

CATHERINE BOIVIN

**EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE SUR LE CONTRÔLE DE
LA REPRODUCTION CHEZ LA BREBIS ET SUR LA
CROISSANCE DES AGNEAUX**

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

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

2007

RÉSUMÉ COURT

L'objectif de ce projet était de déterminer l'effet de l'intensité lumineuse sur l'efficacité du contrôle de la reproduction chez la brebis ainsi que sur les performances des agneaux lourds. Des brebis (72) ont été séparées en trois groupes et soumises à des intensités de 10, 30 ou 117 lux. Les trois intensités lumineuses ont permis un contrôle équivalent de la reproduction, et ce, sans effets néfastes sur l'état des réserves corporelles, sur la production laitière ni sur la croissance des agneaux élevés sous la mère. Pour évaluer l'effet de l'intensité lumineuse sur la croissance des agneaux lourds, 72 agneaux ont été soumis à des intensités de 12, 37 ou 109 lux. La vitesse de croissance et la qualité des carcasses ont été similaires pour les trois traitements. Les différentes intensités lumineuses se sont donc révélées satisfaisantes et équivalentes en termes d'impact sur les performances zootechniques.

AVANT-PROPOS

La réalisation d'un tel travail n'est certainement pas le fruit de mes seuls efforts. C'est pourquoi je tiens aujourd'hui à remercier un certain nombre de gens, sans qui je n'y serais probablement pas arrivée.

Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de maîtrise, le Dr François Castonguay chercheur à Agriculture et Agroalimentaire Canada. C'est lui qui le premier a cru non seulement à ce projet, mais qui a également cru en moi et en mes capacités de le réaliser. Il a été pour moi beaucoup plus qu'un directeur de maîtrise. Sa passion, sa patience, son professionnalisme et son écoute ont fait de moi une meilleure étudiante, mais avant tout une meilleure personne. Faire ma maîtrise sous sa direction a été non seulement une école scientifique incroyable, mais aussi une école de vie. Aucun mot sur cette page ne pourrait exprimer toute ma gratitude, merci François!

Merci à Mireille Thériault, adjointe de recherche à Agriculture et Agroalimentaire Canada. C'est, entre autres, grâce à elle si ce projet arrive aujourd'hui à terme. Elle a été d'une aide précieuse tant au niveau de la phase expérimentale, qu'au niveau des analyses. Les nombreuses heures qu'elle a investies dans ce projet ont tout simplement permis son existence. Sa patience et sa rigueur ont probablement été mes plus grands alliés dans la réalisation de ce travail, merci Mireille!

Des remerciements vont également à Johanne Cameron du Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ). C'est lors de sa propre maîtrise que l'idée de ce projet a germé. Je la remercie donc de m'avoir fourni, en collaboration avec le Dr Castonguay, un sujet de maîtrise aussi passionnant. Je ne peux non plus passer sous silence l'aide de tout le personnel de la bergerie du CEPOQ. Tout d'abord, un merci spécial à Sylvain Blanchette, gérant des installations. Il a assuré de mains de maître le suivi rigoureux du protocole expérimental en plus de ne jamais compter ses heures afin d'assurer la réalisation de ce projet. Merci aussi à Amélie Saint-Pierre, aide-berger, qui n'a également

pas compté ses heures pour ce projet en plus de passer d'innombrables nuits blanches à faire des prélèvements sanguins pour mesurer la mélatonine. Des remerciements sont également adressés au Dr Benoît Malpaux de l'Institut national de recherche agronomique à Tours, en France, et à toute son équipe pour la réalisation des dosages de mélatonine. Je tiens enfin à remercier Yvan Savoie et Isabelle Blouin du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation pour m'avoir facilité la vie au cours des derniers mois; vous m'avez permis d'achever mon mémoire.

Il ne faut pas oublier les partenaires financiers qui ont rendu possible la réalisation de cette étude soit le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agribrands Purina Canada et Sélection Berarc.

Un merci tout spécial à ma mère pour ses encouragements, sa foi indéfectible en moi et pour son écoute. Merci aussi à mon père, qui malgré ses doutes a continué de croire en moi! Merci à mes amis pour leur soutien moral, il faut parfois se changer les idées pour mieux continuer! Enfin, je veux adresser des remerciements particuliers à mon amoureux, Sébastien Gagné, qui m'a offert un soutien inébranlable tout au cours de ce processus. À travers mes angoisses et mes joies, il a toujours su trouver les mots pour me permettre d'avancer. Même dans les moments de tempête, il a été mon phare, mon refuge tranquille. Il faut parfois revenir au camp de base pour avancer. Merci Sébastien.

Je tourne aujourd'hui une page de ma vie et il y a un peu de vous tous dans ce chapitre. Merci!

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ COURT	II
AVANT-PROPOS	III
TABLE DES MATIÈRES	V
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES.....	IX
CHAPITRE 1. INTRODUCTION.....	12
CHAPITRE 2. REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS	15
2.1. PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION CHEZ LA BREBIS	15
2.1.1. Saisonnalité de la reproduction.....	15
2.1.2. Cycle œstral dans un contexte de reproduction saisonnière	16
2.2. CONTRÔLE DE LA REPRODUCTION SAISONNIÈRE CHEZ LA BREBIS	19
2.2.1. Rétroaction négative de l'œstradiol	20
2.2.2. Action directe de la lumière.....	22
2.3. EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LA REPRODUCTION	26
2.3.1. Rythme endogène	26
2.3.2. État photoréfractaire	29
2.3.3. Historique photopériodique	31
2.3.4. Alternance jours courts, jours longs.....	32
2.4. AUTRES EFFETS DE LA PHOTOPÉRIODE CHEZ LA BREBIS	34
2.4.1. Effet sur le métabolisme basal	34
2.4.2. Effet sur le comportement alimentaire et sur l'alimentation.....	34
2.4.3. Effet sur la sécrétion de la prolactine.....	37
2.4.4. Effet sur la production laitière	38
2.5. AUTRES EFFETS DE LA PHOTOPÉRIODE CHEZ L'AGNEAU	45
2.5.1. Effet sur le comportement alimentaire et sur l'alimentation.....	45
2.5.2. Performances de croissance et qualité de la carcasse	47
2.6. INTENSITÉ LUMINEUSE.....	50
2.6.1. Effet de l'intensité lumineuse sur les brebis	50
2.6.2. Effet de l'intensité lumineuse sur les agneaux à l'engraissement.....	54
2.6.3. Effet de l'intensité lumineuse chez les autres espèces.....	55
2.7. CONCLUSION.....	57
2.8. OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	59
2.9. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	60
2.10. RÉFÉRENCES	60

CHAPITRE 3. DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE MINIMALE POUR LES BREBIS SOUMISES À UN PROGRAMME DE PHOTOPÉRIODE77

3.1. RÉSUMÉ	77
3.2. INTRODUCTION	78
3.3. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	79
3.3.1. Logement	79
3.3.2. Traitements d'intensité lumineuse	80
3.3.3. Animaux et régie d'élevage	80
3.3.4. Protocole photopériodique.....	83
3.3.5. Alimentation	83
3.3.6. Évaluation de la production laitière	86
3.3.7. Prélèvements sanguins.....	87
3.3.8. Réserves corporelles	88
3.3.9. Analyses statistiques	89
3.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	92
3.4.1. Données analysées	92
3.4.2. Perception lumineuse au passage de la lumière naturelle aux jours longs.....	92
3.4.3. Évolution des réserves corporelles au cours de la gestation	96
3.4.4. Performances à l'agnelage	98
3.4.5. Performances au cours de la lactation.....	98
3.4.6. Perception lumineuse au passage des jours longs en jours courts	107
3.4.7. Performances des brebis à l'accouplement et à l'agnelage sous contrôle photopériodique	110
3.5. CONCLUSION.....	114
3.6. RÉFÉRENCES	114

CHAPITRE 4. DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE MINIMALE POUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE.....118

4.1. RÉSUMÉ	118
4.2. INTRODUCTION	119
4.3. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	120
4.3.1. Logement	120
4.3.2. Traitements d'intensité lumineuse	121
4.3.3. Animaux et régie d'élevage	121
4.3.4. Période de croissance.....	122
4.3.5. Analyses statistiques	127
4.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	128
4.4.1. Données analysées	128
4.4.2. Performances en période de croissance	128
4.4.3. Qualité de carcasse.....	131
4.4.4. Perception lumineuse.....	133
4.4.5. Consommation des agneaux	137
4.5. CONCLUSION.....	139
4.6. RÉFÉRENCES	140

CHAPITRE 5. CONCLUSION GÉNÉRALE.....	143
ANNEXE A. PLANS ET INTENSITÉS LUMINEUSES DES CHAMBRES DE TRAITEMENT	146
ANNEXE B. TEMPÉRATURES ET HUMIDITÉS PENDANT LE PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES BREBIS	153
ANNEXE C. TEMPÉRATURES ET HUMIDITÉS PENDANT LE PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE	158
ANNEXE D. PROFILS MÉTABOLIQUES PENDANT LE PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE	161

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3.1.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE (10, 30 OU 117 LUX) SUR L'ÉVOLUTION DES RÉSERVES CORPORELLES DES BREBIS DU DÉBUT DES JL JUSQU'À L'AGNELAGE.....	97
TABLEAU 3.2.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE (10, 30 OU 117 LUX) SUR LES PERFORMANCES DES BREBIS À L'AGNELAGE	99
TABLEAU 3.3.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE (10, 30 OU 117 LUX) SUR L'ÉVOLUTION DES RÉSERVES CORPORELLES DES BREBIS AU COURS DE LA LACTATION.....	100
TABLEAU 3.4.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE (10, 30 OU 117 LUX) SUR LA CROISSANCE PRÉ-SEVRAGE DES AGNEAUX.....	101
TABLEAU 3.5.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE (10, 30 OU 117 LUX) SUR L'ÉVOLUTION DES RÉSERVES CORPORELLES DES BREBIS SOUMISES À UN RÉGIME DE PHOTOPÉRIODE CLASSIQUE	111
TABLEAU 3.6.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE (10, 30 OU 117 LUX) SUR LES PERFORMANCES DE REPRODUCTION DES BREBIS SOUMISES À UN RÉGIME DE PHOTOPÉRIODE CLASSIQUE	112
TABLEAU 4.1.	COMPOSITION DES CONCENTRÉS SERVIS AUX AGNEAUX SUR UNE BASE DE MATIÈRE SÈCHE	123
TABLEAU 4.2.	PERFORMANCES DE CROISSANCE DES AGNEAUX FEMELLES ET MÂLES ÉLEVÉS SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 12, 37 OU 109 LUX.....	129
TABLEAU 4.3.	CARACTÉRISTIQUES DES CARCASSES DES AGNEAUX MÂLES ET FEMELLES ÉLEVÉS SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 12, 37 OU 109 LUX.....	132
TABLEAU 4.4.	CONCENTRATIONS PLASMATIQUES DE MÉLATONINE CHEZ LES AGNEAUX MÂLES ÉLEVÉS SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 12, 37 OU 109 LUX.....	135
TABLEAU 4.5.	CONSOMMATIONS DE FOURRAGES ET DE CONCENTRÉS DES AGNEAUX FEMELLES ET MÂLES ÉLEVÉS SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 12, 37 OU 109 LUX.....	138

LISTE DES FIGURES

FIGURE 2.1.	VARIATIONS ANNUELLES DE LA FRÉQUENCE DU COMPORTEMENT SEXUEL (●-●) ET DE L'OVULATION (Δ-Δ) POUR DES BREBIS ÎLE-DE-FRANCE	16
FIGURE 2.2.	MODÈLE DU CYCLE ŒSTRAL OVIN - PATRON SCHÉMATIQUE DE LA PROGESTÉRONNE, DE LA PGF _{2α} , DE LA LH ET DE L'ŒSTRADIOL	17
FIGURE 2.3.	CHANGEMENT SAISONNIER DE LA RÉPONSE À LA RÉTROACTION NÉGATIVE DE L'ŒSTRADIOL SUR LA SÉCRÉTION DE LA LH	21
FIGURE 2.4.	PATRON DE SÉCRÉTION DE LA MÉLATONINE EN PHOTOPÉRIODE DE JL ET EN PHOTOPÉRIODE DE JC. LA ZONE GRISE CORRESPOND À LA PÉRIODE DE NOIRCEUR	23
FIGURE 2.5.	MODÈLE POUR LA RÉGULATION PHOTOPÉRIODIQUE DU CYCLE ANNUEL DE REPRODUCTION CHEZ LA BREBIS.....	29
FIGURE 2.6.	SYNCHRONISATION DE LA SAISON SEXUELLE ET CHANGEMENT DANS LA SÉCRÉTION DE LA LH SOUS UN RÉGIME DE PHOTOPÉRIODE ACCÉLÉRÉE (90 JOURS DE JL / 90 JOURS DE JC).....	33
FIGURE 2.7.	EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LA PRISE ALIMENTAIRE DES BÉLIERS DE GÉNOTYPE SUFFOLK X (FINNOIS X DORSET) ET SOAY.....	36
FIGURE 2.8.	EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LE POIDS VIF DES AGNEAUX EN FONCTION DU NIVEAU D'ALIMENTATION (□ 16AL : 16 HEURES DE LUMIÈRE ET ALIMENTATION AD LIBITUM, ■ 8 AL : 8 HEURES DE LUMIÈRE ET ALIMENTATION AD LIBITUM, ○ 16R : 16 HEURES DE LUMIÈRE ET ALIMENTATION RESTREINTE, ● 8R : 8 HEURES DE LUMIÈRE ET ALIMENTATION RESTREINTE).....	48
FIGURE 2.9.	EFFET D'UN ÉCLAIREMENT NOCTURNE D'UNE DURÉE DE 1 H (ENTRE 21 ET 22 H) À QUATRE INTENSITÉS LUMINEUSES DIFFÉRENTES SUR LE TAUX DE MÉLATONINE PLASMATIQUE DE BÉLIERS ÎLE-DE-FRANCE	52
FIGURE 2.10.	RELATION OBSERVÉE ENTRE L'INTENSITÉ LUMINEUSE ET LA SUPPRESSION DE LA SÉCRÉTION DE MÉLATONINE	53
FIGURE 3.1.	ÉVOLUTION CHRONOLOGIQUE DE L'EXPÉRIMENTATION ET PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE	84
FIGURE 3.2.	ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION PLASMATIQUE DE MÉLATONINE DE BREBIS A) EXPOSÉES À UNE PHOTOPÉRIODE NATURELLE, DEUX JOURS AVANT LE DÉBUT DU TRAITEMENT D'INTENSITÉ LUMINEUSE (J-2) ET B) EXPOSÉES À DES JL (16 H/J DE LUMIÈRE) ET À DES INTENSITÉS LUMINEUSES DE 10, 30, OU 117 LUX, LE JOUR DU DÉBUT DU TRAITEMENT D'INTENSITÉ LUMINEUSE (J0). LA ZONE GRISE CORRESPOND À LA PÉRIODE DE NOIRCEUR. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE ± L'ERREUR TYPE DES BREBIS PRÉLEVÉES PAR TRAITEMENT.	93
FIGURE 3.3.	ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION PLASMATIQUE DE MÉLATONINE DE BREBIS A) EXPOSÉES À 16 H DE LUMIÈRE SOUS UNE INTENSITÉ DE 10, 30 OU 117 LUX, DEUX JOURS APRÈS LE DÉBUT DU TRAITEMENT D'INTENSITÉ (J+2) ET B) EXPOSÉES À 16 H DE LUMIÈRE SOUS DES INTENSITÉS LUMINEUSES DE 10, 30,	

	OU 117 LUX, QUATRE JOURS APRÈS LE DÉBUT DU TRAITEMENT D'INTENSITÉ (J+4). LA ZONE GRISE CORRESPOND À LA PÉRIODE DE NOIRCEUR. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE DES BREBIS PRÉLEVÉES PAR TRAITEMENT.	94
FIGURE 3.4.	CONSOMMATION DE CONCENTRÉS DES AGNEAUX ÉLEVÉS A) SOUS LES MÈRES ALLAITANT 1,67 AGNEAUX ET B) SOUS LES MÈRES ALLAITANT 2,0 AGNEAUX SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 10, 30 OU 117 LUX. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE.	102
FIGURE 3.5.	PRODUCTION LAITIÈRE DES BREBIS SOUMISES À UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 10, 30 OU 117 LUX PENDANT UNE PÉRIODE TROIS HEURES ET ESTIMÉE PAR LA TECHNIQUE DE « WEIGH-SUCKLE-WEIGH ». CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE.	104
FIGURE 3.6.	ÉVOLUTION DE LA CONSOMMATION D'ENSILAGE DES BREBIS SOUMISES À UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 10, 30 OU 117 LUX AU COURS DE LA LACTATION. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE.	106
FIGURE 3.7.	ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION PLASMATIQUE DE MÉLATONINE SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 10, 30, OU 117 LUX POUR DES BREBIS A) EXPOSÉES À 16 H DE LUMIÈRE (JL) TROIS JOURS AVANT LE PASSAGE DES JL AUX JC ET B) EXPOSÉES À DES JC (8 H/J DE LUMIÈRE), LA JOURNÉE DU PASSAGE DES JL AUX JC. LA ZONE GRISE CORRESPOND À LA PÉRIODE DE NOIRCEUR. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE DES BREBIS PRÉLEVÉES PAR TRAITEMENT.	108
FIGURE 3.8.	ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION PLASMATIQUE DE MÉLATONINE POUR DES BREBIS EXPOSÉES À DES JC (8 H/J DE LUMIÈRE) SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 10, 30, OU 117 LUX, QUATRE JOURS APRÈS LE PASSAGE DES JL AUX JC. LA ZONE GRISE CORRESPOND À LA PÉRIODE DE NOIRCEUR. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE DES BREBIS PRÉLEVÉES PAR TRAITEMENT.	109
FIGURE 3.9.	EFFET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE SUR LE DÉBUT DE LA CYCLICITÉ DES FEMELLES APRÈS LE PASSAGE EN JC.....	113
FIGURE 4.1.	ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION PLASMATIQUE DE MÉLATONINE DES AGNEAUX EXPOSÉS À DES JL (16 H/J DE LUMIÈRE) SOUS UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 12, 37, OU 109 LUX. LA ZONE GRISE CORRESPOND À LA PÉRIODE DE NOIRCEUR. CHAQUE POINT REPRÉSENTE LA MOYENNE \pm L'ERREUR TYPE DES AGNEAUX PRÉLEVÉS PAR TRAITEMENT.	136
FIGURE A.1.	INTENSITÉS LUMINEUSES RELEVÉES À L'INTÉRIEUR DES PARCS DE LA CHAMBRE DE 10 LUX PENDANT LA PHASE DE LACTATION DU PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES BREBIS.....	147
FIGURE A.2.	INTENSITÉS LUMINEUSES RELEVÉES À L'INTÉRIEUR DES PARCS DE LA CHAMBRE DE 30 LUX PENDANT LA PHASE DE LACTATION DU PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES BREBIS.....	148
FIGURE A.3.	INTENSITÉS LUMINEUSES RELEVÉES À L'INTÉRIEUR DES PARCS DE LA CHAMBRE DE 117 LUX PENDANT LA PHASE DE LACTATION DU PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES BREBIS.....	149

FIGURE A.4.	INTENSITÉS LUMINEUSES RELEVÉES À L'INTÉRIEUR DES PARCS DE LA CHAMBRE D'INTENSITÉ FAIBLE (10 À 12 LUX) AU COURS DU PROJET SUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE ET DE LA PHASE DE GESTATION DU PROJET SUR LES BREBIS	150
FIGURE A.5.	INTENSITÉS LUMINEUSES RELEVÉES À L'INTÉRIEUR DES PARCS DE LA CHAMBRE D'INTENSITÉ MOYENNE (30 À 37 LUX) AU COURS DU PROJET SUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE ET DE LA PHASE DE GESTATION DU PROJET SUR LES BREBIS	151
FIGURE A.6.	INTENSITÉS LUMINEUSES RELEVÉES À L'INTÉRIEUR DES PARCS DE LA CHAMBRE D'INTENSITÉ FORTE (109 À 117 LUX) AU COURS DU PROJET SUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE ET DE LA PHASE DE GESTATION DU PROJET SUR LES BREBIS	152
FIGURE B.1.	TEMPÉRATURES DANS LES TROIS CHAMBRES D'INTENSITÉS LUMINEUSES ENTRE LES MOIS DE DÉCEMBRE 2004 ET AVRIL 2005	154
FIGURE B.2.	TEMPÉRATURES DANS LES TROIS CHAMBRES D'INTENSITÉS ENTRE LES MOIS D'AVRIL ET AOÛT 2005	155
FIGURE B.3.	HUMIDITÉS DANS LES TROIS CHAMBRES D'INTENSITÉS LUMINEUSES ENTRE LES MOIS DE DÉCEMBRE 2004 ET AVRIL 2005.....	156
FIGURE B.4.	HUMIDITÉS DANS LES TROIS CHAMBRES D'INTENSITÉS ENTRE LES MOIS D'AVRIL ET AOÛT 2005	157
FIGURE C.1.	TEMPÉRATURES DANS LES TROIS CHAMBRES D'INTENSITÉS LUMINEUSES ENTRE LES MOIS DE NOVEMBRE 2004 ET FÉVRIER 2005	159
FIGURE C.2.	HUMIDITÉS DANS LES TROIS CHAMBRES D'INTENSITÉS ENTRE LES MOIS DE NOVEMBRE 2004 ET FÉVRIER 2005	160
FIGURE D.1.	ÉQUILIBRE ALIMENTAIRE DES AGNEAUX – PROFIL MÉTABOLIQUE RÉALISÉ À 77 JOURS.....	162
FIGURE D.2.	ÉTAT GÉNÉRAL DES AGNEAUX – PROFIL MÉTABOLIQUE RÉALISÉ À 77 JOURS.....	162
FIGURE D.3.	ÉQUILIBRE ALIMENTAIRE DES AGNEAUX – PROFIL MÉTABOLIQUE RÉALISÉ À 98 JOURS.....	163
FIGURE D.4.	ÉTAT GÉNÉRAL DES AGNEAUX – PROFIL MÉTABOLIQUE RÉALISÉ À 98 JOURS.....	163
FIGURE D.5.	ÉQUILIBRE ALIMENTAIRE DES AGNEAUX – PROFIL MÉTABOLIQUE RÉALISÉ À 112 JOURS.....	164
FIGURE D.6.	ÉTAT GÉNÉRAL DES AGNEAUX – PROFIL MÉTABOLIQUE RÉALISÉ À 112 JOURS.....	164

CHAPITRE 1.

INTRODUCTION

La saisonnalité de la reproduction chez les ovins ainsi que les problèmes qui s'y rattachent (approvisionnement irrégulier des marchés, productivité faible, répartition inégale du travail, etc.) ne sont définitivement pas des phénomènes nouveaux pour l'industrie ovine. Afin d'assurer un approvisionnement régulier des marchés et ainsi augmenter la rentabilité de leurs entreprises, les producteurs doivent faire preuve d'ingéniosité afin de déjouer ce phénomène naturel. Malheureusement, les statistiques révèlent que les élevages québécois peinent à atteindre les objectifs de désaisonnement pourtant si essentiel à la rentabilité des entreprises. En effet, la moyenne québécoise en 2002 (FPAMQ¹) du taux de reproduction annuel était de 1,0 agnelage/brebis/année, ce qui est de beaucoup inférieur à l'objectif visé de 1,5 agnelage/brebis/année. Bien que l'industrie ovine soit en plein essor depuis 10 ans au Québec, il devient primordial d'augmenter la productivité, ce qui passe indéniablement par le désaisonnement.

