facteurs significatifs dans le modèle statistique pour les différentes conclusions diagnostiques.

	NOMBRE DE SEMAINES AVANT L'AGNELAGE				
VARIABLES ÉTUDIÉES	**8**	**6**	**4**	**2**	**0**
C 1	0,1549 ± 0,0943 a	0,7318 ± 0,0963 c	0,8157 ± 0,0920 c	0,6925 ± 0,0953 c	0,3812 ± 0,0929 b
C 2	0,0200 ± 0,0873 a	0,3466 ± 0,0893 b	0,4302 ± 0,0850 b	0,3830 ± 0,0881 b	0,1517 ± 0,0859 a
C 3	0,6565 ± 0,0773 c	0,8069 ± 0,0786 d	0,07015 ± 0,0756 a	0,04744 ± 0,0781 a	0,2321 ± 0,0763 b
C 4	0,5915 ± 0,0754 a	0,8324 ± 0,0769 c	0,8324 ± 0,0736 c	0,9203 ± 0,0762 c	0,7462 ± 0,0743 bc
C 6	0,1124 ± 0,0392 b	-0,0249 ± 0,0402 a	-0,0213 ± 0,0382 a	-0,0228 ± 0,0395 a	0,0421 ± 0,0386 ab
C 7	0,3701 ± 0,1057 a	0,6130 ± 0,1076 ac	0,7508 ± 0,1033 c	0,4949 ± 0,1069 a	0,5379 ± 0,1043 ac
C 9	0,1548 ± 0,0627 b	0,0226 ± 0,0640 a	-0,0235 ± 0,0612 a	0,1519 ± 0,0634 b	-0,0535 ± 0,0618 a
C 11	0,0184 ± 0,0452 a	0,0465 ± 0,0462 b	0,0205 ± 0,0440 b	0,1190 ± 0,0456 b	0,1523 ± 0,04450 b

Les profils métaboliques représentent des outils intéressants pour les producteurs qui travaillent avec leur vétérinaire praticien. Les données suggèrent que des femelles exposées à des changements alimentaires en fin de gestation seraient sujettes à des altérations de leur métabolisme énergétique, protéique et minéral. La fin de la gestation semble aussi être une période où le système immunitaire des femelles est grandement sollicité. Puisqu'une majeure partie des anomalies ont été rencontrées dans les dernières semaines avant la mise-bas, il apparait que ce moment serait à privilégier pour identifier les femelles à risque de présenter un déficit énergétique. L'interprétation des profils devrait toutefois se faire avec prudence et être réalisée en concomitance avec le programme alimentaire formulé, servi, mais surtout réellement consommé par les animaux.

Les profils métaboliques ont toutefois leurs limites. D'une part, ils représentent des frais relativement importants pour les producteurs et leur interprétation peut être difficile vu le manque de références reliées aux profils métaboliques ovins. Les profils contiennent toutefois une quantité importante d'éléments permettant de comprendre l'état de santé des animaux. Le désavantage le plus important des profils métaboliques est sans aucun doute le délai entre l'acheminement des échantillons et l'obtention des résultats. Souvent, les femelles ont le temps de mettre-bas avant l'obtention des résultats et les interventions correctives doivent être appliquées à un groupe d'agnelage ultérieur, pour lequel les aliments généralement servis ne sont plus les mêmes. Dans une perspective d'ajustement alimentaire à court terme, les bandelettes permettant de détecter le niveau de BHB sanguin des animaux devraient être utilisées sur une base courante par les vétérinaires et les producteurs. Ces bandelettes sont très simples d'utilisation et permettent d'obtenir une réponse rapide sur l'état métabolique et énergétique des animaux.

Dans le but de valider leur précision, des corrélations entre les mesures de BHB réalisées avec les bandelettes et les mesures de BHB obtenues dans les profils métaboliques ont été mesurées. Des corrélations significatives fortes ont été retrouvées entre les mesures de BHB de bandelettes et les mesures de BHB des profils sanguins. Par ailleurs, des corrélations significatives ont aussi démontré un lien fort entre le BHB mesuré avec les bandelettes et les bilans énergétiques BE4, BE5 et BE6, qui représentent respectivement un niveau de BHB élevé, un état d'acétonémie (BHB et AGL élevé) et une déficience en glucose. Les bandelettes qui permettent de mesurer le BHB représentent ainsi une solution fiable et peu coûteuse pour les vétérinaires et les agronomes qui souhaitent convaincre les producteurs d'investiguer plus sérieusement sur l'état métabolique des animaux et ainsi ajuster les programmes alimentaires. Concernant les corrélations entre la glycémie mesurée avec les bandelettes et le glucose sanguin, les corrélations ont été moins évidentes. En effet, quoique significatives, les corrélations observées étaient faibles, mais seulement lors de la mise-bas. Cette observation va dans le même sens que les différents auteurs qui ont indiqué que la glycémie sanguine ne permettrait pas toujours de bien identifier les brebis en acétonémie ou en toxémie de gestation *(Firat et al., 1996; Shetaewi et al., 1994; Radostits et al., 2000).* Ainsi, les bandelettes permettant de mesurer le BHB sanguin seraient à privilégier pour détecter les femelles qui puisent dans leurs réserves énergétiques et dont les programmes alimentaires sont insuffisants pour combler leurs besoins.

6.8 Résultats de l'effet des traitements sur la qualité du colostrum des brebis

Le tableau 41 présente les moyennes et les écarts mesurés sur le colostrum pour l'indice de réfraction et l'indice Brix.

Tableau 41. Moyenne, écart, minimum et maximum mesurés pour l'indice de réfraction et l'indice Brix du colostrum.

	INDICE DE RÉFRACTION				INDICE BRIX (%)			
TRAITEMENT	MOYENNE		MIN	MAX	MOYENNE		MIN	MAX
AGNELLES	**1,368**	**± 0,015**	**1,3288**	**1,3922**	**23,0**	**± 8,3**	**4,6**	**36,0**
ÉNERGIE	1,369	± 0,014	1,3443	1,3894	22,9	± 8,1	7,7	34,5
T-AJUST	1,367	± 0,016	1,3288	1,3884	23,3	± 7,5	12,8	34,0
TÉMOIN	1,369	±0,016	1,3396	1,3922	22,9	± 9,7	4,6	36,0
BREBIS	**1,369**	**± 0,016**	**1,3382**	**1,3973**	**22,4**	**± 9,8**	**3,6**	**38,7**
ÉNERGIE	1,37	± 0,018	1,3401	1,3973	23,2	± 10,4	4,9	38,7
T-AJUST	1,37	±0,015	1,3388	1,3903	23,5	± 9,1	4,0	35,0
TÉMOIN	1,366	± 0,017	1,3382	1,3947	20,6	± 10,0	3,6	37,3
MOYENNE GLOBALE	**1,368**	**± 0,016**	**1,3288**	**1,3973**	**22,7**	**± 9,1**	**3,6**	**38,7**

Le tableau précédent montre que, dans l'ensemble, la qualité du colostrum produit par les femelles utilisées dans ce projet était de moyenne à bonne. À noter qu'un bon colostrum doit généralement dépasser 22 % pour l'indice Brix, ce qui correspond à une concentration en IgG de 50 g/L. La qualité du colostrum mesurée dans ce projet était aussi largement variable, certains sujets ayant un colostrum de très bonne qualité (> 30 % d'indice Brix) et d'autres de très piètre qualité, soit presque aussi clair que de l'eau (Brix > 5 %). Les analyses statistiques ont permis de voir que la qualité du colostrum n'était pas affectée par l'âge (brebis vs agnelles), la taille de la portée, le traitement (Témoin, T-Ajust, Énergie) et l'état métabolique des femelles. En effet, des analyses complémentaires ont permis d'évaluer l'effet des différents bilans énergétiques et protéiques sur la qualité du colostrum produit par les brebis et les agnelles. Ces analyses n'ont montré aucune différence significative.

Pourtant, la littérature disponible sur la qualité du colostrum ovin révèle que les femelles adultes ont généralement un colostrum de meilleure qualité que les agnelles (Halliday R., 1978). Ces auteurs suggèrent que les femelles de moins d'un an d'âge et les femelles très âgées (> 6 ans), produisent significativement moins d'IgG1 colostrales que les brebis âgées de 2 à 5 ans. Bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les agnelles et les brebis, les antenaises semblent avoir produit, en moyenne, un colostrum un peu plus concentré que les femelles multipares. Cet effet pourrait être lié à

l'âge variable des femelles adultes, mais aussi par un faible nombre d'observations dans certaines classes d'âge. La période de tarissement joue aussi un rôle sur la production d'anticorps. Chez les bovins, des études ont démontré qu'une période de tarissement plus longue permettait d'assurer une meilleure production d'anticorps, mais aussi une meilleure production laitière. Ainsi, des études ont démontré que des vaches taries durant 1 ou 10 jours produisaient un colostrum significativement moins concentré que des vaches ayant vécu un tarissement de 8 semaines (Remond et al., 1977). Dans le projet, les brebis Romanov avaient été taries sur une période relativement courte, soit la période recommandée pour les femelles sous production intensive. Il n'est pas impossible que ce tarissement plus court ait contribué aux données obtenues. Toutefois, cette donnée devrait être évaluée en recherche à l'avenir.

En ce qui concerne la taille de la portée, de nombreuses études ont démontré que la concentration en IgG était proportionnelle au nombre de fœtus (Gilbert et al., 1988; Mellor et Murray, 1986; Shubber et al, 1979). Or, aucune différence n'a été observée dans le projet. Toutefois, ceci pourrait être le résultat du faible nombre de femelles ayant eu des portées surnuméraires supérieures à 3 agneaux nés.

Plusieurs auteurs ont démontré l'effet de la nutrition sur la production d'anticorps colostral et la quantité de colostrum. En effet, Banchero et al. (2006), ont observé que des brebis alimentées à seulement 70 % de leurs besoins durant les deux derniers mois de la gestation accumulaient 2,7 fois moins d'IgG que les femelles alimentées adéquatement (168 ± 48 g vs 451 ± 103g). D'autres auteurs ont observé que le poids et le volume du colostrum était diminué chez des brebis alimentées à 60 % et 140 % de leurs besoins, comparativement à des brebis nourries correctement (100 % de leurs besoins). Chez les brebis sous-alimentées, la concentration en IgG était supérieure à celle de brebis nourries à 100 et 140 % de leurs besoins, mais la production totale d'anticorps était inférieure chez les femelles sous et suralimentée, dû à une quantité de colostrum largement diminuée (Swanson et al., 2008). Dans le projet, toutes les femelles étaient alimentées pour couvrir au moins 100 % de leurs besoins et seules les femelles du traitement Énergie recevaient une ration dépassant les besoins en énergie. Ces rations ne semblent ainsi pas avoir causé d'effets sur la qualité du colostrum, possiblement parce que les fourrages très appétents n'ont pas limité la consommation durant la période de fin de gestation.

Des auteurs ont suggéré que la qualité du colostrum pourrait être affectée par la génétique des animaux (Halliday, 1978, Norman et al., 1981 et Gilbert et al., 1988). Ces auteurs ont démontré que la concentration en IgG du colostrum, mais également la concentration retrouvée dans le sérum du nouveau-né, seraient en partie reliées à des facteurs génétiques. L'évaluation régulière de la concentration en IgG colostrales permettrait même de sélectionner les femelles produisant un colostrum de plus grande qualité. Halliday (1978) a même estimé que l'héritabilité de la concentration totale en IgG pourrait être très élevée et de l'ordre de 45 % (0,45 ± 0,152), alors que Gilbert et al., (1988) estiment plutôt ce caractère à une héritabilité faible de près de 20 % (0,19 ± 0,12). Dans le projet, les liens génétiques entre les sujets n'ont pas été estimés, mais ce travail pourra être réalisé ultérieurement. Sommes toutes, ces notions suggèrent qu'un travail de sélection génétique permettrait d'améliorer substantiellement la qualité du colostrum produit par les femelles d'élevage au Québec. Par ailleurs, la qualité de la préparation à l'agnelage ne doit pas être négligée afin de bien démarrer la production laitière des femelles.

Le tableau 42 présente simplement les commentaires rédigés par l'équipe de la ferme lors de la période de mise-bas. L'objectif était d'évaluer, sans analyses statistiques, si les femelles produisant moins de lait avaient un colostrum de moins bonne qualité et si elles avaient été en mesure de sevrer une bonne quantité d'agneaux.

Tableau 42. Qualité du colostrum (indice Brix %), taille de portée, nombre d'agneaux élevés et nombre total de kg sevrés et produits chez les femelles ayant reçu un commentaire de problématique de production laitière.

IDENTIFIANT	RACE	TRAIT	TYPE	INDICE BRIX (%)	NB NÉ	NB ÉLÉVÉ	KG SEVRÉ	KG PRODUIT	COMMENTAIRES
314 703 886	RV	TÉMOIN	Brebis	27,9	1	1	25	25	Pas de lait.
314 948 323	DP/RV	TÉMOIN	Agnelle	13,0	2	2	60,2	60,2	Pas de lait au début, élève 2 agneaux.
314 901 123	DP/RV	ÉNERGIE	Agnelle	34,5	2	1	34,2	66,2	Pas de lait pour 2 agneaux.
314 956 535	DP/RV	T-AJUST	Agnelle	.	3	2	47,6	66,0	Pas de lait au début, élève 2 agneaux.
314 956 526	DP/RV	TÉMOIN	Agnelle	31,1	2	1	26,4	49,6	Pas de lait pour 2 agneaux.
314 616 828	RV	ÉNERGIE	Brebis	17,5	2	1	30,4	56,0	Pas de lait pour 2 agneaux.
314 732 088	RV	TÉMOIN	Brebis	3,6	5	2	45,6	45,6	Pas de lait, mammite 1 quartier.
314 732 225	RV	TÉMOIN	Brebis	15,9	3	0	0	0	Pas de lait. Tous élevés artificiellement.
314 948 192	DP/RV	TÉMOIN	Agnelle	10,71	2	1	27,6	42,8	Pas de lait pour 2 agneaux.
314 956 491	DP/RV	T-AJUST	Agnelle	12,7	2	1	39,6	71,2	Pas assez de lait pour 2 agneaux.

Les observations faites dans le tableau précédent ne permettent pas d'affirmer que les femelles manquant de colostrum ont nécessairement une qualité de colostrum réduite. Par ailleurs, il est intéressant de constater que la femelle associée à un indice Brix de seulement 3,6 % présentait des signes cliniques évidents de mammite.

Il est très intéressant de constater que l'administration de colostrum en poudre (Grober – Agneaux Chevreaux), a permis de réchapper les agneaux qui n'ont pas reçu de colostrum de leur mère. Ainsi, l'administration de colostrum en poudre, dans la période appropriée (moins de 18 h après la naissance) et en quantité suffisante (au moins 3 repas de 50 ml de colostrum par kg de poids vif/repas) a non seulement permis de sevrer ces agneaux, mais également de produire une quantité très importante de kg/femelle, et ce, même si ces dernières ne les ont pas élevés. Dans le projet, 52 agneaux ont été élevés entièrement artificiellement (colostrum et lait en poudre de 2 à 30 jours de vie), comparativement à 122

agneaux qui ont été élevés à 2 sous leur mère et 27 qui ont été élevés simples. Le poids moyen au sevrage des agneaux élevés artificiellement (pesée de 50 jours) a été relativement similaire aux agneaux élevés doubles, mais inférieur aux agneaux élevés simples (respectivement 23,2 kg pour les agneaux élevés artificiellement vs 24,3 et 30,9 kg, respectivement pour les agneaux élevés doubles ou simples, sans ajustement pour la taille de portée). Globalement, dans ce projet, l'utilisation de colostrum et de poudre de type Grober, ainsi que l'élevage artificiel sous une poudre de lait commerciale, ont permis de produire 1202 kg d'agneaux au sevrage chez les femelles prolifiques. Sans l'utilisation d'un colostrum de qualité et les soins appropriés entourant la naissance, ces kg n'auraient pu être produits ou encore, être comptabilisés en pertes. Notons que diverses compagnies utilisent des colostrums déshydratés de source bovine. Ces colostrums représentent des aliments de choix pour assurer un meilleur départ pour les agneaux, mais seulement dans la condition où la quantité d'IgG du mélange est suffisante pour couvrir les besoins des agneaux.