La manipulation de la photopériode pour contrôler la reproduction des brebis et des béliers est un moyen de désaisonnement très efficace. En effet, cette technique est en voie de connaître un succès très important auprès des producteurs ovins québécois. Le tout nouveau programme AAC Type CC4, qui exige une réclusion totale des animaux pour les soumettre à une alternance continue de quatre mois de jours courts et quatre mois de jours longs, en est probablement le plus bel exemple (Cameron, 2006²). En effet, avec une fertilité moyenne de l'ordre de 88 %, et ce, sans égard à la période de l'année, il est possible d'affirmer qu'il s'agit d'un programme très efficace en conditions québécoises. Par contre, le développement rapide et l'implantation grandissante de ce type de programme soulèvent

¹ Fédération des producteurs d'agneaux et moutons du Québec, Analyse de groupe provinciale en production ovine, 2002. 34 pages

² Cameron, J. 2006. Programme photopériodique appliqué à longueur d'année pour améliorer la répartition des mises bas et la productivité des brebis soumises à un rythme d'agnelage accéléré. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada. 155 pages

inévitablement plusieurs questions. En effet, malgré le fait que les protocoles d'utilisation de la photopériode soient assez bien définis, un certain nombre de détails attendent encore aujourd'hui des réponses. L'intensité lumineuse minimale qui permet de contrôler efficacement la reproduction des brebis en fait d'ailleurs partie. Dans l'optique où les producteurs veulent obtenir les meilleurs résultats possibles, mais également minimiser les coûts énergétiques du système, il devient impératif d'éclaircir le sujet.

Malheureusement, la littérature est très peu bavarde sur la question. Chez la brebis, aucune étude n'a été réalisée sur les effets de l'intensité lumineuse sur les performances reproductrices et zootechniques. Les intensités généralement recommandées par les spécialistes français de la photopériode dans les documents techniques sont de l'ordre de 200 lux et plus³, ce qui est bien au-delà des intensités habituellement retrouvées à l'intérieur de la plupart des bergeries québécoises. En effet, au printemps 1997, une équipe du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) a mesuré l'éclairage moyen dans 16 bergeries québécoises. Dans les installations visitées, la moyenne d'intensité lumineuse était de 64 lux avec des extrêmes variant de 21 lux à 133 lux. Ainsi, on constate que le niveau d'éclairage était, dans la grande majorité des élevages de l'étude, bien inférieur à la recommandation de 200 lux.

Pourtant, dans une précédente recherche sur l'utilisation du programme de photopériode AAC Type CC4, il a été possible de contrôler la reproduction des brebis dans des bergeries dont l'intensité lumineuse était d'environ 15 lux (Cameron, 2006²). L'obtention d'une recommandation claire, réaliste et applicable apparaît donc aujourd'hui comme une nécessité afin d'assurer une continuité efficace aux programmes photopériodiques. L'intensité lumineuse devrait donc permettre aux brebis de distinguer le jour de la nuit, mais devra également leur donner un environnement idéal à l'expression de leur plein potentiel.

³ Pottier, E. et L. Sagot. 2006. Réussir la reproduction des ovins à viande. Institut de l'élevage, Paris, France. 79 pages.

Du point de vue des agneaux en croissance, la nécessité d'obtenir une valeur d'intensité lumineuse optimale précise se présente dans un contexte bien différent. En effet, les conditions générales optimales pour la croissance des agneaux lourds sont généralement bien connues et bien documentées. Il existe, par contre, une condition environnementale très peu connue et donc très peu contrôlée : l'intensité lumineuse. Non seulement le niveau minimal n'est pas connu, mais l'effet de ce niveau sur les performances des agneaux ne l'est pas davantage. Afin de tirer le maximum du potentiel génétique des agneaux, il est essentiel de leur fournir un environnement idéal et l'intensité lumineuse fait assurément partie des paramètres à contrôler.

Les objectifs de cette étude étaient donc de déterminer les intensités lumineuses minimales à utiliser dans les programmes de photopériode servant au contrôle de la reproduction des brebis et celles à utiliser pour les agneaux en croissance.

CHAPITRE 2.

REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

2.1. PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION CHEZ LA BREBIS

2.1.1. Saisonnalité de la reproduction

Chez les ovins, la reproduction naturelle prend place pendant une courte période de l'année, ce sont des animaux dits « saisonniers ». Ce caractère saisonnier de leur reproduction découle par contre de raisons évolutives. D'ailleurs, on retrouve ce type de reproduction chez plusieurs animaux des régions tempérées. Ainsi, les chevaux, les ovins, les caprins, les grands ongulés sauvages et même les oiseaux en sont de multiples exemples. Cette saisonnalité de la période d'accouplements permet de faire coïncider le moment de la parturition, ou de la ponte, avec un moment propice à la survie des nouveau-nés, soit, dans le cas des zones tempérées, le printemps. À cette époque de l'année, le climat y est plus clément et la nourriture abondante, les conditions de survie sont alors maximales (Sweeney et O'Callaghan, 1995). La période d'activité sexuelle est donc en relation avec le moment « souhaité » de la mise-bas et avec la durée de la gestation.

En ce sens, il existe des espèces dites *de jours longs* et d'autres dites *de jours courts*, selon le moment où elles se reproduisent. À titre d'exemple, les bovins et les chevaux sont considérés comme étant des espèces de jours longs (JL) tandis que les ovins, les caprins et les porcs sont des espèces de jours courts (JC) (Chemineau, 1993). Par ailleurs, la domestication de plusieurs espèces a entraîné la réduction des variations saisonnières. Ainsi, les bovins et les porcs montrent encore aujourd'hui une variation saisonnière, mais celle-ci est très peu marquée. En effet, les variations saisonnières sont des adaptations nécessaires afin de faire face aux conditions rigoureuses des zones tempérées. Les espèces ayant subi une forte domestication n'ont plus à affronter les aléas du climat, ils doivent plutôt faire face à la productivité, exigeant une variation minimale.

Chez les ovins, la gestation dure un peu moins de cinq mois. Afin de synchroniser la mise bas avec le printemps, la période d'activité sexuelle doit donc survenir à l'automne (Karsch *et al.*, 1984). Le cycle reproducteur des ovins alterne entre une période d'œstrus (de la fin de l'été jusqu'au début de l'hiver) et une période d'anœstrus (du début de l'hiver jusqu'à la fin de l'été). Pendant la période d'œstrus, les femelles sont sexuellement réceptives et présentent une cyclicité reproductive (Thimonier et Mauléon, 1969). L'anœstrus, quant à lui, se caractérise par un arrêt de l'activité ovarienne ainsi que par une absence de comportement sexuel (Figure 2.1).

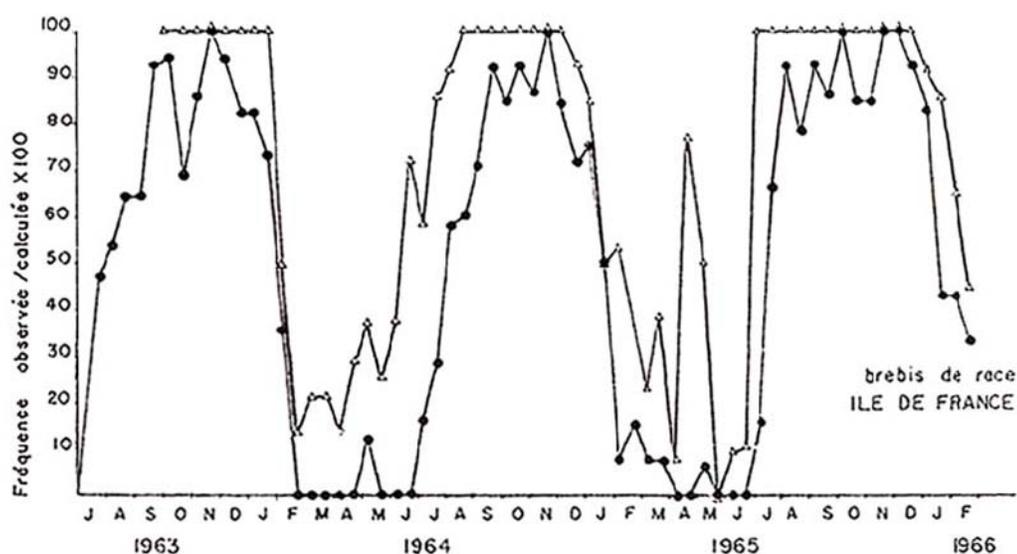


Figure 2.1. Variations annuelles de la fréquence du comportement sexuel (●-●) et de l'ovulation (Δ-Δ) pour des brebis Ile-de-France

(Adaptée de Thimonier et Mauléon, 1969)

2.1.2. Cycle œstral dans un contexte de reproduction saisonnière

La brebis est un animal qualifié de *polyoestrien*. C'est donc dire qu'elle présente une série de cycles œstraux. Cependant, cette suite d'événements ne survient que pendant une période bien précise de l'année, soit la saison sexuelle ou période d'œstrus. Le reste de l'année est une période qualifiée d'*anœstrus saisonnier*. Pendant cette contre-saison sexuelle, la brebis ne montre pas d'œstrus (Yeates, 1949; Hafez, 1952; Thimonier et Mauléon, 1969).

Chaque cycle sexuel est d'une durée d'environ 16 à 18 jours et se divise en deux phases. Une première est dite *lutéale* et la seconde *folliculaire*. La phase lutéale débute après l'ovulation et dure entre 12 et 14 jours. Par la suite, la phase folliculaire boucle le cycle, elle dure de trois à quatre jours (Legan et Karsch, 1979). Selon les conventions, le jour 0 constitue le jour du début des chaleurs, soit le premier jour de l'œstrus. La chaleur dure de 24 à 72 heures, pour une moyenne de 36 heures, et l'ovulation survient de 20 à 40 heures après le début du comportement sexuel (Figure 2.2).

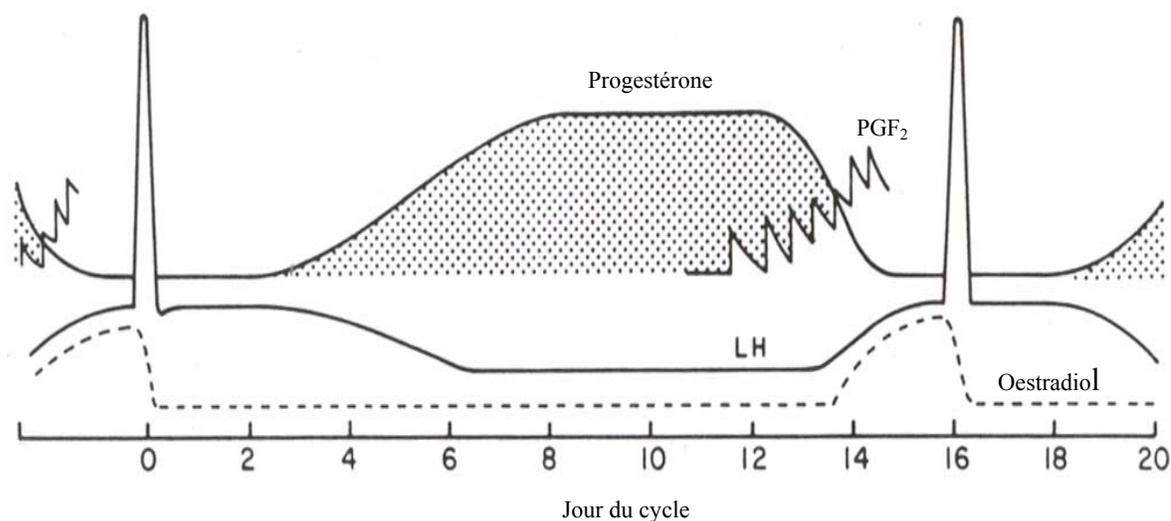


Figure 2.2. Modèle du cycle œstral ovin - Patron schématique de la progestérone, de la $PGF_{2\alpha}$, de la LH et de l'œstradiol

(Adaptée de Goodman, 1988)

L'ovulation survient donc au jour 1 du cycle. Elle consiste en l'expulsion d'un ou de plusieurs ovules provenant de follicules matures dans les ovaires. À la suite de l'expulsion de l'ovule, le follicule se transforme en corps jaune aussi appelé *Corpus Luteum* (CL). C'est cette structure qui est responsable de la sécrétion de la progestérone au cours de la phase lutéale (Goodman, 1988). Durant cette phase, la concentration de progestérone augmente jusqu'aux environs du jour 7, moment où elle atteint un plateau. La progestérone demeure élevée jusqu'à la fin de la phase lutéale. Pendant cette période, la croissance des follicules est ralentie, le niveau d'œstradiol sérique est bas et l'ovulation est impossible (Legan et Karsch, 1979). En effet, la progestérone est une hormone qui inhibe la sécrétion

de la GnRH (« Gonadotropin Releasing Factor »), produite par l'hypothalamus, qui elle stimule la sécrétion de la LH (« Luteinizing Hormone ») et de la FSH (« Follicle stimulating Hormone ») produites par l'hypophyse (Karsch *et al.*, 1977; Clarke et Cummins, 1982; Clarke *et al.*, 1987; Karsch *et al.*, 1987).

La progestérone exerce donc une rétroaction négative sur l'hypothalamus (Goodman et Karsch, 1980; Goodman, 1988). Si l'ovule n'est pas fécondé pendant les 12 à 14 jours de la phase lutéale, il y a absence de gestation et l'utérus envoie un signal à l'ovaire par l'entremise de la sécrétion de la $\text{PGF}_{2\alpha}$ (prostaglandine) (Silvia *et al.*, 1991). La $\text{PGF}_{2\alpha}$ entraîne la lutéolyse, soit la dégénérescence du CL dans l'ovaire. Ainsi, lorsque la progestérone chute, il y a une augmentation de la concentration basale et de la fréquence de la pulsativité de la GnRH (Clarke *et al.*, 1987; Karsch *et al.*, 1993). Ceci entraîne donc une élévation de la concentration basale et de la fréquence de la pulsativité de la LH et de la FSH. Cette augmentation se poursuit sur une période de 48 à 60 heures (Legan et Karsch, 1979; Karsch *et al.*, 1980). C'est le début de la phase folliculaire.

Cette concentration élevée de LH circulante amène une augmentation proportionnelle de la sécrétion d'œstradiol produite par le ou les follicule(s) ovarien(s) dominant(s) (Karsch *et al.*, 1980; Karsch *et al.*, 1984). À ce moment, la concentration de ces deux hormones est cinq fois plus élevée que leurs concentrations basales respectives. À ce stade, les follicules sont en croissance rapide puisqu'ils entament leur phase finale de croissance et de maturation (Robertson, 1969; Legan et Karsch, 1979). La concentration élevée d'œstradiol, combinée à une faible concentration de progestérone, induit un pic dans la sécrétion de GnRH qui, à son tour, engendre un pic de LH (Goding *et al.*, 1969; Clarke *et al.*, 1987; Moenter *et al.*, 1990; Moenter *et al.*, 1991). Ce pic, dit *préovulatoire*, est accompagné d'un comportement d'œstrus, induit par les hautes concentrations d'œstradiol, et conduira à l'ovulation des follicules matures (Hauger *et al.*, 1977). Il y a donc formation d'un nouveau corps jaune et le cycle peut recommencer.

Comme il a été mentionné précédemment, cette cyclicité reproductive des femelles n'est observable qu'en saison sexuelle. De cette façon, certaines hormones peuvent être utilisées

afin de déterminer l'état physiologique des femelles. C'est le cas, entre autres, de la progestérone et de la LH. La progestérone joue un rôle clé lors du cycle œstral chez la brebis. En effet, sa concentration sanguine demeure élevée tout au cours de la phase lutéale. Lorsqu'il y a absence de fécondation, le corps jaune est lysé et la sécrétion de cette hormone cesse. Par contre, lorsqu'il y a gestation, le CL persiste et la concentration plasmatique de progestérone demeure élevée. De plus, en période d'anœstrus anovulatoire, le corps jaune est absent et la sécrétion est presque nulle. C'est donc dire que les concentrations sanguines de progestérone sont très différentes suivant l'état physiologique des femelles (Lemon et Thimonier, 1973). Il est ainsi possible de déterminer l'état physiologique d'une femelle à partir de l'analyse de la progestérone. La concentration peut être mesurée dans le lait (Shemesh *et al.*, 1979) ou encore dans le sang (Thimonier, 2000). Il existe d'ailleurs différents protocoles permettant de différencier une brebis gestante d'une brebis non-gestante ou encore, une brebis en œstrus d'une autre en anœstrus. Le dosage de la progestérone permet donc de suivre de façon précise l'évolution de l'état physiologique de la femelle (Lemon et Thimonier, 1973).

La LH permet également d'analyser l'état physiologique des femelles. En effet, le patron de sécrétion de cette hormone est très différent selon que l'animal est en période d'œstrus ou d'anœstrus. Ainsi, l'amplitude et la fréquence de la pulsativité de la LH sont très différentes. L'amplitude semble plus élevée en contre-saison alors que la fréquence augmente en saison sexuelle (Legan *et al.*, 1977; Goodman *et al.*, 1982; Robinson *et al.*, 1985a). En définitive, ces observations permettent de conclure que de hauts taux de LH (pulsativité élevée) correspondent à la saison sexuelle alors que de faibles taux (faible pulsativité) signifient que l'animal est en période d'anœstrus (Legan et Karsch, 1980). C'est donc dire qu'il est aussi possible de déduire l'activité sexuelle d'un animal en observant le patron de sécrétion de la LH (Legan *et al.*, 1977; Legan et Karsch, 1980).

2.2. CONTRÔLE DE LA REPRODUCTION SAISONNIÈRE CHEZ LA BREBIS

La saisonnalité de la reproduction chez les ovins possède deux explications physiologiques complémentaires. Le premier mécanisme est une action dépendante des œstrogènes couplée à une action indirecte de la lumière. Cette action prend place dans l'hypothalamus et agit

sur la sécrétion de la GnRH, c'est la rétroaction négative de l'œstradiol. Le deuxième processus consiste en une action indépendante des œstrogènes, soit une action directe de la photopériode. En définitive, ces deux phénomènes visent à moduler la sécrétion de la GnRH par l'hypothalamus.

2.2.1. Rétroaction négative de l'œstradiol

Le cycle sexuel peut être considéré comme étant une suite d'événements dépendants les uns des autres. Chacun d'entre eux devant être exécuté avec succès afin de permettre au cycle d'être complété et au suivant de débiter (Legan et Karsch, 1979). Cette schématisation laisse croire qu'il existe une étape clé permettant au cycle de se perpétuer ou de cesser. Plusieurs travaux ont d'ailleurs avancé que l'élévation de la LH pour une période de 48 à 60 heures, à l'intérieur duquel s'inscrit le pic préovulatoire, serait cette étape charnière. En effet, il semble que tous les autres mécanismes peuvent prendre place pendant la contre-saison sexuelle. En cherchant à comprendre pourquoi l'élévation de la LH ne pouvait se produire en contre-saison, les chercheurs ont remarqué qu'au cours de la saison sexuelle, l'œstradiol stimule la production de LH. Par contre, la relation s'inverse en contre-saison. C'est donc dire que l'œstradiol effectue une rétroaction négative sur la sécrétion de la LH en période d'ancestrus. À la lumière de ces observations, Hoffman (1973) est le premier à proposer que la reproduction saisonnière chez les mammifères serait le fruit d'un changement dans la sensibilité de l'axe hypothalamo-hypophysaire à l'action de rétroaction négative des stéroïdes ovariens.

Par la suite, l'équipe de Fred J. Karsch et de Sandra J. Legan s'est appliquée à mieux décrire le phénomène chez les ovins. C'est donc eux qui, en 1977 (Legan *et al.*, 1977), ont démontré l'hypothèse de la rétroaction négative de l'œstradiol. Afin d'illustrer le concept, ils ont utilisé des brebis ovariectomisées, ne produisant donc pas d'œstradiol. Ils ont mis en évidence une différence saisonnière dans la sécrétion de la LH chez des brebis ovariectomisées comparativement à celles ovariectomisées mais recevant un implant d'œstradiol (Figure 2.3). Ainsi, les brebis ovariectomisées ne recevant pas d'œstradiol (ovx) ne montraient pas de patron saisonnier de sécrétion de la LH et ce, peu importe la saison ou la photopériode. Les taux sont demeurés élevés tout au cours de l'année. Les

brebis traitées avec des implants d'œstradiol (ovx + o) voyaient leur concentration de LH plasmatique chuter sous la limite détectable au cours de la contre-saison tout comme chez une brebis intacte (Goodman *et al.*, 1982; Karsch *et al.*, 1984). Chez une brebis intacte, il y a sécrétion d'œstradiol tout au cours de l'année. Pourtant, les taux de LH chutent uniquement pendant la contre-saison, éliminant la cyclicité et créant l'anœstrus. Lorsque l'animal est « sensible » à l'œstradiol et à son action, soit en contre-saison, la rétroaction négative s'opère ce qui fait chuter la LH. Les concentrations plasmatiques observées chez les brebis traitées sont donc directement corrélées avec la sensibilité de l'animal à l'œstradiol (Karsch *et al.*, 1984; Malpaux *et al.*, 1996b). Plus tard, une étude de Legan et Karsch (1980) a montré que l'effet de rétroaction négative de l'œstradiol n'était pas exclusif à la LH, il agirait également sur la sécrétion de la FSH.

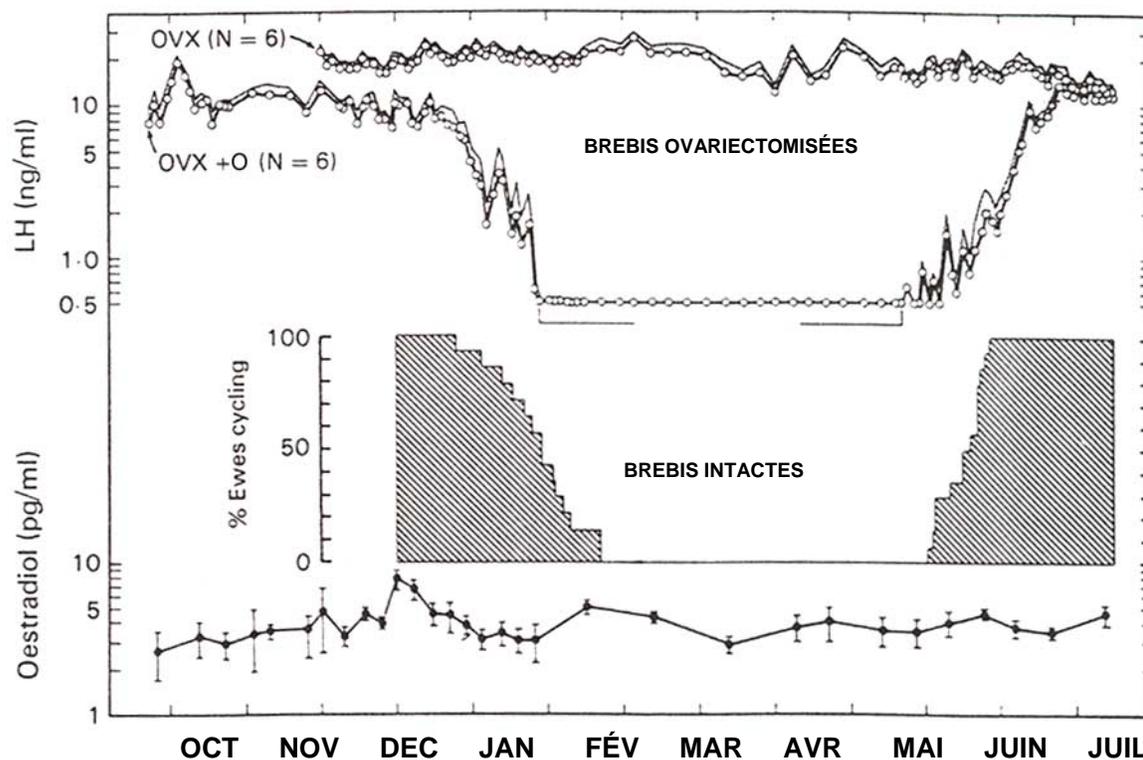


Figure 2.3. Changement saisonnier de la réponse à la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de la LH

(Adaptée de Karsch *et al.*, 1980)

De cette façon, le passage à l'anœstrus serait associé à un changement marqué dans le système neurosécrétoire de la LH et par le fait même de la GnRH, modulé par la rétroaction négative de l'œstradiol (Barrell *et al.*, 1992). L'absence de ces hormones conduit donc à l'anœstrus. En effet, celui-ci est dû à un échec des follicules ovariens à atteindre leur pleine maturité. En contre-saison sexuelle, les follicules sont donc incapables d'entreprendre la phase finale de croissance et de maturation (Sweeney et O'Callaghan, 1995).