La section qui suit présente l'effet des traitements, de l'âge des femelles et de la qualité du colostrum de ces dernières sur la quantité d'anticorps sériques des agneaux à 24 h et 21 jours d'âge, sur leur croissance et leur mortalité.

6.9 Résultats de l'effet des traitements sur les paramètres sanguins des agneaux et sur leurs performances zootechniques pré et post-sevrage

Ce projet visait également à observer l'effet des différents traitements sur la mortalité et les performances zootechniques de croissance pré et post-sevrage des agneaux. L'hypothèse est qu'une consommation suffisante et répondant adéquatement aux besoins des femelles prolifiques en fin de gestation, contribuerait à la production d'un colostrum d'une plus grande qualité, l'absorption d'une plus grande quantité d'anticorps colostraux (par les agneaux), un état métabolique plus adéquat chez les femelles, ce qui contribuerait à une production laitière supérieure et un meilleur démarrage de lactation, mais également, à des poids de naissance plus désirables chez les agneaux.

À la naissance, les agneaux nés de la moitié des femelles d'un traitement devaient systématiquement recevoir trois repas de colostrum en poudre (Colostrum Grober) durant leurs 18 premières heures de vie. L'administration de colostrum en poudre devait s'effectuer en fonction de ce que les agneaux avaient déjà consommé de leur mère. Ainsi, les agneaux déjà très repus se voyaient servir une quantité minimale de seulement 50 ml de colostrum/repas (pour ne pas surcharger la caillette de lait). Si les agneaux n'avaient pas bu suffisamment, il pouvait recevoir un maximum de 50 ml de colostrum/kg de poids vif/repas (3 repas). Les agneaux nés de l'autre moitié des femelles d'un même traitement ne devaient pas recevoir de repas de colostrum en poudre. Toutefois, dans une perspective de bien-être et d'éthique en recherche, il était impossible de ne pas assister les agneaux multiples dont les mères n'avaient pas suffisamment de colostrum si ces dernières avaient été attribuées à un traitement sans supplémentation. Afin de rencontrer les objectifs du protocole, il a donc été décidé de laisser seulement 2 agneaux sous chaque femelle et de retirer immédiatement les agneaux surnuméraires pour les élever artificiellement. Cette procédure nous permettait d'administrer des repas complets de colostrum pour tous les agneaux qui seraient élevés artificiellement, mais aussi de s'assurer que les jumeaux élevés sous une mère attribuée à un traitement « sans supplémentation », auraient une quantité suffisante de colostrum produite par leur mère. Dans ce cas, il était acceptable de ne pas les supplémenter en

colostrum artificiel. Également, dans les cas où les femelles d'un traitement sans supplémentation ne produiraient pas suffisamment de colostrum pour 2 agneaux, il avait été décidé de servir un maximum de 50 ml de colostrum en poudre, et ce, simplement pour s'assurer que les agneaux aient accès à un repas leur permettant de se réchauffer, d'avoir de l'énergie pour boire sous leur mère et ainsi d'augmenter leurs chances de survie.

Malheureusement, certaines ratées sont survenues durant la période d'agnelage qui a été très intense. En effet, certains agneaux n'ont pas été retirés assez rapidement de leur mère pour être dirigés à l'allaitement artificiel. Ces derniers ont ainsi consommé plus de colostrum de leur mère que ce qui était prévu au protocole et il devenait difficile d'estimer cette consommation avec exactitude. Évidemment, puisque ces derniers étaient en grande partie déjà repus, la quantité de colostrum en poudre administrée en supplémentation a été réduite. Certains agneaux qui ne devaient pas recevoir de colostrum ont aussi reçu des quantités de colostrum en poudre largement supérieures à ce qui avait été déterminé dans le protocole expérimental. Ces actions ont ainsi brimé les traitements qui étaient initialement attribués aux agneaux issus des portées des différentes femelles du projet. Puisque chaque ml de colostrum administré aux agneaux était noté sur des fiches prévues à cet effet, il a ainsi été possible de reclasser les agneaux en fonction de la quantité réelle de colostrum qui leur a été administrée. La quantité de colostrum réellement administrée aux agneaux a ainsi permis de former 3 types de traitements pour les analyses statistiques, soit : AUCUNE, MOYENNE et HAUTE supplémentation. Le traitement AUCUNE regroupe les agneaux qui n'avaient reçu aucun colostrum artificiel, ceux-ci ayant reçu une alimentation exclusive de leur mère. Le traitement MOYENNE supplémentation regroupe les agneaux qui avaient reçu entre 50 et 200 ml de colostrum durant les premières heures de vie et, finalement, le traitement HAUTE supplémentation représente les agneaux ayant reçu plus de 200 ml de colostrum. Ces derniers n'ont pratiquement pas consommé de colostrum de leur mère dans les premières 24 h de vie. La réorganisation de ces classes a ainsi permis de récupérer cette partie du protocole expérimental et d'estimer l'effet des traitements et de l'administration de colostrum en poudre sur la survie des agneaux.

À noter que dans le projet, trois différentes races de béliers ont été utilisées. Les femelles Romanov ont été saillies avec des béliers Romanov ou Dorset. Les femelles F1 ont été saillies avec des béliers Suffolk, et dans une très faible proportion avec des béliers Dorset (manque de béliers Suffolk pour réaliser les saillies synchronisées sur CIDR). Puisque la race du père pouvait influencer le poids des agneaux à la naissance, cette variable a été considérée à l'intérieur de toutes les analyses statistiques.

Le tableau 43 présente les résultats des effets significatifs observés sur le BHB et la glycémie des agneaux (bandelettes) ainsi que le profil des anticorps 24 heures après la naissance et à 21 jours d'âge. Le tableau 44 illustre les effets significatifs observés sur les performances zootechniques de croissance pré et post-sevrage. Pour chacun des paramètres pour lesquels des différences significatives ont été observées (ou tendance forte), les résultats détaillés des moyennes sont présentés dans les tableaux 45 à 51.

Tableau 43. Effets des différentes variables étudiées es sur le profil sanguin des agneaux à 24 h et à 21 jours.

	GLUCOSE AGNEAUX BANDELETTES 24 h	BHB AGNEAUX BANDELETTES 24 h	ALBUMINE 24 h	ALBUMINE 21 JOURS	PROTÉINES TOTALES 24 h	PROTÉINES TOTALES 21 JOURS	GLOBULINES 24 h	GLOBULINES 21 JOURS
Traitement	p = 0,08	p < 0,01	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Maturité	p = 0,09	NS	p < 0,0001	NS	NS	NS	p < 0,01	NS
Colostrum	NS	p < 0,01	NS	p < 0,03	p < 0,04	p = 0,06	p < 0,05	NS
Sexe	p = 0,09	NS	NS	p < 0,01	NS	p = 0,07	NS	NS
Né	p < 0,002	NS	p < 0,009	NS	p = 0,06	p < 0,01	NS	p < 0,004
Race du père	p = 0,07	NS	p < 0,0001	NS	NS	NS	NS	NS

Tableau 44. Effets des différentes variables étudiées sur les performances zootechniques des agneaux entre la naissance et 100 jours.