Dans cette hypothèse de la rétroaction négative de l'œstradiol, la lumière joue tout de même un rôle indirect. En effet, bien que la GnRH et la LH soient les principales responsables de l'anœstrus, le changement de sensibilité à l'œstradiol est, quant à lui, saisonnier puisque directement corrélé à la saison sexuelle. La photopériode pourrait donc contrôler ou synchroniser la sensibilité à l'œstradiol (Legan et Karsch, 1979).

2.2.2. Action directe de la lumière

Chez les ovins, la photopériode est reconnue comme étant le signal nécessaire à la synchronisation de l'activité sexuelle. En effet, les variations saisonnières de l'activité sexuelle sont entraînées par le rythme de la photopériode constitué d'une alternance de JC et de JL (Thimonier et Mauléon, 1969; Malpaux *et al.*, 1989). Il s'agit donc d'un effet direct de la lumière sur la reproduction. Bien que les animaux perçoivent la lumière elle-même, il a été démontré qu'un processus endocrinien régit l'interprétation de la longueur du jour via une hormone sécrétée par la glande pinéale, la mélatonine (Legan et Karsch, 1983).

2.2.2.1. La mélatonine comme hormone de perception de la lumière

La lumière, représentant la longueur du jour et de la nuit, est tout d'abord perçue par la rétine de l'œil au niveau des photorécepteurs rétinaux. Cette information est ensuite transmise par une série de connexions neuronales impliquant les noyaux suprachiasmatiques et le ganglion cervical supérieur jusqu'à la glande pinéale où le message lumineux modulera la sécrétion de mélatonine par les mélanocytes (Legan et Karsch, 1983; Karsch *et al.*, 1984). En effet, la glande pinéale ne possède pas de projections nerveuses, son action se doit donc d'être neuroendocrinienne (Malpaux *et al.*,

1996a). Ainsi, la mélatonine est l'hormone qui agit comme premier transmetteur de l'information photopériodique. La glande pinéale n'est cependant pas la seule structure à produire de la mélatonine. Ainsi, la rétine et la glande de Harder (aussi appelée glande nictitante, située derrière la rétine), par exemple, en produisent mais en quantités très faibles. Cette indoléamine pinéale n'est produite qu'en période de noirceur. Sa sécrétion débute moins de dix minutes après le début de la perception d'obscurité pour se poursuivre tout au long de la période de noirceur (Malpaux *et al.*, 1988c). Au cours de la période d'obscurité, les concentrations sanguines de mélatonine varient beaucoup, ce qui impliquerait une sécrétion ou du moins une libération épisodique (Malpaux *et al.*, 1987; Malpaux *et al.*, 1988a). La durée de la sécrétion de mélatonine est donc directement proportionnelle à la durée de la nuit (Rollag *et al.*, 1978; Bittman *et al.*, 1983a; Bittman *et al.*, 1983b; Bittman et Karsch, 1984; Malpaux *et al.*, 1988a; Matthews *et al.*, 1993) (Figure 2.4).

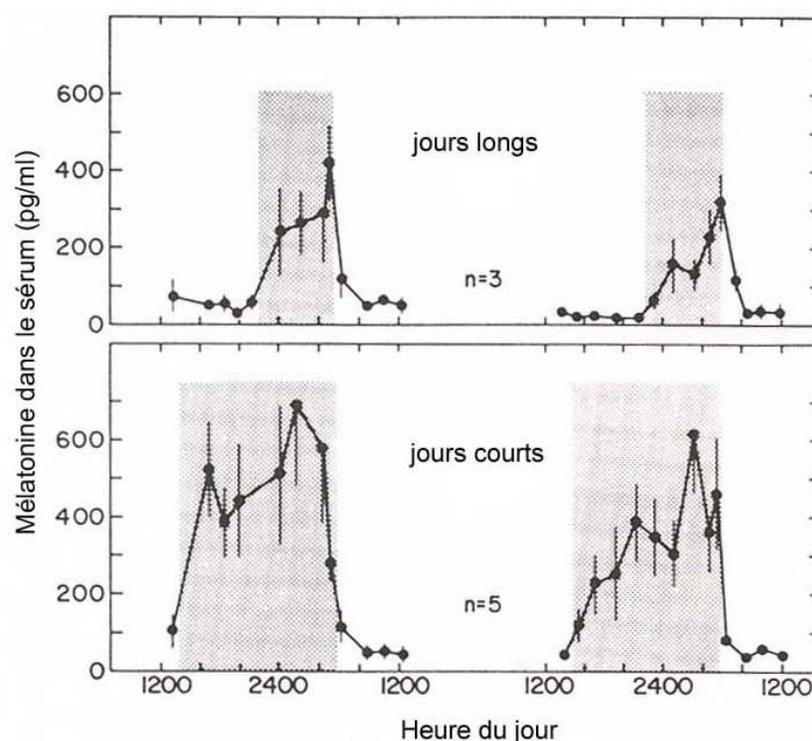


Figure 2.4. Patron de sécrétion de la mélatonine en photopériode de JL et en photopériode de JC. La zone grise correspond à la période de noirceur

(Adaptée de Karsch *et al.*, 1986)

Chez les ovins, les taux plasmatiques diurnes de mélatonine sont faibles, soit inférieurs à 5 pg/ml, ce qui est inférieur au seuil de détection des tests disponibles. La nuit, les taux sont beaucoup plus élevés et varient habituellement entre 100 et 500 pg/ml (Malpaux *et al.*, 1987).

Par contre, le cycle de sécrétion de la mélatonine aurait, lui aussi, un rythme endogène. Le rôle de la lumière serait de lui imposer un cycle de 24 h (Ebling *et al.*, 1988). Afin de démontrer ce phénomène, Rollag et Niswender (1976) ont tout d'abord exposé des brebis à un rythme photopériodique normal (alternance noirceur-clarté). Par la suite, ils ont transféré ces animaux sous un régime de noirceur constante. À la suite du changement lumineux, le cycle de sécrétion de mélatonine a eu besoin de quelques jours pour s'ajuster, signe que celui-ci était maintenu de façon endogène par l'animal. Ebling *et al.* (1988) ont d'ailleurs observé le même phénomène chez les béliers. Ils ont de plus montré qu'après huit semaines de noirceur, les animaux ne montraient plus de patron cyclique défini de mélatonine. Ainsi, en l'absence du synchroniseur de la durée de la nuit, le rythme ne parvient plus à se synchroniser de façon adéquate et le rythme endogène cesse. La sécrétion de la mélatonine devient alors désorganisée. La concentration plasmatique est faible et il y a absence de pics définis, il n'y a plus de rythme.

2.2.2.2. *Implication de la mélatonine dans la transduction du message photopériodique*

L'importance de la mélatonine dans le processus reproductif ne fait plus aucun doute. Il a d'ailleurs été démontré que la mélatonine pouvait, à elle seule, mimer la longueur du jour. Ainsi, des animaux soumis à des JL mais recevant de la mélatonine exogène simulant les JC, présenteront une activité reproductrice similaire à celle observée en présence de JC naturels (Chemineau *et al.*, 1992). Par contre, la preuve concrète de l'implication de la mélatonine a été obtenue à partir de brebis pinéalectomisées et ovariectomisées recevant un implant d'œstradiol. En effet, lorsque les brebis étaient transférées d'une photopériode de JL à une photopériode de JC, elles ne montraient aucun signe d'activité sexuelle (faible concentration de LH). Par contre, si les brebis recevaient une infusion de mélatonine correspondant aux JC, il y avait augmentation de la sécrétion de LH, 50 jours suivant le changement (Bittman *et al.*, 1983a; Bittman *et al.*, 1983b; Bittman et Karsch, 1984).

De par son rythme de sécrétion nycthéral, la mélatonine assure donc le lien vers l'axe neuroendocrinien reproducteur (Arendt, 1986; Wayne *et al.*, 1988; Malpaux *et al.*, 1999) et, par le fait même, vers les gonades (Karsch *et al.*, 1988). En termes simples, la mélatonine permet de transformer la durée du jour en signal endocrinien. Ce signal endocrinien résulte en une réponse de l'axe neuroendocrinien exprimée par un changement dans le patron de sécrétion de la GnRH et donc de la LH. La mélatonine contrôle ainsi la sécrétion pulsatile de la GnRH (Karsch *et al.*, 1988; Malpaux *et al.*, 1993; Malpaux *et al.*, 1996b; Malpaux *et al.*, 1999; Thiéry *et al.*, 2002). De par cette action, elle aurait ainsi un pouvoir de régulation sur le générateur neural de la pulsativité de la LH (Bittman *et al.*, 1985). Ainsi, une photopériode de JC ou, du moins, un rythme de mélatonine correspondant aux JC, entraîne une augmentation de la fréquence de la pulsativité de la GnRH (Viguie *et al.*, 1995).

Par contre, cette action de la mélatonine sur la GnRH ne se produit pas directement via les neurones reliés à la sécrétion de cette dernière. En effet, il existe une série de relais nerveux, encore aujourd'hui mal connus, qui permettent cette action. Il s'agirait d'un circuit neuronal complexe comprenant plusieurs interneurons (Malpaux *et al.*, 1996a; Malpaux *et al.*, 1996b; Malpaux *et al.*, 1997; Malpaux *et al.*, 1999). Par contre, des études chez le rat et le vison ont permis de montrer que le pars tuberalis de l'adénohypophyse (hypophyse antérieure) était la région qui contenait la plus grande densité de sites de liaison pour la mélatonine (Williams et Morgan, 1988; Boissin-Agasse *et al.*, 1992). Cependant, une étude de Malpaux *et al.* (1995) a montré que ce site n'intervenait pas dans la modulation de la LH par la mélatonine chez la brebis. Plusieurs recherches suggèrent que l'hypothalamus médiobasal serait probablement le site d'action de la mélatonine (Malpaux *et al.*, 1994; Malpaux *et al.*, 1996a; Malpaux *et al.*, 1997; Thiéry *et al.*, 2002).

Comme mentionné précédemment, l'inhibition saisonnière de la sécrétion de la LH est la grande responsable de l'ancêtre saisonnier. L'action de la mélatonine, en définitive, est donc de moduler cette sécrétion. Il existe plusieurs relais ou structures présents dans le mécanisme d'action de la mélatonine sur la LH. Ainsi, il y aurait au moins trois hormones (dopamine, noradrénaline et sérotonine) et une série d'acides aminés excitables qui seraient impliqués au niveau du système nerveux central (Malpaux *et al.*, 1996a). Ainsi, la

dopamine est connue pour être impliquée dans l'inhibition saisonnière de la LH puisqu'une étude de Thiéry *et al.* (1995) a montré que le noyau hypothalamique A15 serait la structure dopaminergique impliquée dans cette inhibition. De plus, ce noyau jouerait un rôle dans la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de GnRH (Karsch *et al.*, 1984). La sérotonine serait la deuxième hormone mise en cause puisqu'elle est aussi connue pour son rôle d'inhibition sur la sécrétion de LH en période anœstrale (Thiéry *et al.*, 1995). Finalement, la troisième hormone impliquée serait la noradrénaline. Elle exercerait également une inhibition de la pulsativité de la LH (Malpaux *et al.*, 1996a). Enfin, les acides aminés excitateurs tels que le glutamate et l'aspartate seraient eux aussi impliqués dans la régulation de la sécrétion de la GnRH par la mélatonine (Malpaux *et al.*, 1994; Malpaux *et al.*, 1996a; Malpaux *et al.*, 1996b).

En définitive, le changement dans la sécrétion de la GnRH et de la LH est responsable de la saisonnalité de la reproduction. Ce changement est modulé de deux façons, soit par une action directe de la mélatonine (et de la lumière) sur la sécrétion de la GnRH et par une action indirecte de la lumière sur les stéroïdes de par la rétroaction négative de l'œstradiol sur la GnRH. Il est important de mentionner ici que ces événements sont tous deux modulés, en partie, par le rythme de sécrétion de la mélatonine puisque celui-ci constitue la case départ de la transduction du message lumineux. En effet, que l'action de la lumière soit directe ou indirecte, il est indéniable que la photopériode joue un rôle prépondérant.

2.3. EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LA REPRODUCTION

2.3.1. Rythme endogène

Bien que le rôle de la photopériode soit relativement clair concernant la synchronisation de l'activité sexuelle (Legan et Karsch, 1983; Karsch *et al.*, 1984), certains faits ont mené les auteurs à reconsidérer son rôle unique. En effet, l'existence possible d'un rythme de reproduction endogène a d'abord été soulevée suite à l'étude de la reproduction de brebis aveugles. En effet, celles-ci possédaient un rythme de reproduction s'apparentant très fortement à celui des brebis « normales ». Pourtant, leur cécité les empêchait forcément de percevoir la lumière du jour. Afin de renforcer cette observation, Legan et Karsch (1983) ont d'abord imposé à des brebis de race Suffolk ovariectomisées ou non, une photopériode

en alternance de 90 jours de JL suivis de 90 jours de JC. Ils ont ensuite causé une cécité permanente chez ces deux groupes de brebis en procédant à une énucléation bilatérale des orbites. Ils ont remarqué que, tant chez les brebis normales que chez les brebis ovariectomisées, les brebis aveugles montraient une alternance circannuelle entre des périodes d'œstrus (haut niveau de LH) et d'anœstrus (faible niveau de LH). Ces observations montrent bien l'existence d'un rythme indépendant de la lumière et endogène à l'animal. Les mêmes observations ont d'ailleurs été faites chez des brebis pinéalectomisées chez lesquelles la transduction du message photopériodique ne pouvait se faire (Bittman *et al.*, 1983b).

Les études réalisées chez les brebis aveugles et/ou pinéalectomisées ont permis de mettre en lumière un autre facteur. En effet, il semble que la présence d'autres animaux pouvant percevoir la photopériode, tels que les béliers ou d'autres femelles dites « normales », pourrait permettre aux animaux souffrant de cécité de percevoir une forme de signal et de synchroniser leur rythme endogène sur une période d'un an (Legan et Karsch, 1983). Ainsi, en l'absence d'un signal photopériodique, les ovins pourraient utiliser d'autres facteurs environnementaux afin de synchroniser leur rythme endogène. Ainsi, les contacts sociaux entre individus pourraient entraîner une synchronisation de l'état reproductif (Wayne *et al.*, 1989). Enfin, l'existence de *l'effet bélier* vient supporter cette hypothèse puisqu'il est bien connu que l'introduction d'un bélier dans un groupe de femelles en période d'anœstrus léger cause une augmentation de la LH et induit l'activité sexuelle des femelles (Martin *et al.*, 1980).

L'existence d'un rythme endogène chez les ovins a également été démontrée en maintenant des animaux en photopériode de JC ou de JL pendant plusieurs années. De cette façon, on a pu observer que ces animaux ont continué à montrer une alternance entre activité et repos sexuel, mais que celle-ci était accélérée par rapport à la situation normale (Ducker *et al.*, 1973; Karsch *et al.*, 1989; Malpaux *et al.*, 1996b). Ainsi, on observe chez les animaux maintenus en photopériode constante, un décalage par rapport à la synchronisation de la saison sexuelle normale et une désynchronisation entre les individus. Les cycles de sécrétion de LH ne sont pas étalés sur une période d'un an, mais sur une période plus

courte. Les alternances seraient donc le fruit d'un rythme endogène d'une durée de 8 à 10 mois selon les individus et les races. Dans ce contexte, la photopériode aurait donc pour rôle d'imposer au rythme endogène un cycle annuel (Malpaux *et al.*, 1996b). Ainsi, la transition reproductive saisonnière observée chez les brebis serait générée par le rythme endogène alors que l'expression de ce rythme serait modulée par la photopériode (Sweeney et O'Callaghan, 1995). De la même façon, le passage à l'œstrus serait lui aussi entraîné par le rythme endogène (Karsch *et al.*, 1989).

Par contre, il est important de mentionner que seule une partie du cycle photopériodique serait nécessaire à la synchronisation du rythme de la reproduction (Woodfill *et al.*, 1991). Les différentes phases du rythme photopériodique auraient donc des utilités bien différentes pour l'entraînement du cycle reproductif (Sweeney et O'Callaghan, 1995). Ainsi, contrairement à ce que l'on pourrait croire, l'exposition aux JL (durée du jour croissante) du printemps et de l'été serait la clé de la synchronisation de la période œstrale de l'automne. Les JL vont entraîner le rythme endogène et ils vont prévenir un passage trop hâtif à la saison sexuelle en soutenant l'œstrus (Wayne *et al.*, 1990; Sweeney *et al.*, 1997a). Les JC ou décroissants après le solstice d'été ont pour objectif, quant à eux, de maintenir l'œstrus et de lui conférer une durée « normale » (Malpaux *et al.*, 1989; Malpaux et Karsch, 1990). Le passage à la saison sexuelle ne résulte donc pas de la réduction de la longueur du jour après le solstice d'été mais bien de l'exposition aux JL (Robinson *et al.*, 1985a) (Figure 2.5).

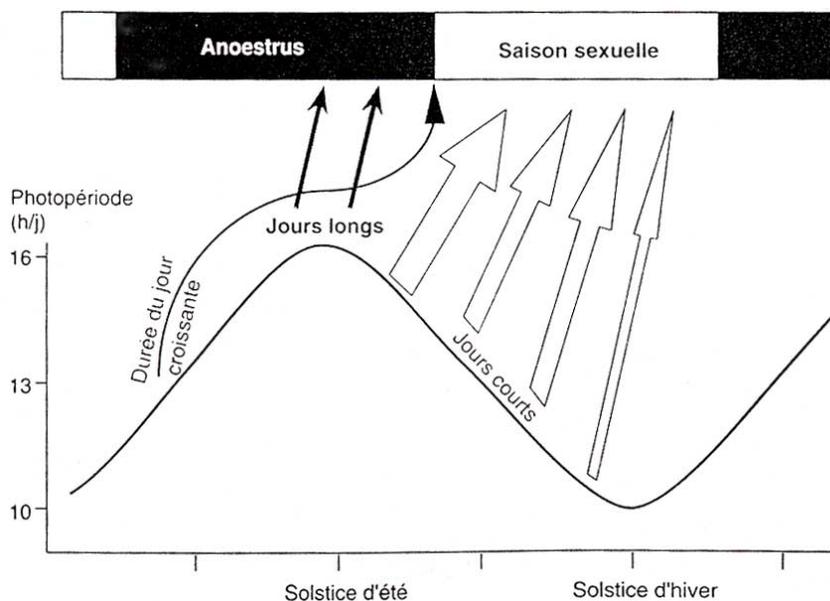


Figure 2.5. Modèle pour la régulation photopériodique du cycle annuel de reproduction chez la brebis

(Adaptée de Malpaux *et al.*, 1989 et de Malpaux *et al.*, 1996b)

2.3.2. État photoréfractaire

L'état *réfractaire* est un concept très présent en biologie. Ainsi, un animal *photoréfractaire* est un individu qui ne réagit plus à la longueur du jour. C'est donc dire qu'un animal placé sous une photopériode constante cessera de réagir à moyen terme à celle-ci. Afin de mettre en lumière ce phénomène, on impose aux animaux un signal photopériodique constant. Ainsi, une brebis soumise à un cycle de photopériode et exposée à des JC, correspondant à la saison sexuelle, verra son taux de LH sérique augmenter. Par contre, si cette exposition est trop longue, les concentrations finissent par décroître et l'animal entre en période d'anoestrus (faibles taux de LH) malgré la présence des JC (Robinson et Karsch, 1984).

Il semble donc que ce ne soit pas directement le passage d'une photopériode courte à une photopériode plus longue, comme au printemps par exemple, qui entraîne l'anoestrus mais bien l'état photoréfractaire aux JC qui se développe graduellement (Robinson et Karsch, 1984). Ainsi, la prolongation des JC au printemps de façon artificielle ne permet pas d'allonger la saison sexuelle, ce qui montre bien la présence de cet état. De la même façon,

la diminution de la longueur du jour après le solstice d'été ne serait pas responsable du déclenchement de la saison sexuelle (Robinson *et al.*, 1985a; Malpaux *et al.*, 1996b). Cette diminution permet par contre de lever l'état photoréfractaire aux JL en redonnant à l'animal une certaine photosensibilité et ainsi permettre une continuité dans le cycle (Wayne *et al.*, 1990). Ce serait donc l'état photoréfractaire qui serait, du moins en partie, responsable du passage à l'activité sexuelle (Worthy *et al.*, 1985). À l'inverse, l'augmentation de la longueur du jour après le solstice d'hiver ne serait pas plus responsable du passage à la contre-saison (Worthy et Haresign, 1983; Robinson et Karsch, 1984).

Bien qu'un certain nombre d'hypothèses aient été avancées, il semble aujourd'hui que le patron de sécrétion de la mélatonine ne soit pas directement responsable de l'apparition de l'effet photoréfractaire. Les études ont montré que des brebis photoréfractaires aux JC ou aux JL continuaient à montrer un patron nyctéméral régulier de mélatonine (Robinson et Karsch, 1984; Robinson *et al.*, 1985b; Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1987; Malpaux *et al.*, 1988a). Par contre, une étude menée chez des béliers de race Soay a montré un désordre par rapport au patron de sécrétion de la mélatonine chez les animaux photoréfractaires (Almeida et Lincoln, 1982).

Il est possible que l'animal photoréfractaire soit réfractaire à l'effet inductif de la mélatonine (Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1987). En effet, les ovins ne sont pas réfractaires qu'à la photopériode mais également à la mélatonine. Karsch *et al.* (1986) ont d'ailleurs montré que l'administration de mélatonine exogène mimant les JC provoque tout d'abord une augmentation de la LH sérique au même titre que chez les brebis témoins soumises à une photopériode de JC. Par contre, les deux groupes d'individus présentent finalement un état réfractaire aux traitements de JC après plus ou moins cinq mois de traitement. Ainsi, le signal de la longueur du jour est bien assimilé par l'animal jusqu'à la glande pinéale puisque le patron de sécrétion de mélatonine est normal. C'est donc l'effet de la mélatonine qui serait problématique et non pas sa sécrétion (Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1987). Cette conclusion s'applique d'ailleurs tant à l'état photoréfractaire aux JC (Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1987) qu'à celui aux JL (Malpaux *et al.*, 1988a).

Par contre, il faut comprendre que le moment à partir duquel un animal devient photoréfractaire n'est pas absolu. Il dépend, en fait, de l'exposition précédente de l'animal à la photopériode. Ainsi, l'exposition d'un animal à une photopériode encore plus courte que celle déjà administrée (ex. : 8 h de lumière au lieu de 12 h) permettra d'allonger quelque peu la saison sexuelle en retardant l'état photoréfractaire (Malpaux *et al.*, 1988b). Ainsi, l'effet décroissant de la longueur du jour à l'automne permettrait de retarder l'apparition de l'état photopréfractaire et d'obtenir une saison sexuelle d'une durée normale et adéquate (Malpaux *et al.*, 1988b). Ces phénomènes peuvent être regroupés à l'intérieur du concept d'*historique photopériodique*.