	POIDS À LA NAISSANCE	POIDS AU SEVRAGE	GMQ NAISSANCE-SEVRAGE	MORTALITÉ NAISSANCE-SEVRAGE	GMQ SEVRAGE-100 JOURS	POIDS À 100 JOURS
Traitement	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Maturité	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Colostrum	p <0,01	NS	NS	NS	NS	NS
Sexe	p <0,01	p <0,0001	p <0,0001	NS	p < 0,0001	p < 0,0001
Né	p <0,0001	p <0,0001	p <0,0001	p < 0,03	NS	p < 0,0001
Race du père	NS	NS	NS	NS	NS	p < 0,0005

Dans l'ensemble, les traitements alimentaires n'ont causé presque aucun effet sur les différents paramètres mesurés chez les agneaux. Seule la mesure des BHB sanguins 24 h a présenté une différence significative ($p < 0,01$), alors qu'une tendance forte ($p = 0,08$) a été notée pour la mesure de glycémie 24 h. Le tableau 45 illustre les différences observées entre les traitements pour ces variables. Concernant la glycémie, on peut observer que les agneaux issus des femelles du traitement Témoin avaient une tendance à présenter une glycémie moins favorable que les sujets des autres traitements. Ces différences sont toutefois non significatives. En ce qui concerne les BHB mesurés à 24 h, il apparait que les agneaux issus des femelles du traitement Énergie ont été significativement affectés par le fort niveau énergétique de la ration de leurs mères. En effet, chez ceux-ci, on note un niveau de BHB significativement plus élevé que chez les agneaux issus des mères des autres traitements.

Tableau 45. Effets significatifs causés par les différents traitements sur les paramètres sanguins chez les agneaux.

	PARAMÈTRES	
TRAITEMENTS	**GLUCOSE AGNEAUX P = 0,08**	**BHB AGNEAUX P < 0,01**
Témoin	6,04 ± 0,35 a	0,0980 ± 0,01 a
T-Ajust	5,75 ± 0,40 a	0,1038 ± 0,02 a
Énergie	5,12 ± 0,44 a	0,1398 ± 0,02 b

Des analyses complémentaires ont permis d'observer que les mesures de BHB bandelettes des agneaux à la naissance étaient corrélées significativement avec les mesures de BHB bandelettes de leurs mères à la mise-bas ($p < 0,005$), mais pas au niveau du BHB mesurés dans les profils métaboliques. Il est possible que le groupement de sérum de différentes femelles pour former des pools ait masqué cet effet. Par ailleurs, le nombre de profils réalisés chez les femelles comptait beaucoup moins d'observations, alors que les mesures de BHB bandelettes étaient disponibles pour chacune des femelles du projet. Cette corrélation indique que le taux de BHB des agneaux est plus élevé chez les femelles démontrant un taux de BHB sanguin plus élevé (bandelette). Cette corrélation était significative, mais tout de même faible (0,22; $p < 0,005$; 168 observations). Tout de même, il s'agit d'une observation très intéressante, mais aussi complexe à interpréter puisqu'il n'existait pas de différence entre les taux de BHB mesurés chez les femelles des différents traitements. Toutefois, des différences significatives avaient été observées entre les agnelles et les brebis, les agnelles présentant des niveaux de BHB significativement plus faibles que les brebis adultes (0,39 ± 0,02 vs 0,47± 0,01; $p < 0,005$). Le statut nutritionnel des femelles pourrait ainsi affecter les agneaux *in utero* ou immédiatement après leur naissance, mais cette relation, bien que présente, serait plutôt faible.

Les taux de BHB mesurés chez les agneaux 24 h après la naissance pourraient aussi avoir affecté leur survie. En effet, des analyses statistiques additionnelles ont permis de constater que le taux de mortalité était significativement supérieur chez les agneaux ayant des niveaux de BHB sanguin plus élevés ($p < 0,004$). Le taux de BHB des agneaux est par ailleurs le seul élément ayant affecté la mortalité de ces derniers parmi l'ensemble des variables étudiées. La figure 5 illustre ce phénomène. Les agneaux morts sont indiqués par la note « 1 », alors que les agneaux ayant survécu jusqu'à la fin du projet sont illustrés par la note « 0 ».

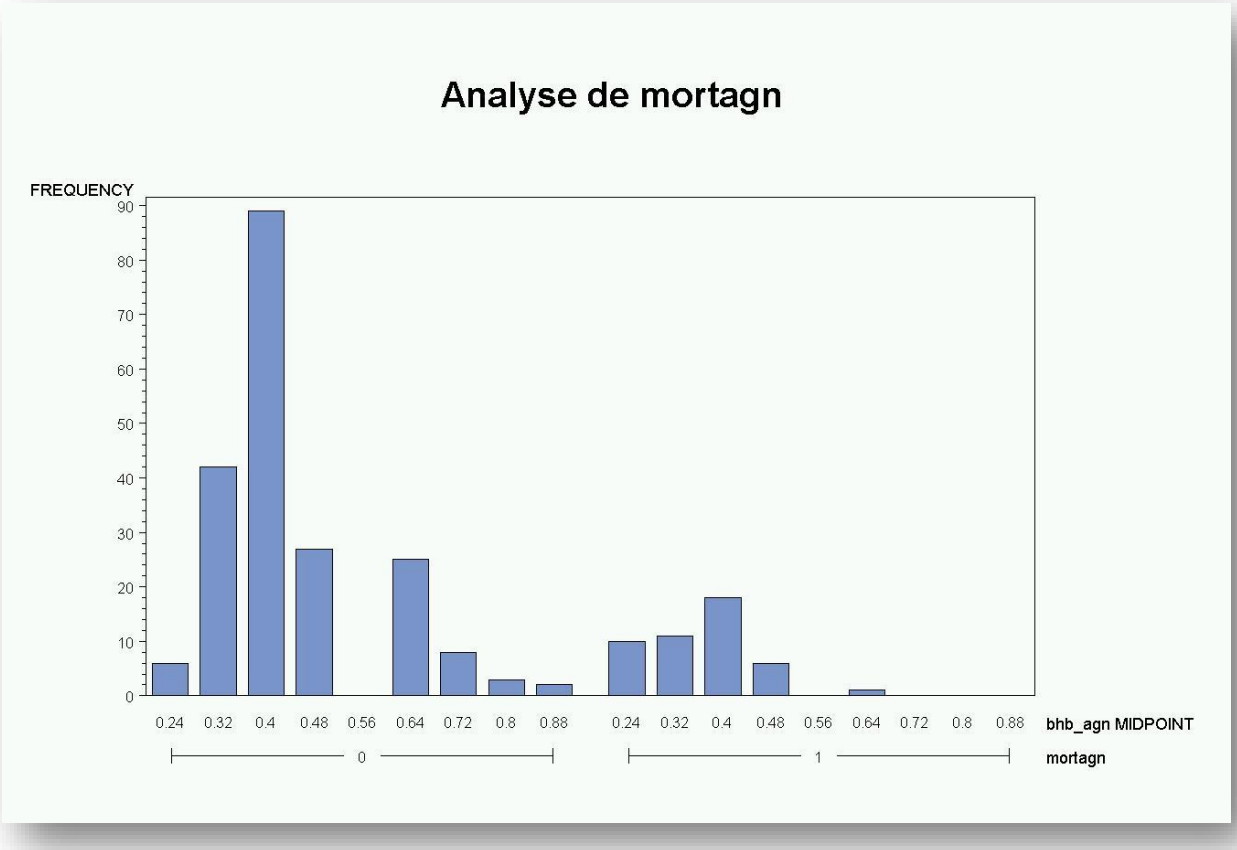

Figure 5. Effets du taux de BHB sanguin mesuré à l'aide de bandelettes à la naissance sur la mortalité des agneaux de la naissance à l'abattage (0 = vivants; 1 = morts)

Par ailleurs, bien qu'aucune différence significative n'ait été observée entre les traitements sur la mortalité des agneaux, les données brutes mesurées entre les groupes expérimentaux suggèrent autre chose. Le tableau 46 présente les moyennes de mortalité (brutes) observées entre les différents traitements. On retrouve ainsi le nombre d'agneaux morts de la naissance à 24 h d'âge et la mortalité totale de la naissance au sevrage. L'absence de différences significatives pourrait s'expliquer par la faible puissance des analyses de variables binaires (ex : 0 = vivants; 1 = mort) considérant le faible nombre de femelles. Toutefois, les données brutes du tableau présentent des moyennes de mortalité entre les différents traitements qui vont pratiquement du simple au double.