2.3.3. Historique photopériodique

Il semble de plus en plus évident que l'*historique* ou le *passé photopériodique* de l'animal joue un rôle non négligeable dans la modulation de sa réponse par rapport à la photopériode à laquelle il est exposé. Ainsi, il a été démontré que des animaux soumis à une photopériode naturelle vont réagir différemment à un traitement de photopériode, selon le moment de l'année où celui-ci leur est imposé. À l'inverse, lorsque l'impact de l'historique est atténué en soumettant, au préalable, les animaux à une photopériode constante, il est possible d'uniformiser de façon relative la différence observée suite à un traitement de photopériode artificielle, laissant présager un impact de l'historique (Sweeney *et al.*, 1997a; Sweeney *et al.*, 1997b).

Les premières études menées à ce sujet ont montré que le signal photopériodique n'est pas compromis par un historique photopériodique différent. En effet, lors de leur expérimentation, Robinson et Karsch (1987) ont d'abord soumis les brebis à l'une ou l'autre des photopériodes de base soit 16 heures de lumière et 8 heures de noirceur (16L : 8N) ou 10 heures de lumière et 14 heures de noirceur (10L : 14N). Par la suite, les animaux sous 16L : 8N ont vu leur photopériode réduite de trois heures alors que ceux soumis à 10L : 14N ont profité d'une augmentation de trois heures de lumière. Les deux groupes se retrouvant ainsi à 13L : 11N.

Suite à ce changement, les brebis 16L : 8N ont montré une reprise de leur activité sexuelle alors que les animaux 10L : 14N ont cessé leur activité. Puisque la durée d'éclairement était la même, leur historique photopériodique récent expliquerait cette différence de réponse. Les patrons de sécrétion de mélatonine étaient d'ailleurs les mêmes pour les deux groupes de brebis, indiquant une sécrétion normale et identique. De plus, la direction du changement lumineux (réduction versus augmentation) semble fournir certaines informations à l'animal pour la compréhension de son environnement lumineux. C'est donc dire qu'une seule et même photopériode a entraîné des réponses radicalement opposées selon l'historique photopériodique récent de l'animal.

Il semble, par contre, que la glande pinéale ne soit pas nécessaire à la formation de l'historique photopériodique. La formation de celui-ci serait donc indépendante de la transduction du message par la glande pinéale (Barrell *et al.*, 2000). Quoi qu'il en soit, il est maintenant évident que les expositions photopériodiques préalables de l'animal auront un effet sur la façon dont il réagira (Robinson et Karsch, 1987; Sweeney *et al.*, 1997a; Sweeney *et al.*, 1997b).

2.3.4. Alternance jours courts, jours longs

L'ensemble des phénomènes décrits précédemment mène indéniablement au concept d'alternance entre JC et JL, principe de base de tout programme photopériodique. Puisque la photopériode synchronise le rythme endogène sur une période correspondant à une année et que la continuité des JC ou JL entraîne un état réfractaire, on comprend alors facilement la nécessité d'avoir une alternance entre ces deux types de photopériode. Cette succession de JC et de JL permet de photosensibiliser à nouveau les animaux au signal externe de la photopériode.

Plusieurs expériences ont montré qu'il était possible de recréer artificiellement une saison sexuelle afin d'accélérer le rythme sexuel ou tout simplement de synchroniser l'activité sexuelle à une période déterminée. Ainsi, Legan et Karsch (1980) ont montré qu'une alternance de 90 jours ou de 120 jours entraînait également une alternance accélérée entre périodes d'œstrus et d'anœstrus (Figure 2.6). Par contre, ce type d'alternance n'entraîne pas

une réponse immédiate. En effet, on observe un certain délai entre le changement de photopériode et la réponse de la LH. Lors du passage en JC, les brebis mettent entre 40 et 60 j avant de voir leur niveau de LH augmenter (Karsch *et al.*, 1984). À l'inverse, le passage en JL inhibe l'activité sexuelle dans un délai de 20 à 30 j (Karsch *et al.*, 1984).

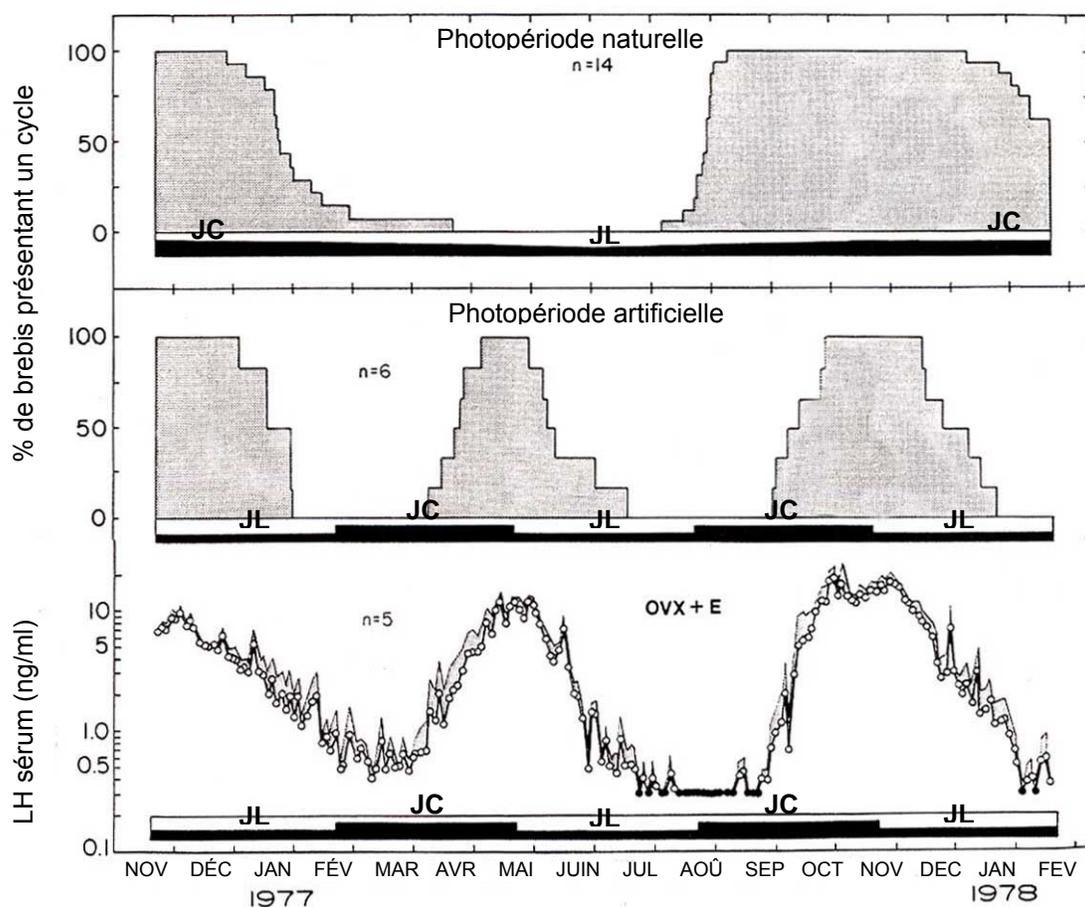


Figure 2.6. Synchronisation de la saison sexuelle et changement dans la sécrétion de la LH sous un régime de photopériode accélérée (90 jours de JL / 90 jours de JC)

(Adaptée de Legan et Karsch, 1980)

En résumé, il faut comprendre que tous les phénomènes expliqués précédemment s'emboîtent les uns dans les autres afin de créer la saisonnalité de la reproduction chez les ovins. Ainsi, le passage à la saison sexuelle serait en fait un processus relié à plusieurs facteurs incluant le rythme endogène, modulé par la photopériode, le passé photopériodique et l'état photoréfractaire. La combinaison de l'ensemble de ces phénomènes serait d'ailleurs

la même pour ce qui est du passage à l'anœstrus. Le résultat final est donc que la photopériode régule de façon temporelle la reproduction saisonnière en créant un changement de la réponse de l'axe hypothalamo-hypophysaire. L'action de la photopériode est donc couplée au concept de la rétroaction négative de l'œstradiol afin de gouverner la saison sexuelle. En définitive, ils agissent tous deux sur la sécrétion de la GnRH. De plus, les JC pourraient réduire la sensibilité de l'animal à la rétroaction négative de l'œstradiol alors que les JL augmenteraient cet effet des œstrogènes (Legan et Karsch, 1980).

2.4. AUTRES EFFETS DE LA PHOTOPÉRIODE CHEZ LA BREBIS

2.4.1. Effet sur le métabolisme basal

D'un point de vue plus général, il semble que la longueur du jour a un effet direct sur le métabolisme basal des brebis. Ainsi, une étude réalisée par Walker *et al.* (1991) montre un patron cyclique du métabolisme de production de chaleur chez la brebis. Ce métabolisme de production de chaleur serait maximal lorsque la longueur du jour augmente. Avant cette étude, il avait été démontré qu'il existait un patron cyclique saisonnier du métabolisme, celui-ci étant maximal en été et minimal en hiver. Par contre, aucune donnée n'avait permis d'affirmer que ce cycle était régulé par la durée du jour (Blaxter et Boyne, 1982). En appui à ce concept, Kay (1985) avait également noté que le métabolisme basal était maximal en été tout comme le rythme cardiaque tant chez l'ovin que chez le cerf.

Par contre, l'étude de Iason *et al.* (1994) n'a pas réussi à montrer d'effet saisonnier significatif sur le métabolisme basal des brebis malgré l'observation d'une certaine tendance saisonnière. De plus, cette étude a permis de montrer que les races ayant un comportement saisonnier plus marqué (Scottish Blackface et Shetland) avaient également un cycle saisonnier du métabolisme basal plus prononcé en comparaison à une race moins saisonnière (Dorset Horn).

2.4.2. Effet sur le comportement alimentaire et sur l'alimentation

La prise alimentaire des ovins semble suivre un patron saisonnier, logique et adaptatif. En effet, les ovins consomment davantage d'aliments en photopériode de JL, soit l'été et une

quantité plus faible en hiver donc en JC (Blaxter et Gill, 1979; Brinklow et Forbes, 1984; Iason *et al.*, 1994). Ce comportement alimentaire photopériodique posséderait les mêmes fondements évolutifs que la reproduction saisonnière. En effet, les animaux des zones tempérées ont tout avantage à puiser le maximum de réserves pendant l'été, dû à la présence abondante de nourriture. Ceci leur permettra de faire face aux rigueurs du climat hivernal qui suivra l'abondance estivale (Kay, 1985). En ce sens, la prise alimentaire des animaux adultes, tout comme celle des autres ovins, est influencée par la photopériode. Bien qu'il ait été avancé que les JL favoriseraient la prise alimentaire de par le fait que les animaux ont une période plus longue pendant laquelle ils peuvent voir leurs aliments (Forbes, 1982), il semble qu'il n'en soit rien. En effet, il a été démontré que les ovins assimilent une proportion significative de leurs aliments pendant les heures de noirceur (Forbes, 1982).

Afin de bien distinguer l'effet de la saison de l'effet de la photopériode, certains auteurs ont soumis des béliers de différentes races à une photopériode artificielle de six mois de JL (16L : 8N) et six mois de JC (8L : 16N) avec une transition graduelle (Kay, 1979; 1985). Très rapidement, ils ont remarqué une adaptation du cycle de la consommation volontaire de matière sèche (CVMS) synchronisé sur la nouvelle photopériode imposée. La CVMS demeure donc maximale en JL et minimale en JC en suivant un cycle de six mois. Évidemment, la réponse n'est pas immédiate mais bien décalée (60 à 90 jours) constituant ainsi une réponse typique au patron photopériodique, surtout observable chez les races très saisonnières comme la Soay (Figure 2.7).

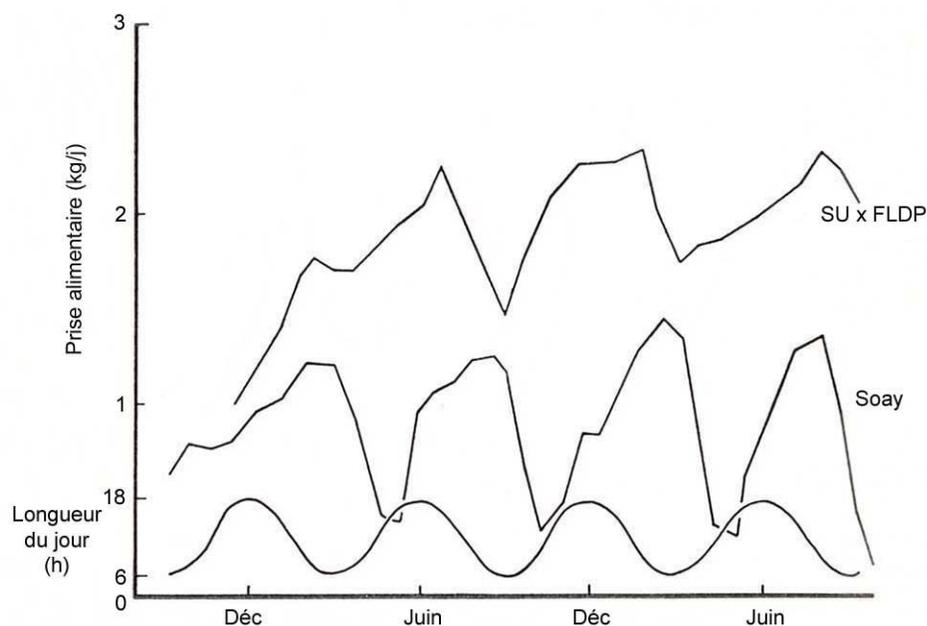


Figure 2.7. Effet de la photopériode sur la prise alimentaire des béliers de génotype Suffolk x (Finnois x Dorset) et Soay

(Adaptée de Kay, 1985)

Une étude de Brown *et al.* (1979) a également montré que la CVMS était directement reliée à la photopériode. Pour ce faire, les auteurs ont utilisé un protocole similaire à celui de Kay (1979; 1985). Ils ont donc soumis des béliers à une alternance de six mois de JL et six mois de JC en réclusion totale. Ils ont observé que le cycle de la CVMS s'est parfaitement synchronisé à celui de la photopériode, la CVMS étant, encore une fois maximale en JL et minimale en JC. Afin de valider la corrélation possible entre la CVMS et la photopériode, Brown *et al.* (Brown *et al.*, 1979) ont soumis au même protocole des béliers castrés. Ces béliers ont démontré le même patron de prise alimentaire que leurs congénères physiologiquement intacts. Enfin, des dosages hormonaux de testostérone, de prolactine et d'hormone de croissance (GH : *growth hormone*) n'ont pas permis d'observer une corrélation entre ces hormones et la CVMS.

Cette augmentation de la CVMS est également observable chez au moins une autre espèce pourtant beaucoup moins saisonnière que les ovins. Ainsi, plusieurs études effectuées chez la vache laitière ont montré une augmentation significative de la prise alimentaire lorsque

les animaux sont soumis à une photopériode de JL (Peters *et al.*, 1981; Tucker, 1985; Bilodeau *et al.*, 1989; Miller *et al.*, 1999; Dahl *et al.*, 2000). La présence d'un patron récurrent tant chez les espèces de JC que chez celles de JL montre bien toute l'implication du caractère évolutif et nécessaire de l'effet de la photopériode.

2.4.3. Effet sur la sécrétion de la prolactine

La prolactine est une hormone sécrétée par l'adénohypophyse. Elle est surtout impliquée dans les mécanismes reliés à la lactation chez les mammifères. Par contre, son influence pourrait également toucher plusieurs autres systèmes. Malheureusement, ses différents rôles ne sont que très peu connus à ce jour. Cependant, de plus en plus d'évidences portent à croire que la prolactine serait impliquée dans la croissance de la laine, la croissance corporelle et la prise alimentaire (Choy *et al.*, 1995; Notter et Chemineau, 2001). De plus, elle pourrait avoir un effet sur la réaction des animaux en condition de stress thermique et sur la croissance fœtale (Schillo *et al.*, 1978; Fitzgerald *et al.*, 1982; Schanbacher *et al.*, 1982; Wayne *et al.*, 1990).

Il semblerait également que la sécrétion de prolactine aurait une composante génétique. Une récente étude de Notter et Chemineau (2001) a montré un lien entre les concentrations plasmatiques de prolactine chez les brebis et les valeurs d'élevage estimées (VÉE) maternels pour la fertilité et le poids à la naissance. Ainsi, les sujets présentant des concentrations sanguines supérieures de prolactine avaient également des aptitudes génétiques favorables pour ces caractères.

La sécrétion de la prolactine suit un rythme circadien et saisonnier. En effet, la concentration plasmatique de prolactine est significativement plus élevée en photopériode de JL qu'en photopériode de JC (Bocquier *et al.*, 1990; Francis *et al.*, 1997; Sweeney *et al.*, 1999). La photopériode semble donc jouer un rôle dans le patron de sécrétion de cette hormone. Il existe également un effet saisonnier pouvant être relié à d'autres facteurs que la photopériode. Les concentrations de prolactine sont donc maximales au printemps et à l'été et minimales au cours de l'automne et de l'hiver (Brown et Forbes, 1980; Symons *et al.*, 1983; Karsch *et al.*, 1989; Jansen et Jackson, 1993).

Ce rythme photopériodique suggère un effet possible de la mélatonine qui synchroniserait ce phénomène endocrinien avec la durée du jour. En effet, la mélatonine étant l'hormone responsable de la transduction du signal lumineux dans le processus de reproduction saisonnière, il est possible que celle-ci joue un rôle similaire dans le cas de la prolactine. D'ailleurs, certaines études ont montré que la régulation de la prolactine pourrait se faire à l'aide de la mélatonine par l'entremise du pars tuberalis (Lincoln et Clarke, 1994; Malpaux *et al.*, 1995; Hazlerigg *et al.*, 1996). En effet, cette section de l'hypophyse antérieure possède la plus haute densité de sites de liaison pour la mélatonine. Cette forte densité sous-tend qu'une grande quantité de mélatonine peut être présente et qu'il peut y avoir une forte transduction du message photopériodique. Malheureusement, ce secteur n'aurait que peu d'impacts sur la reproduction des brebis. La présence de ces sites serait donc principalement liée à l'effet de transduction de la mélatonine pour la modulation de la sécrétion de prolactine (Lincoln et Clarke, 1994; Malpaux *et al.*, 1995).

2.4.4. Effet sur la production laitière

2.4.4.1. Production laitière chez la brebis et les autres espèces

Malgré le faible nombre d'études effectuées sur le sujet, il semble qu'une photopériode de JL permette une augmentation de la sécrétion lactée (Bocquier *et al.*, 1986; Bocquier *et al.*, 1990; Bocquier *et al.*, 1997). Par contre, les raisons physiologiques permettant d'expliquer ce phénomène sont aujourd'hui encore mal connues. L'augmentation de la sécrétion lactée en JL pourrait être due à une augmentation de la prise alimentaire, à un changement du métabolisme énergétique, à une modification hormonale ou à un effet direct de la lumière.

Une première étude réalisée par Bocquier *et al.* (1986) chez des brebis Préalpes du Sud a montré que la production laitière augmentait de 52 % au troisième jour de la traite lorsque ces brebis étaient exposées aux JL (15,5L : 8,5N) de six semaines avant l'agnelage jusqu'à huit semaines après. Cette différence disparaissait toutefois après un mois de lactation. Lors d'un deuxième essai (Bocquier *et al.*, 1986), l'augmentation avait été de l'ordre de 30 %, confirmant ainsi les premières observations. De plus, la différence s'était cette fois-ci maintenue étant de 20 % supérieure en JL à 30 et 60 jours de lactation. Également, cette étude montre que l'orientation des nutriments est modifiée par la photopériode. Au cours

des deux essais, la proportion d'énergie disponible prélevée par la mamelle pour la sécrétion du lait a été de 88 % en JL par rapport à 69 % en JC pour le premier essai et de 94 % par rapport à 86 % pour le deuxième. Selon les auteurs, ces résultats sont satisfaisants pour conclure à un effet de la photopériode sur le métabolisme énergétique et sur la production lactée.

Par contre, afin d'observer l'effet positif de la photopériode en période de lactation, il semble qu'il faille que le traitement soit appliqué tôt avant l'agnelage. Ainsi, Bocquier *et al.* (1990) n'ont pas remarqué d'effet sur la quantité de lait produite au cours d'une lactation de cinq semaines lorsque le changement JC/JL s'effectuait le jour même de l'agnelage. Il pourrait donc y avoir là encore, un délai de réponse entre l'application d'une nouvelle photopériode et son effet. Dans cette étude, les auteurs avaient utilisé des brebis Préalpes du Sud. Ces brebis, d'abord sous photopériode naturelle de 13L : 11N ont été transférées à l'agnelage sous une photopériode de JC (8,5L : 15,5N) ou de JL (15,5L : 8,5N). Les auteurs ont cependant remarqué un effet photopériodique significatif sur la composition protéique du lait. Les brebis soumises à un traitement de JL présentaient 4,9 g de protéines par litre de moins que celles en JC. Cette fois encore, ce changement semble relié à une modification du métabolisme. En effet, la composition corporelle chimique des brebis mesurée *in vivo* en utilisant l'oxyde de deutérium a elle aussi été affectée par la photopériode de JL (Bocquier *et al.*, 1990).

Enfin, plus récemment, une étude de Bocquier *et al.* (1997) a également confirmé l'augmentation de la production laitière en photopériode de JL. Au cours de l'essai, les brebis en JL (15,5L : 8,5N) ont produit en moyenne 1,21 litres/jour de plus que celles en JC (8,5L : 15,5N), soit un écart relatif de 25 % pour une photopériode imposée 25 jours avant l'agnelage. De plus, dans un autre volet, certaines brebis ont été soumises à un changement brusque de la photopériode au cours de la lactation (150 jours après l'agnelage) représentant, selon le cas, une augmentation ou une diminution de la durée d'éclaircissement. Celles qui ont vu leur durée d'éclaircissement réduire, ont montré une chute drastique de production. Dans les 30 jours suivant le changement, la sécrétion a chuté de 0,468 litre/jour. Par contre, dans cette même période, la prise alimentaire s'est ajustée très

lentement, c'est donc dire que la chute de production n'était pas directement reliée à l'ingestion, mais bien au changement photopériodique. Tout comme pour l'étude de Bocquier *et al.* (1986), un protocole imposant des JL tôt avant l'agnelage a permis aux brebis de race Sarde d'augmenter leur production laitière (Bocquier *et al.*, 1997).

L'effet de la photopériode sur la production laitière n'est pas exclusif aux ovins. Les caprins sont également très sensibles à la photopériode et leur production lactée est influencée au même titre que celle des ovins (Terqui *et al.*, 1984). On observe également des effets chez des espèces beaucoup moins saisonnières. Chez la truie, par exemple, il existe au moins une étude ayant démontré un effet de la photopériode sur la production laitière. Ainsi, Mabry *et al.* (1982) ont montré qu'une photopériode de type 16L : 8N permettait d'augmenter significativement la production laitière par rapport à 8L : 16N. Par contre, dans une seconde étude comparant ces deux types de régimes lumineux, les chercheurs n'ont pas réussi à démontrer une différence significative entre les deux traitements, ce qui laisse présager une grande variabilité dans la réponse des truies à la photopériode (Mabry *et al.*, 1982).

L'effet de la photopériode sur la production des vaches laitières est un phénomène connu et bien documenté. En effet, plusieurs études ont montré qu'une photopériode de JL (de plus de 12 heures de lumière) permettait d'augmenter la production des vaches laitières (Peters *et al.*, 1981; Stanisiewski *et al.*, 1985; Bilodeau *et al.*, 1989; Phillips et Schofield, 1989; Miller *et al.*, 1999; Reksen *et al.*, 1999; Dahl *et al.*, 2000). En moyenne, on observe une augmentation de l'ordre de 2,5 kg de lait par vache par jour pour une exposition de 16L : 8N (Dahl *et al.*, 2000). L'augmentation varie cependant entre 0,5 (Reksen *et al.*, 1999) et 3,3 kg (Phillips et Schofield, 1989) selon les auteurs. Enfin, certains auteurs ont également observé un effet sur la composition du lait. Ainsi, les JL réduiraient la quantité de matières grasses présentes dans le lait de l'ordre de 0,16 % (Stanisiewski *et al.*, 1985; Tucker, 1985) à 0,18 % (Phillips et Schofield, 1989). Évidemment, cette réduction pourrait être due, du moins en partie, à l'augmentation de la production laitière. Par contre, plusieurs études n'ont pas réussi à montrer d'effet sur la composition du lait (Peters *et al.*, 1981; Bilodeau *et al.*, 1989; Miller *et al.*, 1999).

Un autre point permettant de suspecter que la photopériode a un impact direct sur la sécrétion lactée est la corrélation positive avec la prolactine. En effet, chez les mammifères, la prolactine est considérée comme étant l'hormone de la lactation (Lamming *et al.*, 1974; Mabry *et al.*, 1982; Dahl *et al.*, 2000). Comme il a été mentionné précédemment, une augmentation de la prolactine est observée en photopériode de JL (Symons *et al.*, 1983; Karsch *et al.*, 1989; Jansen et Jackson, 1993; Sweeney *et al.*, 1999). Il pourrait donc exister un lien endocrinien direct entre l'augmentation de la production laitière et l'augmentation de la durée d'éclairément. Par contre, une étude effectuée chez la vache laitière a montré qu'un apport de prolactine exogène sans égard au stade de lactation n'entraînait pas d'augmentation de la production laitière, malgré le fait que la concentration de prolactine sérique était significativement augmentée (Plaut *et al.*, 1987). L'augmentation de la prolactine pourrait donc être reliée à l'augmentation de la production laitière mais elle n'en serait pas responsable.

Bien que la GH soit une hormone bien connue pour augmenter la production laitière, il semble que dans un contexte photopériodique elle ne soit pas l'hormone clé (Dahl *et al.*, 2000). En effet, presque toutes les études, à l'exception d'une seule, ont montré que la photopériode n'avait aucun effet sur la sécrétion de la GH. Ainsi, autant chez les agneaux (Forbes *et al.*, 1979b; Francis *et al.*, 1997) que chez les brebis (Bocquier *et al.*, 1990) ou que chez les bovins (Peters *et al.*, 1981; Zinn *et al.*, 1986), la GH ne varie pas en fonction de la photopériode. Barenton *et al.* (1988) sont les seuls à ce jour à avoir obtenu une augmentation de la GH en corrélation avec une augmentation de la longueur du jour. Tout de même, une étude de Bocquier *et al.* (1990) n'avait pas trouvé de différence significative pour les concentrations de GH mais les auteurs avaient remarqué un effet photopériodique sur l'amplitude de la sécrétion de la GH.

Certaines études tendent aujourd'hui à montrer que l'effet galactopoïétique de la photopériode pourrait être modulé par l'IGF-1 (*Insulin Like Growth Factor-1*). Malgré le fait que l'on considère généralement la GH comme étant le modulateur de l'IGF-1 et que la GH ne varie pas en fonction de la photopériode, il semble évident que l'IGF-1, elle, varie selon la longueur du jour (Francis *et al.*, 1997). En effet, des études menées chez plusieurs

espèces ont montré une action de la photopériode sur la sécrétion de l'IGF-1. Ainsi, Rhind *et al.* (2000b) et Kann (1997) ont observé que la concentration d'IGF-1 était plus élevée en JL qu'en JC chez les ovins. D'autres études sont arrivées aux mêmes conclusions soit celles de Suttie *et al.* (1991) chez le cerf rouge et celles de Walkden-Brown *et al.* (1998) et de Rhind et McMillen (1995) chez la chèvre. De plus, l'effet galactopoïétique de l'IGF-1 est une voie métabolique bien connue. Ainsi, l'IGF-1 aurait un effet stimulant sur la sécrétion du tissu épithélial mammaire (Winder *et al.*, 1989). De plus, l'IGF-1 pourrait stimuler la production de lactose dans les acini mammaires (Baumrucker, 1986). Chez les ovins, une étude de Kann (1997) a montré un effet de l'IGF-1 sur la mammogenèse et par conséquent sur la sécrétion lactée. Il existerait donc une corrélation positive entre la concentration d'IGF-1 sérique et la quantité de lait produite par l'animal. Chez la vache laitière, une étude de Dahl *et al.* (1997) a permis de mettre en évidence les relations entre la concentration sérique d'IGF-1, la quantité de lait produite par l'animal et la photopériode. Cette étude vient appuyer l'hypothèse que l'IGF-1 agirait comme modulateur de la photopériode dans l'augmentation de la production laitière chez la vache. Finalement, la preuve la plus concluante de l'effet galactopoïétique de l'IGF-1 est celle obtenue chez les caprins par Prosser *et al.* (1990). Ils ont montré qu'une infusion directe d'IGF-1 dans un quartier de la glande mammaire causait une augmentation de l'ordre de 25 ± 6 % de la sécrétion lactée par rapport à celle du quartier non infusé (14 ± 4 %), qui a tout de même profité d'une recirculation sanguine de l'IGF-1 infusée.

En définitive, il est clair que la démonstration d'un effet photopériodique sur la production laitière demeure plus simple chez des animaux de type laitier. Il en résulte un nombre plus élevé d'études effectuées chez la vache laitière, comparativement à des animaux chez qui les techniques permettant la récolte du lait s'avèrent plus laborieuses et donc moins précises.

2.4.4.2. *Techniques pour la mesure de la production laitière des brebis*

Afin d'évaluer l'effet de la photopériode sur la production laitière des brebis, il est donc important d'utiliser des méthodes de récolte du lait adaptées pour ces animaux. De façon générale, il existe deux approches en ce qui a trait à l'estimation de la production laitière chez la brebis, soit les méthodes utilisant l'agneau et celles relatives aux brebis. Les

techniques reliées à l'agneau se font par mesure de l'ingestion de lait faite par l'agneau. Ces mesures sont dites indirectes et représentent le potentiel de production relatif des brebis. Elles utilisent un différentiel de poids chez l'agneau ou encore un marquage radioactif du lait ingurgité (Coombe *et al.*, 1960; Wright *et al.*, 1974; Benson *et al.*, 1999). Ensuite, il existe une méthode reliée à la brebis elle-même, donc directe, qui permet d'évaluer le potentiel réel de production. Il s'agit ici d'effectuer la traite de façon manuelle ou automatique (Moore, 1962; Doney *et al.*, 1979).

La technique directe comporte tout de même certaines difficultés et engendre un stress chez les races bouchères, peu habituées à ce type de manipulation. En effet, les races bouchères ne sont généralement traitées que par leurs petits (Doney *et al.*, 1979). Les trayeuses et la manipulation individuelle que la technique demande ne font pas partie du quotidien de ces brebis ce qui peut engendrer un stress important. Ainsi, afin de s'assurer que le stress n'empêche pas la brebis d'éjecter son lait, une injection d'ocytocine est nécessaire (Boyazoglu, 1963).

La technique indirecte, par mesure d'ingestion du lait par l'agneau, peut être exécutée avec la méthode de pesée-tétée-pesée (weigh-suckle-weigh) ou par marquage radioactif. Le marquage à l'eau tritiée permet de mesurer la quantité de lait ingéré (Wright *et al.*, 1974). Les agneaux reçoivent une injection d'eau tritiée, ce qui marque de façon radioactive l'eau déjà présente dans l'animal. À partir de ce moment, toute nouvelle eau non marquée proviendra du lait ingéré. Par équation, il est possible de calculer la quantité de lait ingéré. La technique de pesée avant et après la tétée possède aujourd'hui l'avantage d'être plus simple et de ne nécessiter aucune injection. Elle repose toujours sur le même principe. Tout d'abord, les agneaux sont séparés des mères pour une période déterminée. Ils vidangent ensuite le pis des mères et sont séparés à nouveau. Suite à cette deuxième période de séparation, ils sont pesés puis retournés avec leur mère. Les agneaux sont ensuite pesés à nouveau. La différence de poids correspond au lait ingéré, et donc, au lait produit par la mère. Par contre, cette technique ne permet généralement pas la vidange complète du pis et ne peut donner une mesure définie et comparable entre les études. De plus, selon Coombe *et al.* (1960), il semblerait que cette méthode tende à sous-estimer la quantité de lait

produite surtout chez les jeunes agneaux. Au cours de cette étude, les deux méthodes avaient été comparées et des moyennes significativement supérieures avaient été obtenues pour la méthode avec injection d'ocytocine. Par contre, la méthode a beaucoup évolué au cours du temps. Boyazoglu (1963) fait d'ailleurs état des modifications et des améliorations apportées à la technique depuis 1904. Cependant, il la qualifiait encore de peu pratique et d'assez imprécise. À cette époque, la méthode s'échelonnait sur une période de 24 heures (période de séparation de 12 heures) et demandait beaucoup de temps et de manipulations.

Plusieurs chercheurs ont depuis comparé les deux méthodes avec des résultats très différents de ceux obtenus précédemment. Doney *et al.* (1979) ont expérimenté un protocole de 24 heures de prélèvements, une fois par semaine. Les périodes de séparation étaient d'une durée de cinq heures (± 5 séparations au cours de la période de 24 heures). Ils ont remarqué que les deux méthodes donnaient des résultats similaires sans différence significative mais seulement à partir de la deuxième semaine de lactation. Au cours de la première semaine, les agneaux seraient trop jeunes et ne seraient pas assez vigoureux pour être capable d'ingurgiter en une seule tétée tout le lait contenu dans la mamelle. À ce sujet, Wright *et al.* (1974) avaient d'ailleurs estimé que les agneaux n'ingurgitaient que 67 % du lait de la mère la première semaine et 82 % la deuxième semaine. Par contre, dès la troisième semaine, les agneaux consommeraient 10 % de plus que la production de leur mère s'ils le pouvaient. De la même façon, Aboul-Naga *et al.* (1981) estimaient que la quantité de lait résiduel était considérable au cours de la première semaine de lactation.

Plus tard, Wohlt *et al.* (1984) ont utilisé une méthode de deux périodes de quatre heures de séparation, et ce, toutes les deux semaines. Avec cette technique, ils ont eux aussi conclu que les méthodes étaient comparables dès la deuxième semaine de lactation. Par contre, ils affirment que cette comparaison n'est valable qu'en ce qui a trait aux jumeaux et non pas aux agneaux simples. En effet, il semblerait qu'un agneau simple ne soit pas en mesure de vidanger totalement le pis avant l'âge de huit semaines.

Des études plus récentes permettent d'envisager une simplification de la méthode de la pesée. Benson *et al.* (1999) ont comparé la pesée et la traite en effectuant des prélèvements

tous les trois jours. Bien que la courbe de lactation obtenue à partir de la technique de la pesée soit plus variable, il reste que les deux techniques sont comparables. En effet, la production laitière obtenue par pesée-tétée-pesée était de $340 \pm 16,4$ g par période de trois heures alors que la moyenne mesurée à l'aide d'une trayeuse était de $351 \pm 17,7$ g. De plus, il existe une corrélation positive élevée de l'ordre de 0,79 entre les mesures effectuées à l'aide de la méthode de pesée-tétée-pesée aux trois jours et celles effectuées aux jours 15, 33 et 54. Finalement, Cardellino et Benson (2002) ont montré que la production laitière ne variait pas de façon significative au cours d'une même journée. Selon eux, une seule séparation d'une durée de trois heures serait donc suffisante pour faire une projection de la production laitière journalière d'une brebis.

2.5. AUTRES EFFETS DE LA PHOTOPÉRIODE CHEZ L'AGNEAU

2.5.1. Effet sur le comportement alimentaire et sur l'alimentation

Comme il a été mentionné précédemment, les ovins possèdent un patron de prise alimentaire qui est saisonnier. Ainsi, les agneaux lourds en croissance ne font pas exception à la règle. D'ailleurs, plusieurs recherches font foi de cette observation. Les premières études sur le sujet ont été réalisées dans les années '70. D'abord, une étude de Forbes *et al.* (1975) a montré que la prise alimentaire des agneaux en croissance est significativement supérieure en JL par rapport aux JC. Au cours de cette étude, les auteurs ont d'abord soumis les agneaux à une photopériode de 12L : 12N. Afin d'observer l'effet de la photopériode, les agneaux ont été transférés soit en JL (16L : 8N) ou en JC (8L : 16N). Les agneaux nourris à volonté et soumis au JL ont ingéré 1596 g/j comparativement à 1455 g/j pour ceux en JC. Depuis, plusieurs autres publications ont confirmé ces conclusions (Forbes *et al.*, 1979a; Forbes *et al.*, 1979b), certaines amenant également de nouveaux éléments. Ainsi, Schanbacher et Crouse (1980) ont montré que la différence était observable autant chez les femelles que chez les mâles. Schanbacher *et al.* (1982) ont, quant à eux, conclu que la photopériode affectait la prise alimentaire, et ce, sans égard à la température. Lors de cette étude, les auteurs ont utilisé une expérience factorielle voulant évaluer les effets de la température (5, 18 et 31 °C) en fonction de la photopériode (JC vs JL). Ainsi, lorsque les deux photopériodes (JL de 16 h de lumière ou JC de 8 h de lumière) sont comparées pour une même température, la prise alimentaire (concentrés mis en

comprimés à volonté) demeure toujours plus élevée pour la photopériode de JL. À température élevée (31 °C), la consommation est réduite comparativement à une température plus fraîche. Elle demeure cependant plus élevée en JL (228 ± 16 kg/2 agneaux/14 j) qu'en JC ($156 \pm 16/2$ agneaux/14 j). Enfin, Francis *et al.* (1997) ont montré que des agneaux de plusieurs génotypes, qui diffèrent quant au dépôt du gras dorsal, consommaient davantage sous un régime de JL et ce sans égards au génotype. Par contre, Forbes *et al.* (1981) n'ont pas trouvé de différence significative entre les agneaux à l'engraissement en JC et ceux en JL pour la prise alimentaire. Ainsi, il semblerait que l'augmentation de la prise alimentaire en JL pourrait être une conséquence de la croissance accrue sous ce régime lumineux plutôt que la cause de cette croissance (Kay, 1985).

Enfin, d'un point de vue endocrinien, une hormone, la leptine, semble de plus en plus pointée comme étant un facteur de régulation de la prise alimentaire de par son interaction avec la composition corporelle. La leptine est sécrétée directement par les adipocytes et sa sécrétion est directement proportionnelle à la quantité de tissus adipeux présents. De par ce fait, il est évident que la sécrétion de leptine peut être reliée de près ou de loin à la composition adipeuse des animaux. En effet, son rôle au sein de l'organisme serait de fournir au système nerveux ainsi qu'aux différents systèmes de régulation de l'information sur les statuts nutritionnel et physiologique (Daniel *et al.*, 2002). Enfin, la variation du poids corporel, et donc du niveau de leptine, entraîne une modification des gènes responsables des processus neurosécrétoires reliés à la régulation de la prise alimentaire (Clarke *et al.*, 2001).

En général, l'effet de la photopériode sur la composition corporelle des animaux n'est que très peu connu. Par contre, il devient de plus en plus évident que la leptine pourrait être influencée par la photopériode. En ce sens, elle varierait dans un patron similaire à celui de la prolactine suggérant éventuellement un lien possible entre ces deux hormones (Bocquier *et al.*, 1998). Par contre, le rôle de la photopériode reste ambigu. En effet, puisque la prise alimentaire semble augmentée en période de JL, la variation de la leptine pourrait être liée à ce facteur. D'ailleurs, dans une étude de Marie *et al.* (2001), les auteurs ont remarqué une hausse de la sécrétion de leptine en période de JL corrélée avec une augmentation de la

prise alimentaire. En effet, l'augmentation de la prise alimentaire entraîne généralement une augmentation du poids et de l'adiposité. De plus, une étude de Ehrhardt *et al.* (2003) indique que les taux de leptine plasmatique chez l'agneau préruminant (de moins de 120 jours) seraient influencés principalement par la nutrition et l'adiposité. La question reste donc en suspend à savoir si la photopériode exerce un effet direct sur la leptine ou indirect de par son effet sur la prise alimentaire.

2.5.2. Performances de croissance et qualité de la carcasse

Généralement, les auteurs s'accordent à dire que le poids et le gain moyen quotidien des agneaux sont plus élevés en photopériode de JL (Forbes *et al.*, 1979a; Forbes *et al.*, 1979b; Brown et Forbes, 1980; Schanbacher et Crouse, 1980; Schanbacher *et al.*, 1982; Brinklow et Forbes, 1984; Brinklow *et al.*, 1984). Ainsi, une première étude de Forbes *et al.* (1979a) a montré une augmentation du gain sous une photopériode de JL de 16 h de lumière (25,5 kg de gain en JL vs 17,1 kg de gain en JC) lorsque les agneaux étaient nourris à volonté (aliment complet). Lorsque les agneaux recevaient une alimentation restreinte (aliment complet), les JL ont conservé leur avantage (22,6 kg de gain en JL vs 13,7 kg de gain en JC) (Figure 2.8).

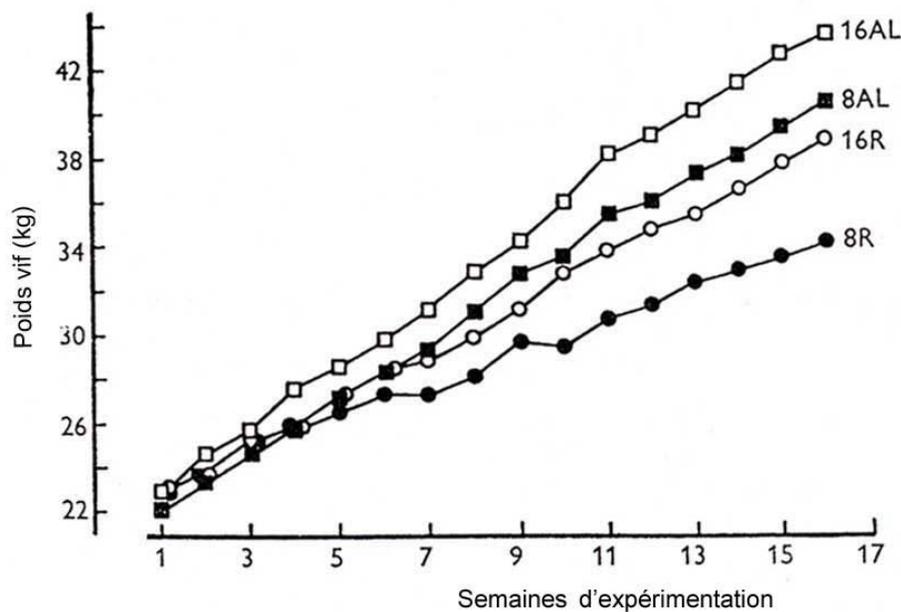


Figure 2.8. Effet de la photopériode sur le poids vif des agneaux en fonction du niveau d'alimentation (\square 16AL : 16 heures de lumière et alimentation *ad libitum*, \blacksquare 8 AL : 8 heures de lumière et alimentation *ad libitum*, \circ 16R : 16 heures de lumière et alimentation restreinte, \bullet 8R : 8 heures de lumière et alimentation restreinte)

(Adaptée de Forbes *et al.*, 1979b)

Une étude de Schanbacher et Crouse (1980) arrive également à des conclusions similaires. Lors de cette expérimentation, les agneaux soumis à des JL de 16 h de lumière en période post-sevrage (sevrage à l'âge de 8 semaines) ont effectué un gain de 31,5 kg alors que celui des agneaux en JC était de 26,9 kg. À l'opposé, il existe tout de même une étude qui n'est pas parvenue à montrer d'effets significatifs de la longueur du jour sur les performances post-sevrage (sevrage à l'âge de 67 jours) des agneaux en croissance (Hahn *et al.*, 1987).

Une observation faite par Forbes *et al.* (1975) pourrait cependant expliquer les différences de gain entre JL et JC. Dans cette étude, ils ont remarqué que les JL causaient une augmentation de la « sécrétion protéique » chez les agneaux en croissance. Par contre, certains auteurs affirment que la différence de poids serait due, en majeure partie, à une augmentation du poids du système digestif et de la toison (Forbes *et al.*, 1979b; Forbes *et al.*, 1981; Tucker *et al.*, 1984).

Il semble donc qu'une exposition aux JL stimulerait la croissance. De plus, on remarque qu'un éclairage de 16L : 8N augmente le poids de la peau, de la tête et des membres chez les agneaux, indiquant un effet global sur la croissance (Forbes *et al.*, 1979b; Forbes, 1982). Ces observations ont d'ailleurs été renforcées par celles de Francis *et al.* (1997) qui ont remarqué que les agneaux élevés en JL présentaient des jarrets postérieurs plus lourds que ceux d'agneaux élevés en JC.

Enfin, aucune étude n'a réussi à montrer une amélioration ou une détérioration de l'efficacité alimentaire ou de la conversion alimentaire liées à la photopériode. Au mieux, Schanbacher *et al.* (1982) ont observé une tendance à obtenir une meilleure efficacité alimentaire en photopériode de JL, tout comme Forbes (1982).

Le lien physiologique liant la photopériode à la croissance reste encore aujourd'hui méconnu. La prolactine a longtemps été pointée comme étant l'hormone impliquée dans l'effet de la lumière sur la croissance des agneaux (Eisemann *et al.*, 1984a, b). Suite à une étude de Eisemann *et al.* (1984a), il a été montré qu'il n'en était rien. Dans cette étude, les auteurs ont comparé l'effet de l'injection de prolactine (injection et placebo) sur des agneaux élevés en JC (8L : 16N) ou en JL (16L : 8N). Ainsi, les animaux soumis à une photopériode de JC et recevant de la prolactine exogène n'ont pas réalisé de gain supplémentaire ce qui invalide donc l'hypothèse.

En ce qui a trait à l'effet de la longueur du jour sur la qualité des carcasses, une étude de Forbes *et al.* (1979b) a montré que l'exposition à différentes photopériodes n'avait pas d'effet sur le dépôt interne de gras. Par contre, l'exposition des animaux à une photopériode de JL (16L : 8N) aurait tendance à produire une carcasse plus longue, plus large et plus lourde (1,1 kg) que celle des animaux ayant reçu une photopériode de JC (8L : 16N). Une autre étude de Schanbacher et Crouse (1980) a montré que les carcasses obtenues en JL (16L : 8N) étaient en moyenne 2,9 kg plus lourdes par rapport à celles d'animaux élevés en photopériode de JC (8L : 16N) de par le fait que ces animaux étaient plus lourds à l'abattage, la photopériode ayant eu un effet significatif sur la croissance. Francis *et al.* (1997) ont montré qu'une photopériode de JL entraînait une présence plus faible de gras

périréal dans la carcasse. Enfin, Forbes *et al.* (1981) ont trouvé que les carcasses étaient significativement plus maigres chez les animaux élevés en JL (16L : 8N) et ce, malgré une quantité d'aliments ingérés identique entre les traitements. Cette affirmation est d'ailleurs logique puisque les animaux recevant la même quantité d'aliments, mais ayant une croissance supérieure ont forcément moins d'énergie disponible pour le dépôt de gras (Forbes, 1982). Bien que certains paramètres soient modifiés de façon ponctuelle, il semble que dans une optique plus générale, la photopériode n'affecte pas la composition de la carcasse mesurée de façon directe ou chimique ni le métabolisme lipidique mesuré *in vitro* (Forbes, 1982; Eisemann *et al.*, 1984a, b).