Tableau 46. Moyenne de mortalité observée entre les traitements. Moyenne brute non ajustée en fonction de la taille de la portée.

TYPE DE FEMELLES	TRAITEMENT	NB TOTAL D'AGNEAUX NÉS	TAUX DE MORTALITÉ NAISSANCE - 24 h (%)*	TAUX DE MORTALITÉ NAISSANCE - SEVRAGE (%) *
Agnelles	***Témoin***	28	7,1 ± 26,2 %	10,7 ± 31,5 %
	T-Ajust	26	7,7 ± 27,2 %	17,2 ± 38,1 %
	Énergie	25	12,0 ± 33,2 %	**24,0 ± 43,5 %**
Brebis	***Témoin***	60	18,3 ± 39,0 %	20,0 ± 40,3 %
	T-Ajust	58	12,0 ± 32,8 %	17,2 ± 38,1 %
	Énergie	54	16,6 ± 37,6 %	**26,0 ± 44,2 %**
TOTAL		**251**	**13,5 ± 34,3 %**	**18,7 ± 39,0 %**

** Inclut les mort-nés et avortons.*

Le tableau précédent permet de constater que les femelles du traitement Énergie, brebis comme agnelles, ont présenté des taux de mortalité plus élevés que les autres groupes. Bien que ces différences ne soient pas significatives dans le modèle statistique, les agnelles du traitement Énergie ont pratiquement perdu 2 fois plus d'agneaux que les agnelles des deux autres traitements. Le taux de mortalité observé chez les brebis du traitement Énergie chemine aussi dans la même direction. Ainsi, globalement, sur le taux de mortalité de 18,7 ± 39,0 observé dans tout le projet, 43 % des mortalités sont attribuables à la mortalité des agneaux du traitement Énergie (20 des 47 morts pour le traitement Énergie, vs 12 et 15 morts, respectivement pour les traitements T-Ajust et Témoin). Les moyennes de mortalité des traitements (sans égard à la maturité des femelles) ont ainsi été de 25,3 % ± 43,7 % (20 morts/79 agneaux) pour le groupe Énergie, vs 14,3 ± 35,2 % (12 morts/84 agneaux) pour le traitement T-Ajust et 17,0 ± 37,0 % (15 morts/88 agneaux).

Ainsi, bien que les analyses n'aient pas démontré de différences significatives en ce qui concerne l'effet des traitements sur le taux de BHB bandelettes des femelles et sur le taux de mortalité des agneaux, il semble qu'un excès d'énergie, principalement apporté par un excès d'amidon dans la ration, pourrait sérieusement affecter la survie des agneaux, et ce, plus particulièrement chez les antenaises. Ces données suggèrent ainsi que les nutriments apportés par la ration pourraient affecter l'équilibre énergétique des agneaux à la naissance.

Tableau 47. Effets significatifs de la maturité de la mère sur les paramètres sanguins chez les agneaux.

	PARAMÈTRES		
TYPE (MATURITÉ)	GLUCOSE AGNEAUX P = 0,09	ALBUMINE 24 h P < 0,0001	GLOBULINES 24 h P < 0,01
Brebis	6,27 ± 0,39 a	22,28 ± 0,34 a	33,36 ± 1,88 b
Agnelles	4,99 ± 0,59 a	25,30 ± 0,50 b	25,02 ± 2,76 a

En ce qui concerne la glycémie des agneaux, une tendance a été observée chez les agneaux issus des agnelles, ceux-ci démontrant un niveau de glucose moins élevé que les agneaux issus des brebis. Rappelons que les brebis avaient significativement moins de glucose sanguin mesuré avec les bandelettes que les agnelles (3,03 ± 0,06 vs 3,26 ± 0,09; p < 0,0001). Les résultats obtenus sur les mesures de glucose et de BHB sanguins (bandelettes) suggèrent que la communication fœto-maternelle serait plus efficace chez les femelles adultes que chez les antenaises. En effet, les brebis présentaient une glycémie plus faible et un taux de BHB plus élevé que les agnelles. Toutefois, leurs agneaux présentaient des niveaux plus favorables de glucose et de BHB que ceux issus des primipares.

Tel qu'attendu, une concentration plus importante d'albumine a été retrouvée dans le sang des agneaux issus des antenaises et, inversement, ceux-ci présentaient des taux sériques de globulines inférieurs à ceux des agneaux issus des brebis adultes. Ainsi, bien que les mesures réalisées sur la densité du colostrum à l'aide du réfractomètre n'aient pas montré de différences significatives notables, les brebis semblent avoir transféré une plus grande quantité d'anticorps à leurs petits que les antenaises.

Tableau 48. Effets significatifs de l'administration de colostrum sur les paramètres sanguins et les performances zootechniques des agneaux.

	PARAMÈTRES					
SUPPLÉMENTATION	**BHB AGNEAUX P < 0,01**	**ALBUMINE 21 J P < 0,03**	**PROTÉINES TOTALES 24 h P < 0,04**	**PROTÉINES TOTALES 21J P = 0,06**	**PROTÉINES/ALBUMINE (GLOBULINE) 24 h P < 0,05**	**POIDS NAISS. P < 0,01**
AUCUNE (mère seulement)	0,1383 ± 0,01 b	31,9 ± 0,39 b	54,80 ± 1,74 b	52,8 ± 0,86 a	30,98 ± 1,88 b	3,54 ± 0,12 b
MOYENNE	0,1064 ± 0,02 a	31,1 ± 0,42 a	53,98 ± 1,87 b	51,3 ± 0,89 a	30,36 ± 2,02 b	3,30 ± 0,13 ab
HAUTE	0,0968 ± 0,02 a	30,9 ± 0,40 a	50,16 ± 1,80 a	51,0 ± 0,93 a	26,21 ± 1,94 a	3,22 ± 0,12 a

Tableau 49. Effets significatifs du sexe sur les paramètres sanguins et les performances zootechniques chez les agneaux.

	PARAMÈTRES							
SEXE	**GLUCOSE AGNEAUX P = 0,09**	**ALBUMINE 21 JOURS P < 0,01**	**PROTÉINES TOTALES 21J P = 0,07**	**PDS NAISS (KG) P < 0,01**	**PDS SEVRAGE (KG) P < 0,0001**	**GMQ NAISS-SEVRAGE (KG) P < 0,0001**	**GMQ SEVRAGE-100 JRS (KG) P < 0,0001**	**POIDS À 100 JOURS (KG) P < 0,0001**
Mâles	5,90 ± 0,36 a	30,9 ± 0,37 b	51,10 ± 0,82 a	3,48 ± 0,11 b	27,84 ± 0,79 b	0,337 b	0,329 ± 0,02 b	42,6 ± 0,83 b
Femelles	5,37 ± 0,36 a	31,8 ± 0,35 a	52,37 ± 0,78 a	3,24 ± 0,11 a	23,31 ± 0,74 a	0,279 a	0,265 ± 0,02 a	36,1 ± 0,79 a

Tableau 50. Effets de la taille de portée sur les paramètres sanguins et les performances zootechniques chez les agneaux.

#NÉS	PARAMÈTRES								
	GLUCOSE AGNEAUX P < 0,002	ALBUMINE 24 h P < 0,009	PROTÉINES TOTALES 21 JOURS P < 0,01	GLOBULINES 21J P < 0,004	POIDS NAISSANCE (KG) P < 0,0001	POIDS SEVRAGE (KG) P < 0,0001	GMQ NAISS-SEVRAGE (KG) P < 0,0001	TAUX DE MORTALITÉ DANS CHACUNE DES TAILLES DE PORTÉES (%)	POIDS À 100 JOURS (KG) P < 0,0001
1	5,58 ± 0,60 [ab]	25,74 ± 0,54 [a]	56,45 ± 1,39 b	24,22 ± 1,12 [b]	5,19 ± 0,18 [a]	31,03 ± 1,26 [a]	0,369 [a]	9,7 [a]	44,8 ± 1,3 [a]
2	5,07 ± 0,33 [ab]	24,01 ± 0,29 [a]	51,95 ± 0,74 [ab]	21,26 ± 0,59 [ab]	3,97 ± 0,10 [b]	25,87 ± 0,66 [b]	0,307 [b]	11,5 [a]	39,2 ± 0,9 [abc]
3	5,45 ± 0,31 [ab]	23,47 ± 0,2 [b]	51,32 ± 0,68 [ab]	20,26 ± 0,55 [ab]	3,47 ± 0,09 [c]	25,13 ± 0,65 [b]	0,303 [b]	23,3 [b]	38,8 ± 0,8 [b]
4	4,37 ± 0,37 [a]	23,55 ± 0,33 [ab]	50,33 ± 0,83 a	19,01 ± 0,67 [a]	3,03 ± 0,11 [cd]	22,58 ± 0,77 [b]	0,270 [b]	39,8 [b]	35,8 ± 0,9 [b]
5	4,15 ± 1,08 [ab]	23,43 ± 0,96 [ab]	51,77 ± 2,37 [ab]	20,94 ± 1,89 [ab]	2,43 ± 0,33 [cd]	24,24 ± 2,49 [ab]	0,300 [ab]	66,2 [b]	37,1 ± 1,9 [bc]
6	9,19 ± 1,28 [b]	22,57 ± 1,13 [ab]	48,58 ± 2,75 [ab]	16,81 ± 2,23 [ab]	2,04 ± 0,39 [d]	24,61 ± 2,55 [ab]	0,298 [ab]	3,9 [a]	40,4 ± 2,8 [c]

Au tableau 48, on remarque que les agneaux n'ayant reçu aucune supplémentation de colostrum en poudre, soit des agneaux qui avaient bu exclusivement le colostrum de leur mère, présentaient des taux de BHB sanguins (bandelettes) significativement plus élevés que ceux ayant été supplémentés ($p < 0,01$; 0,1383 ± 0,01 [b] AUCUNE, vs 0,1064 ± 0,02[a] et 0,0968 ± 0,02[a], respectivement pour MOYENNE et HAUTE supplémentation). Il s'agit d'un fait intéressant et il est possible que les mères ayant présenté des niveaux sériques plus élevés aient passé une partie de ces BHB dans leur colostrum. Cette donnée peut être mesurée en laboratoire, notamment chez Valacta. Toutefois, les mesures de BHB n'ont pas été réalisées sur le colostrum dans ce projet. Ainsi, ceci suggère que le niveau sanguin de BHB des agneaux pourrait aussi être affecté par la consommation du colostrum de leur mère. Notons que bien que des différences significatives aient été observées entre les agneaux, ces niveaux ne suggéraient pas un état d'acétonémie chez ces derniers.

Le tableau 48 démontre aussi que les agneaux ayant consommé exclusivement le colostrum de leur mère et les agneaux ayant reçu une supplémentation MOYENNE présentaient une plus grande concentration de protéines totales sériques à la naissance, ainsi qu'un taux de globulines plus élevé que le groupe ayant reçu une HAUTE supplémentation (Protéines totales naissance : 54,80 ± 1,74 b et 53,98 ± 1,87 b, respectivement pour AUCUNE et MOYENNE vs 50,16 ± 1,80 a pour HAUTE supplémentation; $p < 0,04$ /Globuline naissance : 30,98 ± 1,88 b et 30,36 ± 2,02 b vs 26,21 ± 1,94 a; $p < 0,05$). Ainsi, bien que le colostrum en poudre ait contribué à sauver une grande quantité d'agneaux surnuméraires dans ce projet, cet aliment apporterait une moins grande quantité d'anticorps et de protéines colostrales (albumine) que le colostrum naturel de la mère. Cette observation pourrait être expliquée par la source du colostrum et de l'assimilation des globulines qui y sont contenues (source de colostrum, dégradation possible d'une partie des anticorps) ou encore de la concentration du mélange lors de la préparation. Afin d'apporter un niveau équivalent de globuline, la concentration de poudre pourrait être haussée lors de la préparation du colostrum, dans la mesure où ce dernier conserve une émulsion adéquate. Notons que les observations faites dans ce projet quant à la quantité d'IgG apportée par le colostrum ont aussi été adressées par les intervenants du secteur. Ainsi, nos observations semblent confirmer que les recommandations des compagnies distribuant le colostrum bovin déshydraté pourraient être insuffisantes si on souhaite rencontrer les besoins en globulines pour les agneaux. À noter que le taux de globuline des agneaux à 21 jours n'était plus affecté par la supplémentation de colostrum en poudre.

Les prélèvements réalisés chez les agneaux à 21 jours d'âge ont démontré que les petits ayant consommé exclusivement le colostrum de leur mère avaient des taux d'albumine sériques significativement plus élevés que ceux ayant reçu une supplémentation (31,9 ± 0,39 [b] vs 31,1 ± 0,42[a] et 30,9 ± 0,40[a], respectivement pour MOYENNE et HAUTE supplémentation; $p < 0,03$).

Finalement, dans le tableau 48, la supplémentation de colostrum semble avoir affecté le poids à la naissance des agneaux. Les agneaux ayant consommé le colostrum de leur mère sont plus lourds que ceux ayant reçu une haute supplémentation de colostrum en poudre. Toutefois, cette donnée pourrait être explicable simplement par le fait que les agneaux étaient pesés avant qu'une supplémentation en colostrum ne leur soit administrée. Ainsi, il serait normal que les agneaux ayant déjà consommé le colostrum de leur mère soient plus lourds que ceux non repus. Ainsi, cette différence pourrait être représentée uniquement par le poids du colostrum que ces agneaux avaient ingéré de leur mère avant la pesée.

Au Tableau 49, tel qu'attendu, le sexe a présenté des effets significatifs sur le poids à la naissance, le poids au sevrage et le GMQ naissance-sevrage. Ainsi, les agneaux, de toute race et de tout croisement, ont mieux performé que les agnelles. La race du père (Suffolk vs Dorset vs Romanov), n'a pas eu d'effet significatif sur le poids et le taux de croissance des agneaux, peu importe leur sexe. Dans le tableau 49, on peut aussi voir que les agneaux mâles avaient tendance à présenter une glycémie plus faible que celle des femelles à la naissance. Ceci pourrait résulter de besoins plus élevés en sucre chez les mâles qui sont plus lourds que les femelles. Des observations similaires ont été faites chez les mâles à 21 jours, ces derniers présentant significativement moins d'albumine que les femelles et une tendance à présenter une concentration sérique en protéines totales plus faible que leurs sœurs.

Au tableau 50, tel qu'attendu, les agneaux nés simples étaient plus lourds à la naissance, au sevrage et à 100 jours que agneaux nés doubles, triples, quadruples ou plus. Le poids à la naissance était significativement plus faible chez les agneaux sextuplés, mais le gain naissance-sevrage et le poids de sevrage n'étaient pas significativement différents des agneaux nés doubles, triples, quadruples et quintuples lors de la pesée de 50 jours. Ceci repose toutefois sur un faible nombre d'observations (une seule portée de 6 agneaux). La glycémie des agneaux nés quadruples était significativement plus faible que celle des agneaux issus des différentes autres tailles de portées. Les agneaux nés sextuplés avaient de leur côté une glycémie élevée, qui pourrait simplement résulter d'une HAUTE supplémentation en colostrum chez ces derniers. Ces différences pourraient être explicables par le faible nombre d'observations pour les agneaux issus de ces tailles de portées, mais aussi d'erreurs dans la séquence des prises de mesures en bergerie. Ainsi, ces taux auraient pu être affectés par l'administration, ou non, de colostrum avant le prélèvement sanguin (donnée non notée et non disponible). Les autres paramètres sanguins (globuline, entre autres), n'ont pas été affectés par la taille de la portée à la naissance. Finalement, à 21 jours, des concentrations sériques de protéines et de globulines plus faibles ont été notées chez les agneaux nés quadruplés et sextuplés.