Chez l'espèce bovine, les études tendent également à montrer qu'une photopériode de JL favorise la croissance (Peters *et al.*, 1978; Petitclerc *et al.*, 1984). L'exposition aux JL permettrait même une augmentation du contenu protéique de la carcasse chez les génisses prépubères (Petitclerc *et al.*, 1984). Par contre, ces études ont été réalisées chez des bovins laitiers de race Holstein. Chez les races bouchères, une étude de Zinn *et al.* (1989) n'a pas réussi à montrer d'effet, autant sur la croissance que sur la composition de la carcasse.

2.6. INTENSITÉ LUMINEUSE

L'intensité lumineuse est un concept physique permettant de décrire l'intensité émise par une source de lumière. L'unité de mesure généralement utilisée et reconnue par le système international est le lux. Jadis, une autre unité de mesure était utilisée, le pied chandelle (*foot-candle*). Comme son nom l'indique, cette unité faisait référence à l'intensité lumineuse d'une chandelle standardisée brûlant à une distance d'un pied d'une surface donnée. Il faut noter que le *lux* tire son origine de la méthode utilisant une chandelle standardisée. En effet, 1 lux correspond à l'illumination d'une surface située à un mètre de cette même chandelle.

2.6.1. Effet de l'intensité lumineuse sur les brebis

Il existe très peu de travaux effectués sur l'effet de l'intensité lumineuse chez les ovins. Cette absence d'information sur le sujet entraîne une grande variabilité des intensités utilisées lors des expérimentations sur les effets de la photopériode. En effet, la majorité

des auteurs utilisent des valeurs d'intensité de l'ordre de 50 à 600 lux⁴, ce qui semble suffisant pour obtenir une réponse reproductive appropriée (Arendt et Ravault, 1988). De plus, la majorité d'entre eux utilisent des valeurs très élevées, leur assurant ainsi un certain seuil de sécurité. En ce sens, Forbes (1982) avance l'hypothèse qu'une démarcation très nette entre le jour et la nuit est nécessaire. Il croit ainsi qu'une intensité de 100 lux ou moins serait insuffisante pour permettre à l'animal de la considérer comme étant le jour. Par contre, une étude réalisée par Cameron (2006) a permis de montrer qu'une intensité de l'ordre de 15 lux était suffisante pour initier le cycle reproducteur des brebis. De plus, il existe dans la littérature, quelques exemples d'expérimentations effectuées en relation avec l'intensité lumineuse et qui semble réfuter l'hypothèse émise par Forbes (1982). Le protocole utilisé pour ces expérimentations est sensiblement le même d'une étude à l'autre. On expose les ovins à un flash lumineux en période de noirceur, ce flash étant de différentes intensités selon les traitements appliqués. Arendt et Ravault (1988) ont utilisé ce protocole chez le bélier afin de déterminer la sécrétion de mélatonine selon différentes intensités lumineuses. De plus, ils ont tenté de découvrir l'intensité minimale nécessaire pour supprimer la sécrétion de mélatonine. Pour ce faire, ils ont comparé quatre différentes intensités soit 0,15; 1,02; 25,10 et finalement 88,60 lux. Ils ont montré qu'une intensité aussi faible que 1,02 lux fourni sous forme de flash lumineux pendant la nuit était suffisante pour supprimer la mélatonine. Par contre, une intensité de l'ordre 0,15 lux appliquée de la même façon ne permettait pas la suppression de la mélatonine. En effet, la sécrétion de mélatonine demeurait inchangée pendant toute la durée du flash lumineux (Figure 2.9).

⁴ Au Québec, le Règlement sur la santé et la sécurité du travail indique le niveau d'éclairage requis dans les lieux de travail. À titre d'indication, cette loi exige un minimum de 400 lux pour le travail général de bureau, un minimum de 800 lux pour du travail de précision tel que la couture et la broderie et 250 lux pour l'éclairage général d'une salle de conférence.

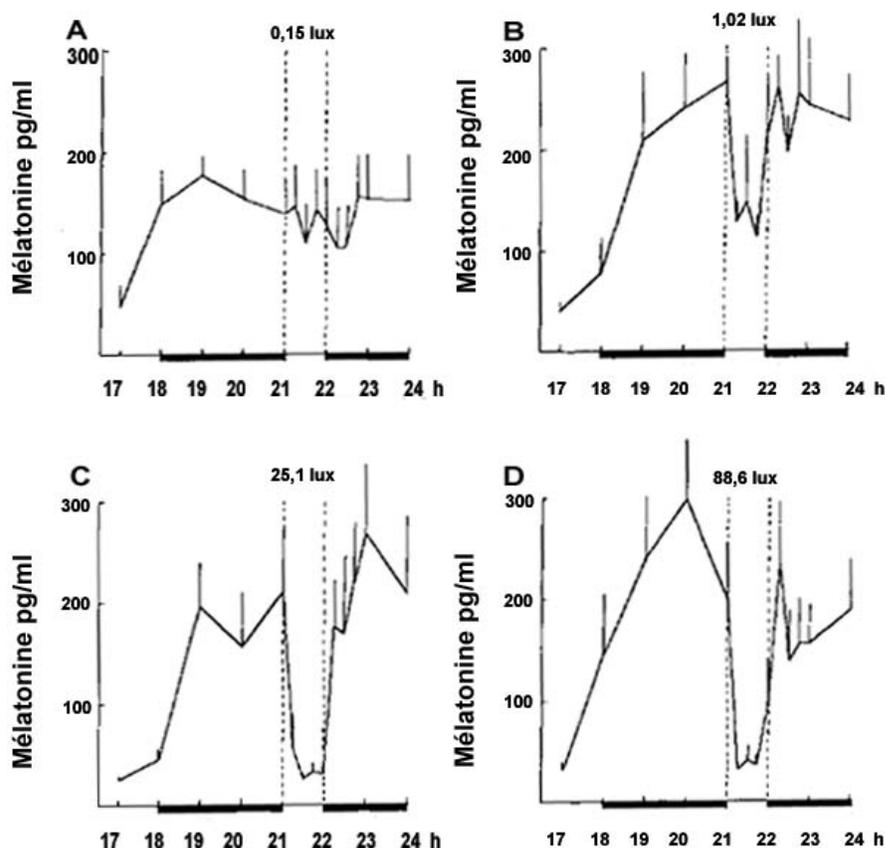


Figure 2.9. Effet d'un éclairage nocturne d'une durée de 1 h (entre 21 et 22 h) à quatre intensités lumineuses différentes sur le taux de mélatonine plasmatique de béliers Île-de-France

(Adaptée de Arendt et Ravault, 1988)

Enfin, ils ont remarqué que le pourcentage de suppression de la mélatonine était directement proportionnel à l'intensité lumineuse et qu'un plateau était atteint aux environs de 100 lux. Pour ce faire, ils ont dosé la mélatonine de trois prélèvements sanguins effectués pendant le flash lumineux et les ont comparés à trois prélèvements provenant des phases de noirceur pré et post flash lumineux. Ainsi, une intensité de 1,02 lux entraînait une suppression de la mélatonine de l'ordre de 45 % alors que 25,10 lux supprimaient 75 % de la mélatonine et que, finalement, une intensité de 88,60 lux supprimait plus de 80 % de la sécrétion originelle de mélatonine. Il existerait donc un effet de dose-réponse entre la mélatonine et l'intensité lumineuse (Figure 2.10).

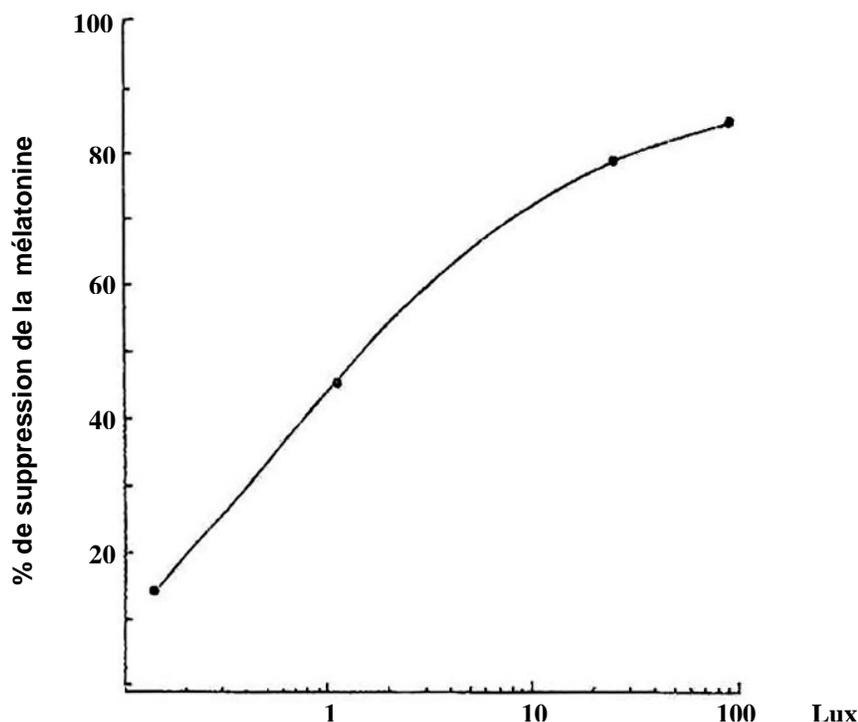


Figure 2.10. Relation observée entre l'intensité lumineuse et la suppression de la sécrétion de mélatonine

(Adaptée de Arendt et Ravault, 1988)

L'étude de Laferte *et al.* (1997), effectuée chez la chèvre, est basée sur le même protocole que celle de Arendt et Ravault (1988), mais cette fois avec des intensités de l'ordre de 20, 50 et 500 lux. Les auteurs ont constaté qu'une intensité de 20 lux était suffisante pour supprimer la sécrétion de mélatonine chez la chèvre et donc créer un effet de JL, ce qui concorde avec les résultats de Arendt et Ravault (1988). Enfin, Laferte *et al.* (1997) ont analysé la concentration de prolactine. Cette hormone varierait de façon inversement proportionnelle à l'intensité lumineuse. En effet, l'augmentation de la prolactine due au flash lumineux d'éclairement nocturne était de l'ordre de 186 % à 200 lux, 382 % à 50 lux et finalement, 520 % à 20 lux par rapport au début du traitement (sans éclairage nocturne).

Il semblerait également que le fœtus à l'intérieur de l'utérus de la brebis peut percevoir l'intensité lumineuse. En effet, le rythme photopériodique serait perçu par le fœtus. Cette perception lui permettrait d'enclencher ses processus endocriniens selon un rythme saisonnier. Le cycle lumière/noirceur lui fournirait l'information nécessaire à la régulation circadienne et saisonnière des rythmes biologiques et à la formation de son historique photopériodique (Parraguez *et al.*, 1998). C'est donc dire que le fœtus serait photosensibilisé bien avant l'agnelage. Par contre, l'intensité lumineuse perçue par le fœtus est de beaucoup inférieure à celle perçue par la mère. Ainsi, de faibles intensités lumineuses pourraient engendrer un désordre de la synchronisation du fœtus par rapport à son historique photopériodique.

2.6.2. Effet de l'intensité lumineuse sur les agneaux à l'engraissement

Bien que la plupart des chercheurs s'entendent pour affirmer que la photopériode a un effet sur les performances de croissance des agneaux, peu d'études ont porté sur l'effet de l'intensité lumineuse. Par contre, Casamassima *et al.* (1993) ont effectué une étude très approfondie sur le sujet. Ils ont comparé quatre groupes d'agnelles élevées sous des intensités de 10, 100, 500 et 1000 lux pour les performances et le comportement. Les animaux ont été suivis sur une période de six semaines post-sevrage (sevrage à 50 jours). Afin de maximiser les performances, il semblerait que l'intensité de 500 lux soit celle à privilégier. En effet, c'est sous cette intensité que les agnelles ont obtenu les meilleurs résultats pour la période d'observation quant au poids vif, au gain moyen quotidien et à la conversion alimentaire. Ainsi, entre le sevrage à l'âge de 50 jours et la fin de l'expérimentation (91 jours), les agnelles du traitement 500 lux ont effectué un gain moyen quotidien de 226,16 g/j ce qui n'était pas statistiquement différent de celles sous 1000 lux (197,96 g/j) mais différent des traitements de 10 lux (177,50 g/j) et de 100 lux (189,83 g/j). De plus, ces agnelles sont très calmes et présentent peu de comportements anormaux ou de stéréotypies. Enfin, le fait d'augmenter l'intensité au-delà de 500 lux amènerait une augmentation de l'hyperactivité et une détérioration de l'état comportemental. Les intensités plus faibles, soit de l'ordre de 10 et 100 lux, ne présentent aucune différence significative majeure entre elles outre la conversion alimentaire aux jours 71 à 91 qui était meilleure pour les agneaux élevés à 100 lux pour cette expérience.

2.6.3. Effet de l'intensité lumineuse chez les autres espèces

L'effet de l'intensité lumineuse est un phénomène mieux documenté chez d'autres espèces. Chez la volaille, par exemple, les régimes de photopériode et d'intensité lumineuse sont bien définis. Plusieurs études ont d'ailleurs été réalisées autant sur l'aspect reproduction que sur celui des animaux en croissance. Par contre, les résultats obtenus divergent souvent selon l'espèce ou le sexe de l'animal.

Une étude réalisée chez le dindon par Yahav *et al.* (2000) a permis d'observer une différence significative pour la conversion alimentaire, celle-ci étant meilleure à faible intensité. En effet, les mâles élevés à une intensité lumineuse avoisinant 10 lux ont montré un meilleur gain accompagné d'une consommation alimentaire réduite dû à un besoin plus faible d'énergie d'entretien par rapport à ceux élevés sous une intensité lumineuse plus élevée (22, 64, 300, 410 ou 700 lux). Afin de valider cette hypothèse, ils ont analysé le poids du muscle cardiaque. Le poids plus faible du muscle cardiaque chez les animaux élevés à 10 lux appuie l'hypothèse d'un besoin réduit en énergie d'entretien. Selon cette étude, on peut conclure qu'il existe une corrélation positive entre l'intensité lumineuse et la proportion d'énergie nécessaire pour l'entretien. D'autres études menées chez le dindon ont permis d'obtenir des conclusions similaires. Ainsi, Gill et Leighton (1984), Hester *et al.* (1987) et Siopes *et al.* (1984) avaient eux aussi remarqué que la consommation d'aliments était réduite à faible intensité. L'étude de Siopes *et al.* (1984) a également permis de découvrir une particularité anatomique des animaux élevés sous de très faibles intensités. Ainsi, les volailles auraient la capacité de s'adapter, du moins en partie, à leur environnement lumineux, preuve d'un certain effet de l'intensité. Le poids des yeux des animaux à 1,1 lux étant significativement supérieur à celui des animaux ayant reçu une intensité plus élevée, soit de l'ordre de 11, 110 ou encore 220 lux. En effet, les yeux des dindons élevés à 1,1 lux pesaient 14,037 g/100 g de poids vif par rapport à 11,471 g/100 g de poids vif sous une intensité de 220 lux. Chez le poulet à griller, une étude menée par Barrott et Pringle (1951) avait elle aussi permis de favoriser une intensité plus faible. Ainsi, les poulets élevés à de fortes intensités (64,8 lux) présentaient un taux de croissance réduit. Par la suite, une étude de Charles *et al.* (1992) a également montré une amélioration des performances sous une intensité plus faible. Les poulets soumis à une intensité de 5 lux

étaient 3,25 % plus lourds à huit semaines et leur carcasse contenait 7,77 % moins de gras que ceux élevés à 150 lux.

Par contre, ces résultats vont à l'encontre de ceux obtenus lors de d'autres études. En effet, une recherche menée chez le dindon par Leighton *et al.* (1989) n'avait montré aucune différence significative entre une intensité lumineuse de 10,8 lux et une de 86,1 lux pour la croissance et l'efficacité alimentaire. Par contre, les auteurs avaient remarqué que les affrontements sociaux ainsi que la mortalité étaient plus élevés chez les oiseaux sous intensité de 86,1 lux par rapport à ceux élevés sous l'intensité plus faible. Denbow *et al.* (1990) ont réalisé une étude chez la dinde en comparant l'élevage à une intensité de 10,8 lux par rapport à celui à 86,1 lux. Là encore, les chercheurs n'ont trouvé aucune différence significative par rapport au poids vif, à l'efficacité alimentaire et au comportement des animaux. Il semble, par contre, qu'une intensité minimale de 10 à 11 à lux soit nécessaire afin de ne pas affecter la croissance (Cherry et Barwick, 1962; Siopes *et al.*, 1983). En effet, diminuer l'intensité sous cette limite pourrait engendrer une diminution des performances. Ainsi, une intensité lumineuse très faible soit de l'ordre de 1 lux entraînerait une diminution de la croissance chez le dindon (Siopes, 1984). Par contre, l'étude de Charles *et al.* (1992) laisse croire qu'une intensité de 5 lux permettrait également d'éviter le problème.

Chez la poule pondeuse, l'intensité lumineuse a un effet direct sur la dépense énergétique. Ainsi, le passage d'une intensité de 120 lux à une intensité de 1 lux entraîne une diminution de la dépense énergétique de l'ordre de 18 % (Boshouwers et Nicaise, 1987). Par contre, une intensité de l'ordre de 15 lux permet déjà de réduire la dépense énergétique de 9 %. De plus, il a été montré qu'une faible intensité lumineuse est associée à une production de chaleur réduite probablement due à une réduction générale de l'activité physique (Li *et al.*, 1992). À la lumière de ces informations, il est possible de conclure qu'une intensité lumineuse faible permet d'augmenter les performances chez la volaille de par une modification du métabolisme énergétique.

D'un point de vue reproductif, certaines études ont également montré des effets de l'intensité lumineuse. Ainsi, Siopes *et al.* (1983) ont remarqué que le poids des testicules des dindons à l'âge de 22 semaines était significativement plus élevé chez les animaux exposés à une intensité lumineuse plus élevée. En effet, le poids des testicules augmentait de façon proportionnelle à l'intensité pour les quatre traitements soit 1, 11, 110 et 220 lux. Le poids passait donc de 1,78 g / kg poids vif pour une intensité de 1 lux à 2,91 g / kg poids vif sous une intensité de 220 lux. Dans le même ordre d'idée, Gill et Leighton (1984) avaient remarqué qu'une intensité lumineuse de 86,1 lux causait un développement sexuel précoce par rapport à 5,4 lux. Par contre, d'un point de vue hormonal, la différence est moins évidente. Ainsi, Charles *et al.* (1992) ont montré que la concentration plasmatique des androgènes n'était pas significativement différente chez des poulets à griller élevés à faible (5 lux) ou à forte (150 lux) intensité.

Les volailles sont les seuls animaux chez qui les études sont aussi poussées. En effet, les espèces porcine, bovine ou autres n'ont fait l'objet que de très peu de recherches à ce jour en ce qui a trait à l'effet de l'intensité lumineuse tant pour la reproduction que pour la croissance. Il existe cependant quelques données obtenues chez le porc et chez la génisse laitière. Ainsi, une étude de Stevenson *et al.* (1983), réalisée chez le porc, avait permis de déterminer que pour chaque tranche d'augmentation de 10 lux sur une échelle de 32 à 366 lux, il y avait une augmentation de 141 ± 6 g du poids de la portée au sevrage ($r^2 = 0,60$). Ainsi, selon l'intensité lumineuse, le poids de la portée au sevrage (sevrage à 26 jours) pourrait se calculer comme suit : poids de la portée = $60,9 + 1,41 \times 10^{-2}$ lux. Chez les génisses, il semblerait qu'une baisse graduelle de l'intensité lumineuse afin de mimer le crépuscule serait préférable à un changement lumineux abrupt (*idem* pour l'aube). Les génisses soumises au régime graduel présentant en effet une croissance supérieure (Zinn *et al.*, données non publiées, cités par Tucker, 1985).

2.7. CONCLUSION

Il est donc évident que les recherches sur les effets de l'intensité lumineuse chez les ovins sont rares. Bien que certains animaux, comme la volaille, aient fait l'objet de plusieurs études, les conclusions obtenues demeurent tout de même très peu représentatives de

l'espèce ovine de par les différences physiologiques fondamentales qui les séparent. De plus, même à l'intérieur de l'espèce, les raisons qui nous poussent à considérer l'intensité lumineuse comme un facteur important sont tout de même bien différentes pour l'agneau et la brebis.

Chez la brebis, le concept est primordial afin de s'assurer d'un contrôle strict de la reproduction pour la réussite des programmes photopériodiques qui sont utilisés pour réaliser des accouplements à contre-saison. La photopériode en réclusion totale, par exemple, pourrait bénéficier d'un certain peaufinage de la méthode. En effet, ce type de programme constitue une alternative intéressante pour réussir à produire des agneaux à l'année longue, un objectif primordial pour l'ensemble de l'industrie ovine. Il devient donc essentiel de clarifier les paramètres nécessaires à son succès. Évidemment, le contrôle de ces conditions vise d'abord la réussite du programme par la perception du cycle photopériodique mais également l'obtention de performances maximales. De plus, les impacts de l'intensité lumineuse ne s'adressent pas exclusivement aux animaux sous traitement photopériodique. Ainsi, les brebis vivant en réclusion totale pourraient peut-être aussi profiter d'une intensité optimale.

Malgré le fait que Forbes (1982) ait émis l'hypothèse qu'une intensité lumineuse inférieure à 100 lux soit insuffisante pour permettre aux animaux de bien distinguer la différence entre le jour et la nuit, il semble de plus en plus évident qu'une intensité plus faible pourrait tout de même être adéquate. En effet, les faibles intensités retrouvées dans plusieurs bergeries commerciales du Québec qui utilisent avec succès les programmes de photopériode en réclusion totale, laissent croire qu'une intensité plus faible pourrait tout de même entraîner le rythme photopériodique (Cameron, 2006). Par contre, les impacts sur les performances ainsi que sur le métabolisme général des brebis pourraient être différents. En effet, il semble que l'intensité lumineuse ait une influence sur plusieurs paramètres chez les autres espèces. Il ne faut également pas négliger la grande diversité observable entre les races et la réponse possible de celles-ci aux différentes intensités. Il faut par contre tenter de comprendre les différentes implications de l'intensité tant au plan physiologique que fondamental. Il est également nécessaire de considérer les implications

technicoéconomiques d'une modification de l'intensité. Une augmentation de l'intensité lumineuse peut en effet représenter un investissement à court terme non négligeable en plus des coûts d'électricité reliés à l'augmentation du nombre de luminaires par exemple. Enfin, il ne faut jamais négliger l'aspect humain. Une intensité appropriée pour les animaux devra toujours permettre un travail de régie efficace en bergerie.

Chez les agneaux, l'intensité lumineuse est en fait un paramètre supplémentaire à considérer pour l'obtention de conditions d'élevage idéales permettant des performances de croissance maximales. En effet, les impacts de la durée d'éclairage chez l'agneau se confirment et l'intensité semble aussi avoir un certain effet. C'est donc dire que l'optimisation des effets de la lumière pourrait entraîner des améliorations notables sur les agneaux en croissance.

2.8. OBJECTIFS DE RECHERCHE

Les objectifs généraux de cette recherche étaient :

1. Déterminer l'intensité lumineuse minimale à utiliser dans les programmes de photopériode servant au contrôle de la reproduction chez la brebis;
2. Déterminer l'intensité lumineuse minimale pour des agneaux lourds en croissance exposés à des jours longs pendant la période de croissance.