Tableau 51. Effets significatifs de la race du père des agneaux sur les paramètres sanguins et les performances zootechniques chez les agneaux.

	PARAMÈTRE		
	GLUCOSE AGNEAUX P = 0,07	ALBUMINE 24 h P < 0,0001	POIDS À 100 JOURS (KG)
Suffolk	6,41 ± 0,53 a	21,73 ± 0,47 a	41,4 ± 1,1 a
Romanov	5,51 ± 0,56 a	25,04 ± 0,49 b	36,9 ± 1,1 b
Dorset	4,98 ± 0,47 a	24,62 ± 0,40 b	39,8 ± 0,9 a

Finalement, au tableau 51, on peut voir que la race du père des agneaux a eu un effet significatif uniquement sur le poids à 100 jours et sur le taux d'albumine sérique des agneaux. En ce qui concerne le poids à 100 jours, tel qu'attendu, les agneaux issus de pères Suffolk et Dorset étaient plus lourds que les agneaux issus des béliers Romanov. Quant au niveau d'albumine, celui-ci était significativement plus faible chez les agneaux issus de pères Suffolk, que de pères Dorset ou Romanov ($p < 0,0001$). Ces agneaux avaient aussi une tendance à présenter un niveau sanguin de glucose plus élevé que les agneaux

issus des autres races. Ceci pourrait être l'effet de la mère puisque 100 % des agneaux croisés Suffolk étaient issus de mères DPRV (agnelles) et que les agneaux issus de ces dernières avaient significativement plus d'albumine sérique que les agneaux issus des brebis. Toutefois, bien que l'observation concernant le glucose ne soit pas significative, l'effet de la maturité de la mère sur le taux de glucose sanguin des agneaux irait à l'opposé de ce qui est observable sur le taux d'albumine. En effet, les agneaux issus des antenaises présentaient significativement moins de glucose sanguin que ceux issus des brebis. Il n'est pas impossible que la vigueur des agneaux et leur rapidité à consommer une plus grande quantité de colostrum dans les premières heures de vie aient affecté ces composantes sanguines. Les Suffolk ont souvent la mauvaise réputation d'être plus lents à la naissance, particulièrement si on les compare aux agneaux Romanov. Mais afin de prouver cette affirmation, des données auraient été nécessaires pour mieux définir le comportement à la naissance et la rapidité des agneaux à consommer leur premier repas de colostrum après la naissance. Or, ces informations ne sont pas disponibles dans le présent projet.

7 CONCLUSION

La régie des brebis prolifiques en fin de gestation représente un enjeu important pour les producteurs. Alors qu'il y a une vingtaine d'années, l'alimentation des ovins et même la régie alimentaire des femelles gestantes semblait simple et anodine pour plusieurs éleveurs, l'intégration de femelles hautement prolifiques dans le cheptel ovin québécois a considérablement modifié la situation. En effet, depuis 2005, la proportion de femelles prolifiques a considérablement augmenté et on retrouve désormais ce type de races ou de croisements productifs pratiquement dans toutes les entreprises souhaitant vivre de leur production. La prolificité élevée de ces femelles les place en condition de stress où la régie alimentaire est cruciale pour assurer une production de colostrum et une production laitière suffisante, mais également contribuer à leur statut métabolique et à un meilleur taux de survie chez leurs agneaux. Les rations doivent ainsi apportés tous les nutriments et l'énergie nécessaire pour soutenir les besoins des nombreux fœtus en croissance et maintenir le statut énergétique des femelles.

Dans ce projet, les différents traitements alimentaires n'ont pas permis d'observer de différences majeures significatives entre les rations. Toutefois, les résultats obtenus nous donnent de précieuses informations sur les capacités réelles de consommation des femelles de race Romanov ou de croisement hybride Dorset*Romanov. Ainsi, ce projet a permis de démontrer que les recommandations du NRC surestimaient largement la CVMS des femelles. Il est ainsi indispensable d'évaluer la CVMS réelle des animaux afin d'ajuster le niveau d'énergie requis par les femelles hautement prolifiques.

Bien qu'aucunes différences significatives n'aient été observées dans le modèle expérimental en ce qui concerne le taux de mortalité des agneaux entre la naissance et le sevrage, l'observation des données brutes en bergerie suggèrent tout autre chose. Ainsi, il apparait que des apports trop élevés en énergie seraient néfastes au statut métabolique, mais également à la survie des agneaux. Ainsi, les femelles des traitements élevés en énergie métabolisable ont présenté des taux de mortalité plus élevés que les femelles des 2 autres traitements (taux de mortalité presque deux fois supérieurs). Ces mortalités pourraient représenter des pertes économiques très importantes pour les producteurs. Il apparait ainsi essentiel d'apporter ni plus, ni moins que les besoins en énergie recommandés par le NRC 2007. Par ailleurs, cet apport d'énergie devrait être réduit de 10% chez les agnelles prolifiques dans le dernier tiers de gestation. Les niveaux d'énergie, de protéine et de minéraux devraient ensuite être ajustés en fonction de la CVMS réelle et de l'état de chair des animaux.

Les nombreuses données obtenues suite à la réalisation des profils métaboliques ont permis de constater que la taille de portée avait un effet considérable sur les femelles prolifiques. Les variations observées au sein des différents bilans suggèrent que les profils devraient être réalisés dans la période de 6 à 2 semaines précédant le début de la période des agnelages. C'est à ce moment que l'équipe de recherche a pu identifier les variations les plus importantes entre les différents bilans analysés. Par ailleurs, puisque les profils métaboliques représentent des frais considérables pour les producteurs et que l'obtention des résultats survient souvent après le moment où aurait dû être fait les interventions d'urgence, il apparait que les bandelettes permettant de mesurer le BHB sanguin serait un outil intéressant. En effet, le niveau de BHB sanguin sur bandelette était corrélé fortement au taux de BHB mesurés dans les sérums. Cette mesure est rapide, immédiate et semble plus parlante que la mesure de glycémie sanguine avec bandelettes chez les brebis en fin de gestation. Notons que les taux de BHB sanguins mesurés en bergerie ont augmenté de façon linéaire en fonction du moment de la gestation et ces derniers ont plus que doublé entre la 8e et la 2e semaine avant la mise bas. Il semble désormais

évident que si les rations formulées dans ce projet n'avaient pas été ajustées pour rencontrer la capacité réelle de consommation des femelles, une proportion certainement plus importante de ces dernières auraient présenté des troubles métaboliques conduisant à la toxémie de gestation et à une hausse de la mortalité des agneaux. L'utilisation de bandelettes pharmaceutiques permettant de mesurer le taux BHB, à partir de la 6e semaine avant l'agnelage, permettrait d'identifier la proportion de femelles présentant un taux de BHB supérieur à 0,8 mmol/L et d'appliquer immédiatement des mesures correctives alimentaires préventives.

La hausse des besoins énergétiques des femelles se traduit généralement par l'utilisation d'une quantité plus importante de grains et de céréales (maïs grain, orge, …). Ces concentrés énergétiques ont un effet acidogène sur le rumen, surtout s'ils sont utilisés en proportion trop importantes ou en combinaison avec des fourrages de piètre qualité. L'acidification du rumen contribue à une altération de l'équilibre des différentes populations microbiennes et peut mener à une réduction de la CVMS, à l'acidose métabolique et souvent, à l'apparition de cas cliniques de toxémie de gestation. Les producteurs élevant des femelles hautement prolifiques auraient avantage à utiliser des ingrédients énergétiques non acidogène en fin de gestation, tel que des ingrédients ayant de hauts niveaux de fibres solubles (écailles de soya, drèches de distillerie, pulpes de betterave, …) ou des ingrédients apportant des sucres solubles rapidement fermentescibles (ex : mélasse). L'utilisation de ces ingrédients repose toutefois sur la facilité de service et d'utilisation (particulière avec des ingrédients liquides comme la mélasse), mais surtout sur le coût final de la ration.

Dans ce projet l'utilisation de colostrum artificiel déshydraté n'a pas permis de rencontrer des taux de globuline sérique similaire entre les agneaux consommant ce colostrum, comparativement aux agneaux consommant exclusivement le colostrum de leur mère. Ceci pourrait résulter de la concentration en IgG du mélange final recommandé par le fabriquant. La concentration de poudre devrait ainsi être rehaussée, dans la mesure où l'émulsion demeure acceptable. Des essais complémentaires seraient souhaitables. Toutefois, l'utilisation de colostrum artificiel LambGro/KidGro de Grober a permis de sauver une grande quantité d'agneaux qui n'auraient pas pu être élevés sous leur mère. Ainsi, 1202 kg d'agneaux ont pu être sevrés à 50 jours grâce à cette supplémentation.

Il est envisageable de réduire la mortalité des agneaux chez les brebis hautement prolifiques. Ce projet a démontré qu'il était possible de réduire l'incidence de toxémie de gestation, par un suivi approprié de la CVSM et un ajustement des besoins en énergie et en minéraux. La supervision des femelles lors de la mise bas et l'administration de quantité suffisante de colostrum aux agneaux surnuméraires semblent par ailleurs être les clés d'un bon démarrage, assurant une réduction du taux de mortalité néonatal et une production accrue de kg d'agneaux/brebis.

8 DIFFUSION DES RÉSULTATS ET VISIBILITÉ

La diffusion des résultats s'effectue principalement par :

- Le rapport final qui comprend l'ensemble des résultats sera diffusé sur le site Internet du CEPOQ, ainsi que sur le site d'Agri-Réseau;
- Une conférence sur les résultats du projet a été présentée par Mme Johanne Cameron lors de la « Formation en alimentation des petits ruminants » qui s'est déroulée les 1er et 2 février 2018 au Centre des congrès et d'exposition de Lévis;
- Un article de vulgarisation sera publié dans la revue Ovin-Québec pour la présentation des résultats du projet (article à venir, dans une édition « Spécial R&D » à l'été 2018);
    - Cet article pourra être traduit, à la charge du CEPOQ, afin d'être publié dans la revue *Sheep Canada*.
    - Cet article pourra assurément être publié également dans la revue *Le Praticien*.
- Une Journée de recherche en production ovine (JRPO) est à venir en 2018 et une conférence sur l'ensemble des résultats et conclusions du projet sera assurément présentée;
- La présentation des résultats pourra se faire également lors de congrès vétérinaires, tels que ceux de l'OMVQ et de l'AMVPQ, ou encore lors de la Réunion générale annuelle du CEPOQ.

9 CONCILIATION DES DÉPENSES

Le fichier Excel de conciliation des dépenses du projet, ainsi que toutes les pièces justificatives qui y sont attachées, ont été fournis au Ministère en décembre 2017.

10 RÉFÉRENCES

Ahmad et al., 2000. The level of immunoglobulins in relation to neonatal lamb mortality in Pak-Karakul sheep. Veterinarski Arhiv, 3, 129-139.

Andrew, 1997. Pregnancy toxaemia in the ewe. In Pract. 19, 306-312. - Banchero et al., 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. Reprod. Nut. Dev. 46, 447-460.

Barbagianni et al., 2015. Pregnancy toxaemia as predisposing factor for development of mastitis in sheep during the immediately post-partum period. Small Rumin. Res. 130, 246-251.

Bekele et al., 1992. Influence of passively acquired colostral immunity on neonatal lamb mortality in Ethiopian higland sheep. Small Rumin. Res. 9, 209-215.

Binns et al. 2002. Risk factors for lamb mortality on UK sheep farms. Prev. Vet. Med. 52, 287-303.

Brozos et al. 2011. Treatment and control of periparturient metabolic diseases. Vet. Clin. North Am Food Anim. Pract. 27(1), 105-113.

Chaarnii, et al., 1991. Lamb mortality in Meknes Province. Prev. Vet. Med. 10, 283-298.

Cimon et al. 2005. Élaboration d'un plan de prévention de la mortalité néonatale en production ovine. Rapport final réalisé par le Club d'encadrement technique ovin du Bas-Saint-Laurent-Gaspésie et le Centre d'expertise en production ovine du Québec.

Clapp, 2006. Influence of endurance exercise and diet on human placental development and fetal growth. Placenta, 27, 527-534.

Doré et al., 2013. Short communication : Evaluation of the accuracy of an electronic on-farm test to quantify blood β-hydroxybutyrate concentration in dairy goats. Journal of dairy science. 96 (7), 4505-4507.

Dwyer et al., 2003. Ewe-lamb bonding behaviours at bith are affected by maternal undernutrition in pregnancy. Br. J. Nutr. 89, 123-136.

Firat A., Ozpinar A.: The study of changes in some blood parameters (glucose, urea, bilirubin, AST) during and after pregnancy in association with nutritional conditions and litter size in ewes. Tr. J. Vet. Anim. Sci., 1996, 20, 387-393

Hashemi et al., 2008. Effect of nutrition level during late pregnancy on colostral production and blood immunoglobulin levels of Karakul ewes and their lambs. Small Rum. Res. 75, 204-209.

Hefnawy et al., 2010. Some immunohormonal changes in experimentally pregnant toxemic goats. Vet. Med. Int. ID 768438.

Lane, 2009. Feeding prolific ewes. Symposium ovin 2009.

Mellor and Murray, 1985. Effects of maternal nutrition on udder development during late pregnancy and on colostrum production in Scottish Blackface ewes with twin lambs. Res. Vet. Sci. 39, 230-234.

Nelson D.R., Guss S.B. : Metabolic and Nutritional Diseases Nutrition, NELSON D.R., GUSS S.B. (eds), Illinois and Pennsylvania State Universities, 1992, pp. : 1-5.

Orr et al., 1984. The effect of concentrate level on intakes of hays by ewes in late pregnancy. Anim. Prod. 29, 89-98.

Pakkanen et al., 1997. Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum. Int. Dairy J. 7, 285-297.

Quigley et al., 2013. Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. J. Dairy Sci. 96, 1148-1155.

Radostits O.M., Gay C. C., Blood D.C., Hinchcliff, K.W. : Veterinary Medicine, 9 th edition, Radostits O.M., Gay C. C., Blood D.C., Hinchcliff, K.W. (eds), Harcourt Publishers Ltd., London, 2000, pp. : 1417-1420.

Reid 1968. The physiopathology of undernourshment in pregnant sheep, with particular reference to pregnancy toxaemia. Adv. Vet. Sci. 12, 163-238.

Sadjadian et al., 2013. Variations of energy biochemical metabolites in perparturient dairy Saanen goats. Comp. Clin. Pathol. 22, 449-456.

Sahlu T., Hart S.P., Fernandez J.M. : Nitrogen metabolism and blood metabolites in three goat breeds fed increasing amounts of protein. Small Rumin. Res., 1993, 10, 281-292.

Shetaewi M., Daghash H.A. : Effects of pregnancy and lactation on some biochemical components in the blood of Egyptian coarse-wool ewes. Inst. Vet. Med. J., 1994, 30, 64-73.

Sormunen-cristian R., Jauhiainen L. : Comparison of hay and silage for pregnant and lactating Finnish Landrace ewes. Small Rumin. Res., 2001, 39, 47-57.

Tontis A., Zwahlen R.: Pregnancy toxemia of small ruminants with special reference to pathomorphology. Tierarztl. Prax., 1987, 15, 25-29.