De façon plus spécifique, les objectifs étaient :

1. Évaluer l'influence de l'intensité lumineuse durant les périodes de gestation et de lactation sur la productivité des brebis (poids de la portée à la naissance et au sevrage, variations de l'état de chair, production laitière);
2. Évaluer l'impact de l'intensité lumineuse sur la croissance et la consommation des agneaux élevés sous la mère;
3. Évaluer l'impact de l'intensité lumineuse en période d'accouplement sur la fertilité et la prolificité des brebis soumises à un traitement photopériodique;

4. Déterminer l'intensité lumineuse minimale qui permet d'obtenir le maximum de performances zootechniques chez les agneaux en croissance (vitesse de croissance, gain de poids, consommation alimentaire, qualité de la carcasse);
5. Évaluer l'impact de différentes intensités lumineuses sur la sécrétion hormonale de la mélatonine chez la brebis et l'agneau.

2.9. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les informations présentées dans la revue de littérature permettent d'émettre les hypothèses suivantes concernant l'effet de l'intensité lumineuse chez les ovins :

1. Une intensité lumineuse faible (10 à 15 lux) est suffisante pour entraîner le cycle reproducteur des femelles et assurer de bonnes performances aux femelles et à leur progéniture;
2. Des intensités lumineuses comprises entre 12 et 109 lux permettent d'obtenir des performances similaires chez les agneaux en post-sevrage.

2.10. RÉFÉRENCES

- Aboul-Naga, A. M., A. S. El Shobokshy et M. A. Moustafa. 1981. Milk production from subtropical non-dairy sheep. 2. method of measuring. *J. Agric. Sci. Camb.* 97: 303.
- Almeida, O. F. et G. A. Lincoln. 1982. Photoperiodic regulation of reproductive activity in the ram: evidence for the involvement of circadian rhythms in melatonin and prolactin secretion. *Biol. Reprod.* 27: 1062-1075.
- Arendt, J. 1986. Role of the pineal gland and melatonin in seasonal reproductive function in mammals. *Oxf. Rev. Reprod. Biol.* 8: 266-320.
- Arendt, J. et J. P. Ravault. 1988. Suppression of melatonin secretion in Ile-de-France rams by different light intensities. *J. Pineal. Res.* 5: 245-250.
- Barenton, B., J. P. Ravault, C. Chabanet, A. Daveau, J. Pelletier et R. Ortavant. 1988. Photoperiodic control of growth hormone secretion and body weight in rams. *Domest. Anim. Endocrinol.* 5: 247-255.
- Barrell, G. K., S. M. Moenter, A. Caraty et F. J. Karsch. 1992. Seasonal changes of gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe. *Biol. Reprod.* 46: 1130-1135.

- Barrell, G. K., L. A. Thrun, M. E. Brown, C. Viguie et F. J. Karsch. 2000. Importance of photoperiodic signal quality to entrainment of the circannual reproductive rhythm of the ewe. *Biol. Reprod.* 63: 769-774.
- Barrott, H. G. et E. M. Pringle. 1951. The effect of environment on growth and food and water consumption of chickens. 4. The effect of light on early growth. *J. Nutr.* 45: 265-274.
- Baumrucker, C. R. 1986. Insulin like growth factor 1 (IGF-1) and insulin stimulates lactating bovine mammary tissue DNA synthesis and milk production in vitro. *J. Dairy Sci.* 69 (Suppl. 1): 120 (Abstr.).
- Benson, M. E., M. J. Henry et R. A. Cardellino. 1999. Comparison of weigh-suckle-weigh and machine milking for measuring ewe milk production. *J. Anim. Sci.* 77: 2330-2335.
- Bilodeau, P. P., D. Petitclerc, N. St.Pierre, G. Pelletier et G. J. St.Laurent. 1989. Effects of photoperiod and pair-feeding on lactation of cows fed corn or barley grain in total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 72: 2999-3005.
- Bittman, E. L., R. J. Dempsey et F. J. Karsch. 1983a. Pineal Melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology* 113: 2276-2283.
- Bittman, E. L. et F. J. Karsch. 1984. Nightly duration of pineal melatonin secretion determines the reproductive response to inhibitory day length in the ewe. *Biol. Reprod.* 30: 585-593.
- Bittman, E. L., F. J. Karsch et J. W. Hopkins. 1983b. Role of the pineal gland in ovine photoperiodism: Regulation of seasonal breeding and negative feedback effects of estradiol upon luteinizing hormone secretion. *Endocrinology* 113: 329-336.
- Bittman, E. L., A. H. Kaynard, D. H. Olster, J. E. Robinson, S. M. Yellon et F. J. Karsch. 1985. Pineal melatonin mediates photoperiodic control of pulsatile luteinizing hormone secretion in the ewe. *Neuroendocrinol.* 40: 409-418.
- Blaxter, K. L. et A. W. Boyne. 1982. Fasting and maintenance metabolism of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 99: 611-620.
- Blaxter, K. L. et J. C. Gill. 1979. Voluntary intake of feed and equilibrium body weight in sheep. *Proc. Nutr. Soc.* 38: 150A.

- Bocquier, F., M. Bonnet, Y. Faulconnier, M. Guerre-Millo, P. Martin et Y. Chilliard. 1998. Effects of photoperiod and feeding level on perirenal adipose tissue metabolic activity and leptin synthesis in the ovariectomized ewe. *Reprod. Nutr. Dev.* 38: 489-498.
- Bocquier, F., G. Kann et M. Thériez. 1990. Relationships between secretory patterns of growth hormone, prolactin and body reserves and milk yield in dairy ewes under different photoperiod and feeding conditions. *Anim. Prod.* 51: 115-125.
- Bocquier, F., S. Ligios, G. Molle et S. Casu. 1997. Effet de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur les consommations volontaires chez la brebis laitière. *Ann. Zootech.* 46: 427-438.
- Bocquier, F., M. Thériez, G. Kann et C. Delouis. 1986. Influence de la photopériode sur la partition de l'énergie nette entre la production laitière et les réserves corporelles chez la brebis traite. *Reprod. Fertil. Dev.* 26: 389-390.
- Boissin-Agasse, L., C. Barberis, S. Audigier, G. Roch et J. Boissin. 1992. Localization of melatonin binding sites in the pars tuberalis of the mink at three times during the seasonal testicular cycle. *Neurosci. Lett.* 144: 147-151.
- Boshouwers, F. M. G. et E. Nicaise. 1987. Physical activity and energy expenditure of laying hens as affected by light intensity. *Br. Poult. Sci.* 28: 155-163.
- Boyazoglu, J. G. 1963. Aspects quantitatifs de la production laitière des brebis. *Ann. Zootech.* 12: 237-296.
- Brinklow, B. R. et J. M. Forbes. 1984. Effect of extended photoperiod on the growth of sheep. Dans : Martinus Nijhoff Publishers (éds.). *Manipulation of growth in farm animals*. p. 260-274. Boston, États-Unis.
- Brinklow, B. R., R. Jones et J. M. Forbes. 1984. The effect of daylength on the growth of lambs 5. Skeletal long photoperiod. *Anim. Prod.* 38: 455-461.
- Brown, W. B. et J. M. Forbes. 1980. Diurnal variations of plasma prolactin in growing sheep under two lighting regimes and the effect of pinealectomy. *J. Endocrinol.* 84: 91-99.
- Brown, W. B., J. M. Forbes, E. D. Goodall, R. N. B. Kay et A. M. Simpson. 1979. Effects of photoperiod on food intake, sexual condition and hormones concentrations in stags and rams. *J. Physiol.* 296: 58P-59P.

- Cameron, J. 2006. Programme photopériodique appliqué à longueur d'année pour améliorer la répartition des mises bas et la productivité des brebis soumises à un rythme d'agnelage accéléré. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada. 155 pages.
- Cardellino, R. A. et M. E. Benson. 2002. Lactation curves of commercial ewes rearing lambs. *J. Anim. Sci.* 80: 23-27.
- Casamassima, D., A. Sevi et O. Montemurron. 1993. Effetto dell'intensita luminosa sulle prestazioni produttive e sul comportamento di agnelle di razza Comisana allevate intensivamente. *Zoot. Nutr. Anim.* 6: 251-259.
- Charles, R. G., F. E. Robinson, R. T. Hardin, M. W. Yu, J. Feddes et H. L. Classen. 1992. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. *Poult. Sci.* 71: 1592-1605.
- Chemineau, P., X. Berthelot, B. Malpaux, Y. Guerin, D. Guillaume et J. Pelletier. 1993. La maîtrise de la reproduction par la photopériode et la mélatonine chez les mammifères d'élevage. *Cahiers Agricultures* 2: 81-92.
- Chemineau, P., B. Malpaux, J. A. Delgadoillo, Y. Guérin, J. P. Ravault, J. Thimonier et J. Pelletier. 1992. Control of sheep and goat reproduction: use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 30: 157-184.
- Cherry, P. et M. W. Barwick. 1962. The effect of light on broiler growth II. Light patterns. *Br. Poult. Sci.* 3: 41-50.
- Choy, V. J., A. J. Nixon et A. J. Pearson. 1995. Localisation of receptors for prolactin in ovine skin. *J. Endocrinol.* 144: 143-151.
- Clarke, I. J. et J. T. Cummins. 1982. The temporal relationship between gonadotropin releasing hormone (GnRH) and luteinizing hormone (LH) secretion in ovariectomized ewes. *Endocrinol.* 111: 1737-1739.
- Clarke, I. J., B. Henry, J. Iqbal et J. W. Goding. 2001. Leptin and the regulation of food intake and the neuroendocrine axis in sheep. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 28: 106-107.
- Clarke, I. J., G. B. Thomas, B. Yao et J. T. Cummins. 1987. GnRH secretion throughout the ovine estrous cycle. *Neuroendocrinol.* 46: 82-88.

- Coombe, J. B., I. D. Wardrop et D. E. Tribe. 1960. A study of milk production of the grazing ewe, with emphasis on the experimental technique employed. *J. Agric. Sci.* 54: 353-359.
- Dahl, G. E., B. A. Buchanan et H. A. Tucker. 2000. Photoperiodic effects on dairy cattle: a review. *J. Dairy Sci.* 83: 885-893.
- Dahl, G. E., T. H. Elsasser, A. V. Capuco, R. A. Erdman et R. R. Peters. 1997. Effects of a long daily photoperiod on milk yield and circulating concentrations of insulin-like growth factor-1. *J. Dairy Sci.* 80: 2784-2789.
- Daniel, J. A., B. K. Whitlock, J. A. Baker, B. Steele, C. D. Morrison, D. H. Keisler et J. L. Sartin. 2002. Effect of body fat mass and nutritional status on 24-hour leptin profiles in ewes. *J. Anim. Sci.* 80: 1083-1089.
- Denbow, D. M., A. T. Leighton et R. M. Hulet. 1990. Effect of light sources and light intensity on growth performance and behaviour of female turkeys. *Br. Poult. Sci.* 31: 439-445.
- Doney, J. M., J. N. Peart et W. F. Smith. 1979. A consideration of the techniques for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. *J. Agric. Sci. Camb.* 92: 123-132.
- Ducker, M. J., J. C. Bowman et A. Temple. 1973. The effect of constant photoperiod on the expression of oestrus in the ewe. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 19: 143-150.
- Ebling, F. J. P., G. A. Lincoln, F. Wollnik et N. Anderson. 1988. Effects of constant darkness and constant light on circadian organization and reproductive responses in the ram. *J. Biol. Rhythms* 3: 365-384.
- Ehrhardt, R. A., P. L. Greenwood, A. W. Bell et Y. R. Boisclair. 2003. Plasma leptin is regulated predominantly by nutrition in preruminants lambs. *J. Nutr.* 133: 4196-4201.
- Eisemann, J. H., D. E. Bauman, D. E. Hogue et H. F. Travis. 1984a. Evaluation of a role for prolactin in growth and the photoperiod-induced growth response in sheep. *J. Anim. Sci.* 59: 86-94.

- Eisemann, J. H., D. E. Bauman, D. E. Hogue et H. F. Travis. 1984b. Influence of photoperiod and prolactin on body composition and in vitro lipid metabolism in wether lambs. *J. Anim. Sci.* 59: 95-104.
- Fitzgerald, J., F. Michel et W. R. Butler. 1982. Growth and sexual maturation in ewes: the role of photoperiod, diet and temperature on growth rate and the control of prolactin, thyroxine and luteinizing hormone secretion. *J. Anim. Sci.* 55: 1431-1440.
- Forbes, J. M. 1982. Effects of lighting pattern on growth, lactation and food intake of sheep, cattle and deer. *Livest. Prod. Sci.* 9: 361-374.
- Forbes, J. M., W. B. Brown, A. G. M. Al-Banna et R. Jones. 1981. The effect of daylength on the growth of lambs. 3. Level of feeding, age of lamb and speed of gut-fill response. *Anim. Prod.* 32: 23-28.
- Forbes, J. M., P. M. Driver, W. B. Brown et C. G. Scanes. 1979a. The effect of daylength on the growth of lambs 2. Blood concentrations of growth hormone, prolactin, insulin and thyroxine, and the effect of feeding. *Anim. Prod.* 29: 43-51.
- Forbes, J. M., P. M. Driver, A. A. El Shahat, T. G. Boaz et C. G. Scanes. 1975. The effect of daylength and level of feeding on serum prolactin in growing lambs. *J. Endocrinol.* 64: 549-554.
- Forbes, J. M., A. A. El Shahat, R. Jones, J. G. S. Duncan et T. G. Boaz. 1979b. The effect of daylength on the growth of lambs 1. Comparisons of sex, level of feeding, shearing and breed of sire. *Anim. Prod.* 29: 33-42.
- Francis, S. M., B. A. Veenvliet, S. K. Stuart, R. P. Littlejohn et J. M. Suttie. 1997. The effect of photoperiod on plasma hormone concentrations in wether lambs with genetic differences in body composition. *Anim. Sci.* 65: 441-450.
- Gill, D. J. et A. T. Leighton. 1984. Effects of light environment and population density on growth performance of male turkeys. *Poult. Sci.* 63: 1314-1321.
- Goding, J. R., K. J. Catt, J. M. Brown, C. C. Kaltenbach, I. A. Cumming et B. J. Mole. 1969. Radioimmunoassay for ovine luteinizing hormone. Secretion of luteinizing hormone during estrus and following estrogen administration in the sheep. *Endocrinol.* 85: 133-142.

- Goodman, R. L. 1988. Neuroendocrine control of the ovine estrous cycle. Dans : E. Knobil et J. D. Neil (éds.). *The Physiology of Reproduction*. p. 1929-1969. Raven Press, Ltd., New York, États-Unis.
- Goodman, R. L., E. L. Bittman, D. L. Foster et F. J. Karsch. 1982. Alterations in the control of luteinizing hormone pulse frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.* 27: 580-589.
- Goodman, R. L. et F. J. Karsch. 1980. Pulsatile secretion of luteinizing hormone: differential suppression by ovarian steroids. *Endocrinol.* 107: 1286-1290.
- Hafez, E. S. E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci.* 42: 189-265.
- Hahn, G. L., B. D. Schanbacher et J. A. Nienaber. 1987. Performance-related responses of lambs to changes in environmental temperature and daylength. *Livest. Prod. Sci.* 16: 37-49.
- Hauger, R. L., F. J. Karsch et D. L. Foster. 1977. A new concept for control of the estrous cycle of the ewe based on the temporal relationships between luteinizing hormone, estradiol and progesterone in peripheral serum and evidence that progesterone inhibits tonic LH secretion. *Endocrinol.* 101: 807-817.
- Hazlerigg, D. G., M. H. Hastings et P. J. Morgan. 1996. Production of a prolactin releasing factor by the ovine pars tuberalis. *J. Neuroendocrinol.* 8: 489-492.
- Hester, P. Y., A. L. Sutton et R. G. Elkin. 1987. Effect of light intensity, litter source, and litter management on the incidence of leg abnormalities and performance of male turkeys. *Poult. Sci.* 66: 666-675.
- Hoffman, J. C. 1973. Light and feedback control of gonadotropin secretion. Dans : A. a. A. E. P. C. *Excerpta Medica* (éd.). *Endocrinology, Proceedings of the IV International Congress of Endocrinology*. p. 886-890. New York, États-Unis.
- Iason, G. R., D. A. Sim, E. Foreman, P. Fenn et D. A. Elston. 1994. Seasonal variation of voluntary food intake and metabolic rate in three contrasting breeds of sheep. *Anim. Prod.* 58: 381-387.
- Jansen, H. T. et G. L. Jackson. 1993. Circannual rhythms in the ewe: Patterns of ovarian cycles and prolactin secretion under two different constant photoperiods. *Biol. Reprod.* 49: 627-634.

- Kann, G. 1997. Evidence for a mammogenic role of growth hormone in ewes: effects of growth hormone-releasing factor during artificial induction of lactation. *J. Anim. Sci.* 75: 2541-2549.
- Karsch, F. J., E. L. Bittman, D. L. Foster, R. L. Goodman, S. J. Legan et J. E. Robinson. 1984. Neuroendocrine basis of seasonal reproduction. *Recent Progress in Hormones Research* 40: 185-232.
- Karsch, F. J., E. L. Bittman, J. E. Robinson, S. M. Yellon, N. L. Wayne, D. H. Olster et A. H. Kaynard. 1986. Melatonin and photorefractoriness: Loss of response to the melatonin signal leads to seasonal reproductive transitions in the ewe. *Biol. Reprod.* 34: 265-274.
- Karsch, F. J., J. T. Cummins, G. B. Thomas et I. J. Clarke. 1987. Steroid feedback inhibition of pulsatile secretion of gonadotropin-releasing hormone in the ewe. *Biol. Reprod.* 36: 1207-1218.
- Karsch, F. J., G. E. Dahl, N. P. Evans, J. M. Manning, K. P. Mayfield, S. M. Moenter et D. L. Foster. 1993. Seasonal changes in gonadotropin-releasing hormone secretion in the ewe: Alteration in response to the negative feedback action of estradiol. *Biol. Reprod.* 49: 1377-1383.
- Karsch, F. J., R. L. Goodman et S. J. Legan. 1980. Feedback basis of seasonal breeding: test of an hypothesis. *J. Reprod. Fertil.* 58: 521-535.
- Karsch, F. J., S. J. Legan, R. L. Hauger et D. L. Foster. 1977. Negative feedback action of progesterone on tonic luteinizing hormone secretion in the ewe: Dependence on the ovaries. *Endocrinol.* 101: 800-806.
- Karsch, F. J., B. Malpoux, N. L. Wayne et J. E. Robinson. 1988. Characteristics of the melatonin signal that provide the photoperiodic code for timing seasonal reproduction in the ewe. *Reprod. Nutr. Dev.* 28: 459-472.
- Karsch, F. J., J. E. Robinson, C. J. Woodfill et M. B. Brown. 1989. Circannual cycles of luteinizing hormone and prolactin secretion in ewes during prolonged exposure to a fixed photoperiod: evidence for an endogenous reproductive rhythm. *Biol. Reprod.* 41: 1034-1046.
- Kay, R. N. B. 1979. Seasonal changes of appetite in deer and sheep. *ARC Research Review* 5: 13-15.

- Kay, R. N. B. 1985. Seasonal variation of appetite in ruminants. Dans : W. Haresign (éd.). Recent advances in animal nutrition. p. 199-210. Butterworths, Londres, Royaume-Uni.
- Laferte, S., B. Malpaux et P. Chemineau. 1997. Détermination de l'intensité minimale d'éclairement pour induire un effet "jours longs" chez la chèvre. Renc. Rech. Ruminants 4: 160.
- Lamming, G. E., S. R. Moseley et J. R. McNeilly. 1974. Prolactin release in the sheep. J. Reprod. Fertil. 40: 151-168.
- Legan, S. J. et F. J. Karsch. 1979. Neuroendocrine regulation of the estrous cycle and seasonal breeding in the ewe. Biol. Reprod. 20: 74-85.
- Legan, S. J. et F. J. Karsch. 1980. Photoperiodic control of seasonal breeding in ewes: Modulation of the negative feedback action of estradiol. Biol. Reprod. 23: 1061-1068.
- Legan, S. J. et F. J. Karsch. 1983. Importance of retinal photoreceptors to the photoperiodic control of seasonal breeding in the ewe. Biol. Reprod. 29: 316-325.
- Legan, S. J., F. J. Karsch et D. L. Foster. 1977. The endocrine control of seasonal reproductive function in the ewe: A marked change in response to the negative feedback action of estradiol on luteinizing hormone secretion. Endocrinol. 101: 818-824.
- Leighton, A. T., R. M. Hulet et D. M. Denbow. 1989. Effect of light sources and light intensity on growth performance and behavior of male turkeys. Br. Poult. Sci. 30: 563-574.
- Lemon, M. et J. Thimonier. 1973. Évolution de la progestérone plasmatique pendant le cycle et la gestation chez les ruminants. Dans : Colloque Société Nationale pour l'Étude de la Stérilité et de la Fécondité: "Le corps jaune". p 51-68. Masson, Paris, France.
- Li, Y., T. Ito, M. Nishibori et S. Yamamoto. 1992. Effects of environmental temperature on heat production associated with food intake and as abdominal temperature in laying hens. Br. Poult. Sci. 33.

- Lincoln, G. A. et I. J. Clarke. 1994. Photoperiodically-induced cycles in the secretion of prolactin in hypothalamo-pituitary disconnected rams: evidence for translation of the melatonin signal in the pituitary gland. *J. Neuroendocrinol.* 6: 251-260.
- Mabry, J. W., F. L. Cunningham, R. R. Kraeling et G. B. Rampacek. 1982. The effect of artificially extended photoperiod during lactation on maternal performance of the sow. *J. Anim. Sci.* 54: 918-921.
- Malpaux, B., A. Daveau, F. Maurice, V. Gayrard et J. C. Thiery. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biol. Reprod.* 48: 752-760.
- Malpaux, B., A. Daveau, F. Maurice, A. Locatelli et J. C. Thiery. 1994. Evidence that melatonin binding sites in the pars tuberalis do not mediate the photoperiodic actions of melatonin on LH and prolactin secretion in ewes. *J. Reprod. Fertil.* 101: 625-632.
- Malpaux, B. et F. J. Karsch. 1990. A role for short days in sustaining seasonal reproductive activity in the ewe. *J. Reprod. Fert.* 90: 555-562.
- Malpaux, B., S. M. Moenter, N. L. Wayne, C. J. Woodfill et F. J. Karsch. 1988a. Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by alteration of the circadian secretion of melatonin. *Neuroendocrinol.* 48: 264-270.
- Malpaux, B., J. E. Robinson, M. B. Brown et F. J. Karsch. 1987. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol. Reprod.* 36: 1333-1341.
- Malpaux, B., J. E. Robinson, M. B. Brown et F. J. Karsch. 1988b. Importance of changing photoperiod and melatonin secretory pattern in determining the length of the breeding season in the Suffolk ewe. *J. Reprod. Fertil.* 83: 461-470.
- Malpaux, B., J. E. Robinson, N. L. Wayne et F. J. Karsch. 1989. Regulation of the onset of the breeding season of the ewe: importance of long days and of an endogenous reproductive rhythm. *J. Endocrinol.* 122: 269-278.
- Malpaux, B., D. C. Skinner et F. Maurice. 1995. The ovine pars tuberalis does not appear to be targeted by melatonin to modulate luteinizing hormone secretion, but may be important for prolactin release. *J. Neuroendocrinol.* 7: 199-206.

- Malpoux, B., J. C. Thiery et P. Chemineau. 1999. Melatonin and the seasonal control of reproduction. *Reprod. Nutr. Dev.* 39: 355-366.
- Malpoux, B., C. Viguie, D. C. Skinner, J. C. Thiery et P. Chemineau. 1997. Control of the circannual rhythm of reproduction by melatonin in the ewe. *Brain Res. Bull.* 44: 431-438.
- Malpoux, B., C. Viguie, D. C. Skinner, J. C. Thiéry, J. Pelletier et P. Chemineau. 1996a. Seasonal breeding in sheep: Mechanism of action of melatonin. *Anim. Reprod. Sci.* 42: 109-117.
- Malpoux, B., C. Viguie, J. C. Thiéry et P. Chemineau. 1996b. Contrôle photopériodique de la reproduction. *Prod. Anim.* 9: 9-23.
- Malpoux, B., N. L. Wayne et F. J. Karsch. 1988c. Termination of the breeding season in the Suffolk ewe: Involvement of an endogenous rhythm of reproduction. *Biol. Reprod.* 39: 254-263.
- Marie, M., P. A. Findlay, L. Thomas et C. L. Adam. 2001. Daily patterns of plasma leptin in sheep: effects of photoperiod and food intake. *J. Endocrinol.* 170: 277-286.
- Martin, G. B., C. M. Oldham et D. R. Lindsay. 1980. Increased plasma LH levels in seasonally anovular Merino ewes following the introduction of rams. *Anim. Reprod. Sci.* 3: 125-132.
- Matthews, C. D., M. V. Guerin et J. R. Deed. 1993. Melatonin and photoperiodic time measurement: Seasonal breeding in the sheep. *J. Pineal Res.* 14: 105-116.
- Miller, A. R. E., E. P. Stanisiewski, R. A. Erdman, L. W. Douglass et G. E. Dahl. 1999. Effects of long daily photoperiod and bovine somatotropin (Trobtest) on milk yields in cows. *J. Dairy Sci.* 82: 1716-1722.
- Moenter, S. M., A. Caraty et F. J. Karsch. 1990. The estradiol-induced surge of gonadotropin-releasing hormone in the ewe. *Endocrinol.* 127: 1375-1384.
- Moenter, S. M., A. Caraty, A. Locatelli et F. J. Karsch. 1991. Pattern of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) secretion leading up to ovulation in the ewe: existence of a preovulatory GnRH surge. *Endocrinol.* 129: 1175-1182.
- Moore, R. W. 1962. Comparison of two techniques for the estimation of the milk intake of lambs at pasture. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 4: 66-68.

- Notter, D. R. et P. Chemineau. 2001. Nocturnal melatonin and prolactin plasma concentrations in sheep selected for fertility in autumn lambing. *J. Anim. Sci.* 79: 2895-2901.
- Parraguez, V. H., F. Sales, G. J. Valenzuela, M. Vergara, L. Catalan et M. Seron-Ferre. 1998. Diurnal changes in light intensity inside the pregnant uterus in sheep. *Anim. Reprod. Sci.* 52: 123-130.
- Peters, R. R., L. T. Chapin, R. S. Emery et H. A. Tucker. 1981. Milk yield, feed intake, prolactin, growth hormone, and glucocorticoid response of cows to supplemented light. *J. Dairy Sci.* 64: 1671-1678.
- Peters, R. R., L. T. Chapin, K. B. Leining et H. A. Tucker. 1978. Supplemental lighting stimulates growth and lactation in cattle. *Science* 199: 911.
- Petitclerc, D., L. T. Chapin et H. A. Tucker. 1984. Carcass composition and mammary development responses to photoperiod and plane of nutrition in Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 58: 913-919.
- Phillips, C. J. C. et S. A. Schofield. 1989. The effect of supplementary light on the production and behaviour of dairy cows. *Anim. Prod.* 48: 293-303.
- Plaut, K., D. E. Bauman, N. Agergaard et R. M. Akers. 1987. Effect of exogenous prolactin administration on lactational performance of dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 4: 279-290.
- Prosser, C. G., I. R. Fleet, A. N. Corps, E. R. Froesch et R. B. Heap. 1990. Increase in milk secretion and mammary blood flow by intra-arterial infusion of insulin-like growth factor-I into the mammary gland of the goat. *J. Endocrinol.* 126: 437-443.
- Reksen, O., A. Tverdal, K. Landsverk, E. Kommisrud, K. E. Boe et E. Ropstad. 1999. Effects of photointensity and photoperiod on milk yield and reproductive performance of Norwegian Red Cattle. *J. Dairy Sci.* 82: 810-816.
- Rhind, S. M. et S. R. McMillen. 1995. Seasonal changes in systemic hormone profiles and their relationship to patterns of fibre growth and moulting in goats of contrasting genotypes. *Aust. J. Agric. Res.* 46: 1273-1283.
- Rhind, S. M., S. R. McMillen, E. Duff, C. E. Kyle et S. Wright. 2000. Effect of long-term feed restriction on seasonal endocrine changes in Soay sheep. *Physiol. Behav.* 71: 343-351.

- Robertson, H. A. 1969. The endogenous control of estrus and ovulation in sheep, cattle, and swine. *Vit. Horm.* 27: 92-131.
- Robinson, J. E. et F. J. Karsch. 1984. Refractoriness to inductive day lengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.* 31: 656-663.
- Robinson, J. E. et F. J. Karsch. 1987. Photoperiodic history and a changing melatonin pattern can determine the neuroendocrine response of the ewe to daylength. *J. Reprod. Fertil.* 80: 159-165.
- Robinson, J. E., H. M. Radford et F. J. Karsch. 1985a. Seasonal changes in pulsatile luteinizing hormone (LH) secretion in the ewe: Relationship of frequency of LH pulses to day length and response to estradiol negative feedback. *Biol. Reprod.* 33: 324-334.
- Robinson, J. E., N. L. Wayne et F. J. Karsch. 1985b. Refractoriness to inhibitory day lengths initiates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.* 32: 1024-1030.
- Rollag, M. D. et G. D. Niswender. 1976. Radioimmunoassay of serum concentrations of melatonin in sheep exposed to different lighting regimens. *Endocrinol.* 98: 482-489.
- Rollag, M. D., P. L. O'Callaghan et G. D. Niswender. 1978. Serum melatonin concentrations during different stages of the annual reproductive cycle in ewes. *Biol. Reprod.* 18: 279-285.
- Schanbacher, B. D. et J. D. Crouse. 1980. Growth and performance of growing-finishing lambs exposed to long or short photoperiods. *J. Anim. Sci.* 51: 943-948.
- Schanbacher, B. D., G. L. Hahn et J. A. Nienaber. 1982. Effects of contrasting photoperiods and temperatures on performance traits of confinement-reared ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 55: 620-626.
- Schillo, K. K., C. W. Alliston et P. V. Malven. 1978. Plasma concentrations of luteinizing hormone and prolactin in the ovariectomized ewe during induced hyperthermia. *Biol. Reprod.* 19: 306-313.
- Shemesh, M., N. Ayalon et T. Mazor. 1979. Early pregnancy in the ewe, based on milk progesterone levels. *J. Reprod. Fert.* 56: 301-304.

- Silvia, W. J., G. S. Lewis, J. A. McCracken, W. W. Thatcher et L. Wilson. 1991. Hormonal regulation of uterine secretion of prostaglandin F2 alpha during luteolysis in ruminants. *Biol. Reprod.* 45: 655-663.
- Siopes, T. D. 1984. The effect of high and low intensity cool-white fluorescent lighting on the reproductive performance of turkey breeder hens. *Poult. Sci.* 63: 920-926.
- Siopes, T. D., M. B. Timmons, G. R. Baughman et C. R. Parkhurst. 1983. The effect of light intensity on the growth performance of male turkeys. *Poult. Sci.* 62: 2336-2342.
- Siopes, T. D., M. B. Timmons, G. R. Baughman et C. R. Parkhurst. 1984. The effects of light intensity on turkey poult performance, eye morphology, and adrenal weight. *Poult. Sci.* 63: 904-909.
- Stanisiewski, E. P., R. W. Mellenberger, C. R. Anderson et H. A. Tucker. 1985. Effect of photoperiod on milk yield and milk fat in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 68: 1134-1140.
- Stevenson, J. S., D. S. Pollman, D. L. Davis et J. P. Murphy. 1983. Influence of supplemental light on sow performance during and after lactation. *J. Anim. Sci.* 56: 1282-1286.
- Suttie, J. M., R. G. White, B. H. Breier et P. D. Gluckman. 1991. Photoperiod associated changes in insulin-like growth factor-I in reindeer. *Endocrinol.* 129: 679-682.
- Sweeney, T., A. Donovan, F. J. Karsch, J. F. Roche et D. O'Callaghan. 1997a. Influence of previous photoperiodic exposure on the reproductive response to a specific photoperiod signal in ewes. *Biol. Reprod.* 56: 916-920.
- Sweeney, T., A. Donovan, J. F. Roche et D. O'Callaghan. 1997b. Variation in the ability of a long day followed by a short day photoperiod signal to initiate reproductive activity in ewes at different times of the year. *J. Reprod. Fert.* 109: 121-127.
- Sweeney, T., G. Kelly et D. O'Callaghan. 1999. Seasonal variation in long-day stimulation of prolactin secretion in ewes. *Biol. Reprod.* 60: 128-133.
- Sweeney, T. et D. O'Callaghan. 1995. Physiology of seasonal reproductive transitions in the ewe - Regulation by photoperiod and other environmental cues. *Reprod. Domest. Anim.* 30: 178-182.

- Symons, A. M., J. Arendt et C. A. Laud. 1983. Melatonin feeding decreases prolactin levels in the ewe. *J. Endocrinol.* 99: 41-46.
- Terqui, M., C. Delouis et R. Ortavant. 1984. Photoperiodism and hormones in sheep and goats. Dans : J. F. a. O. C. Roche, D. (éd.). *Manipulation of growth in farm animals.* p.260- 273. Boston, États-Unis.
- Thiéry, J. C., P. Chemineau, X. Hernandez, M. Migaud et B. Malpaux. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinol.* 23: 87-100.
- Thiéry, J. C., V. Gayrard, S. Le Corre, C. Viguie, G. B. Martin, P. Chemineau et B. Malpaux. 1995. Dopaminergic control of LH secretion by the A15 nucleus in anoestrus ewes. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 49: 285-296.
- Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *Prod. Anim.* 13: 177-183.
- Thimonier, J. et P. Mauléon. 1969. Variations saisonnières du comportement d'œstrus et des activités ovarienne et hypophysaire chez les ovins. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.* 9: 233-250.
- Tucker, H. A. 1985. Photoperiodic influences on milk production in dairy cows. Dans : W. Haresign (éd.). *Recent advances in animal nutrition.* p. 211-221. Butterworths, Londres, Royaume-Uni.
- Tucker, H. A., D. Petitclerc et S. A. Zinn. 1984. The influence of photoperiod on body weight gain, body composition, nutrient intake and hormone secretion. *J. Anim. Sci.* 59: 1610-1620.
- Viguie, C., A. Caraty, A. Locatelli et B. Malpaux. 1995. Regulation of LHRH secretion by melatonin in the ewe. I. Simultaneous delayed increase in LHRH and LH pulsatile secretion. *Biol. Reprod.* 52: 1114-1120.
- Walkden-Brown, S. W., G. D. Ramanah, Z. Hai et G. B. Martin. 1998. Effect of season and nutrition on plasma growth hormone (GH) and insulin-like growth factor-1 (IGF-1) concentrations in goat bucks. *Anim. Prod. Aust.* 22: 412.
- Walker, V. A., B. A. Young et B. Walker. 1991. Does seasonal photoperiod directly influence energy metabolism. Dans : C. Wenk and M. Boessinger (éds.). *Energy metabolism in farm animals.* Eur. Ass. Anim. Prod. p. 372-375. Thurgau, Suisse.

- Wayne, N. L., B. Malpoux et F. J. Karsch. 1988. How does melatonin code for day length in the ewe: Duration of nocturnal melatonin release or coincidence of melatonin with a light-entrained sensitive period. *Biol. Reprod.* 39: 66-75.
- Wayne, N. L., B. Malpoux et F. J. Karsch. 1989. Social cues can play a role in timing onset of the breeding season of the ewe. *J. Reprod. Fertil.* 87: 707-713.
- Wayne, N. L., B. Malpoux et F. J. Karsch. 1990. Photoperiodic requirements for timing onset and duration of the breeding season of the ewe: Synchronization of an endogenous rhythm of reproduction. *J. Comp. Physiol. [A]* 166: 835-842.
- Williams, L. M. et P. J. Morgan. 1988. Demonstration of melatonin-binding sites on the pars tuberalis of the rat. *J. Endocrinol.* 119: R1-R3.
- Winder, S. J., A. Turvey et I. A. Forsyth. 1989. Stimulation of DNA synthesis in cultures of ovine mammary epithelial cells by insulin and insulin-like growth factors. *J. Endocrinol.* 123: 319-326.
- Wohlt, J. E., W. L. Foy, D. M. Kniffen et J. R. Trout. 1984. Milk yield by Dorset ewes as affected by sibling status, sex and age of lamb, and measurement. *J. Dairy Sci.* 67: 802-807.
- Woodfill, C. J., J. E. Robinson, B. Malpoux et F. J. Karsch. 1991. Synchronization of the circannual reproductive rhythm of the ewe by discrete photoperiodic signals. *Biol. Reprod.* 45: 110-121.
- Worthy, K. et W. Haresign. 1983. Evidence that the onset of seasonal anoestrus in the ewe may be independent of increasing prolactin concentrations and daylength. *J. Reprod. Fertil.* 69: 41-48.
- Worthy, K., W. Haresign, S. Dodson, B. J. McLeod, G. R. Foxcroft et N. B. Haynes. 1985. Evidence that the onset of the breeding season in the ewe may be independent of decreasing plasma prolactin concentrations. *J. Reprod. Fertil.* 75: 237-246.
- Wright, D. E., B. A. Jones et K. G. Geenty. 1974. Measurement of milk consumption in young ruminants using tritiated water. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 34: 145-150.
- Yahav, S., S. Hurwitz et I. Rozenboim. 2000. The effect of light intensity on growth and development of turkey toms. *Br. Poult. Sci.* 41: 101-106.
- Yeates, N. T. M. 1949. The breeding season of the ewe with particular reference to its modification by artificial means using light. *J. Agric. Sci.* 39: 1-43.

- Zinn, S. A., L. T. Chapin, W. J. Enright et H. A. Tucker. 1989. Failure of photoperiod to alter body growth and carcass composition in beef steers. *J. Anim. Sci.* 67: 1249-1257.
- Zinn, S. A., R. W. Purchas, L. T. Chapin, D. Petitclerc, R. A. Markel, W. G. Bergen et H. A. Tucker. 1986. Effects of photoperiod on growth, carcass composition, prolactin, growth hormone and cortisol in prepubertal and postpubertal Holstein heifers. *J. Anim. Sci.* 63: 1804-1815.

CHAPITRE 3.

DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE MINIMALE POUR LES BREBIS SOUMISES À UN PROGRAMME DE PHOTOPÉRIODE

3.1. RÉSUMÉ

Ce projet avait pour objectif de déterminer l'intensité lumineuse minimale à utiliser dans les programmes de photopériode servant au contrôle de la reproduction des brebis. Pour ce faire, 90 brebis Dorset gestantes ont été réparties, à 60 jours de gestation, à l'intérieur de trois chambres d'intensité de 10, 30 et 117 lux. Les brebis ont été soumises à un traitement photopériodique de type « classique » afin d'induire une période d'activité sexuelle au printemps : quatre mois de jours longs (JL) de décembre à avril, suivis de quatre mois de jours courts (JC) d'avril à août. Le changement des JL vers les JC s'est fait autour du jour 25 de lactation. Les brebis étaient tarées vers 53 jours de lactation et remise en reproduction vers 90 jours post-partum. L'observation des patrons de sécrétion de mélatonine a permis de montrer qu'une intensité lumineuse de l'ordre de 10 lux était suffisante pour inhiber la sécrétion de mélatonine. L'intensité lumineuse n'a pas eu d'effet sur l'évolution des réserves corporelles des brebis évaluées par des mesures d'état de chair et d'épaisseurs de gras dorsal et d'œil de longe. L'intensité lumineuse n'a également pas eu d'effet sur leurs performances zootechniques et reproductives. Ainsi, le poids de la portée à la naissance, l'intervalle mise aux béliers-saillie fécondante de même que la fertilité sous régime photopériodique n'ont pas différé d'un traitement à l'autre. De plus, les brebis ont bien répondu au programme photopériodique puisque la fertilité était supérieure à 85 % pour tous les traitements. L'intensité lumineuse n'a également pas eu d'impact sur la croissance présevrage des agneaux. Ces résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'intensité lumineuse sur les performances zootechniques et de reproduction des brebis lorsque celle-ci est comprise entre 10 et 117 lux. Une intensité lumineuse aussi faible que 10 lux est donc suffisante pour permettre aux brebis de distinguer le jour de la nuit, mais également pour entraîner le cycle reproducteur des femelles sous un régime de photopériode.

3.2. INTRODUCTION

L'effet de la photopériode sur la reproduction des ovins est reconnu depuis longtemps (Yeates, 1949; Hafez, 1952). Plusieurs études ont d'ailleurs permis d'établir des méthodes permettant de manipuler et d'accélérer le cycle reproducteur des ovins à l'aide de la photopériode (Ducker et Bowman, 1972; Vesely et Swierstra, 1985; Sweeney et O'Callaghan, 1995; Cameron, 2006). Par contre, il n'existe que très peu d'études permettant de déterminer l'intensité lumineuse minimale à utiliser pour l'application de ces programmes de photopériode. Cette absence de données d'intensités lumineuses normalisées entraîne une grande variabilité des intensités utilisées lors des expérimentations sur les effets de la photopériode. En effet, la majorité des auteurs utilisent des valeurs d'intensité de l'ordre de 50 à 600 lux, ce qui semble suffisant pour obtenir une réponse reproductive appropriée (Arendt *et al.*, 1983; Kennaway *et al.*, 1983). Une étude de Forbes (1982) avance cependant l'hypothèse qu'une démarcation très nette entre le jour et la nuit est nécessaire pour obtenir l'effet souhaité et qu'une intensité de 100 lux ou moins serait insuffisante pour permettre à l'animal de la considérer comme étant le jour. En France, les recommandations techniques des spécialistes vont même jusqu'à proposer une intensité minimale de 200 lux et plus pour utiliser la photopériode (Pottier et Sagot, 2006). Par contre, une recherche récente réalisée par Cameron (2006) a montré qu'une intensité de l'ordre de 15 lux était suffisante pour entraîner le cycle reproducteur des brebis. L'étude antérieure de Arendt et Ravault (1988) sur les béliers avait d'ailleurs montré que de tels résultats étaient possibles. Par contre, cette dernière étude utilisait un flash lumineux imposé pendant la nuit, tout comme l'étude de Laferte *et al.* (1997), réalisée chez la chèvre qui avait également montré de tels résultats. Il n'existe donc aucune étude ayant porté sur l'effet d'une exposition prolongée à différentes intensités lumineuses sur les performances reproductives des brebis.

L'objectif de cette étude était de déterminer l'intensité lumineuse minimale à utiliser dans les programmes de photopériode servant au contrôle de la reproduction des brebis. Les intensités testées ont donc été choisies de façon à respecter les conditions réelles d'application de ces programmes. De façon plus spécifique, ces travaux visaient à évaluer l'influence de trois intensités lumineuses durant les périodes de gestation et de lactation sur

la productivité des brebis et évaluer l'impact de l'intensité lumineuse sur la croissance et la consommation des agneaux élevés sous la mère. De plus, cette étude visait à mesurer l'effet de l'intensité lumineuse en période d'accouplement sur la fertilité et la prolificité des brebis soumises à un traitement de photopériode en plus d'évaluer l'impact de l'intensité lumineuse sur la sécrétion hormonale de mélatonine.

3.3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.3.1. Logement

Ce projet a été réalisé dans les installations du Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ) qui est situé à La Pocatière (Québec, Canada), à 47° 21' N de latitude et 70° 2' W de longitude.

Pour la période précédant le début des traitements d'intensité lumineuse (avant 60 jours de gestation), les animaux étaient logés ensemble dans la bergerie principale du CEPOQ. Celle-ci possède plusieurs fenêtres et la durée de l'éclairage à l'intérieur suivait la photopériode naturelle (de septembre \pm 13 h/j de lumière à décembre \pm 8,5 h/j de lumière).

Le bâtiment utilisé pour loger les brebis lors de la période d'expérimentation sous différentes intensités lumineuses n'avait pas de fenêtres. De plus, toute ouverture pouvant permettre l'entrée de lumière extérieure avait été obstruée. Le bâtiment a été divisé en trois sections correspondant aux trois traitements d'intensité lumineuse appliqués. La durée de la photopériode était contrôlée dans les trois chambres par une seule minuterie, puisque tous les animaux recevaient la même durée d'éclairage soit 16 h de lumière par jour en jours longs (JL) et 8 h de lumière en jours courts (JC). Les chambres étaient bien isolées de la lumière les unes des autres et la ventilation était similaire pour chaque chambre d'intensité. La température à l'intérieur des installations a varié selon la saison puisque ce bâtiment n'était pas isolé. Par contre, la température était la même pour tous les traitements. Pour s'en assurer, la température et l'humidité ont été enregistrées à toutes les deux heures, dans chaque chambre d'intensité, durant toute l'expérimentation. Ces mesures ont été prises de façon automatique à l'aide d'un enregistreur électronique (Dickson Modèle TP120, Addison, Illinois, États-Unis) et sont présentées à l'annexe B.

3.3.2. Traitements d'intensité lumineuse

Chacune des trois chambres possédait sa propre intensité moyenne soit 10 lux, 30 lux et 117 lux (Figure A.1, A.2 et A.3 de l'annexe A). Un luminaire était installé au milieu de chaque parc. Au début et à la fin de l'expérimentation, l'intensité lumineuse a été vérifiée à plusieurs endroits dans chaque parc, et ce, pour tous les traitements. Cette opération s'est effectuée à l'aide d'un luxmètre numérique (TES Electrical Electronic Corp. TES-1335, Taipei, Taiwan) placé à la hauteur des yeux des animaux (91 cm du sol). Les différences d'intensité ont été obtenues en appliquant une ou plusieurs épaisseurs de tissus sur les luminaires pourvus de fluorescents (deux tubes fluorescents de type « daylight » de 60W mesurant 1,22 m).

3.3.3. Animaux et régie d'élevage

Accouplement #1

Cent quarante-trois (143) femelles adultes de race pure Dorset ont été sélectionnées et accouplées en saison sexuelle (octobre). Cinq semaines avant l'accouplement, l'état de chair des brebis a été noté de façon à ajuster l'alimentation des femelles pour obtenir un état de chair moyen d'environ 3,0-3,5 au moment de la saillie.

Des éponges vaginales imprégnées d'un progestagène (Veramix, Upjohn Pharmacia, Orangeville, Ontario, Canada) ont été insérées dans le vagin des brebis pour une période de 14 jours de façon à synchroniser l'accouplement des brebis et faciliter la réalisation de l'expérience. Au retrait des éponges, les brebis ont reçu une injection de 500 U.I. de PMSG (Folligon, Intervet, Whitby, Ontario, Canada). Les brebis ont été accouplées par groupe de huit de façon à maximiser les résultats de fertilité (un bélier par groupe). Les béliers, munis de harnais-marqueurs, ont été laissés avec les brebis pour une période de cinq jours.

Soixante jours après la saillie synchronisée, un test de gestation par échographie a été réalisé sur les brebis. Un dénombrement des fœtus a également été effectué afin de permettre une première répartition des brebis en fonction des tailles de portée puisque celles-ci devaient être similaires entre les traitements. Quarante-vingt-dix (90) brebis

gestantes de la saillie synchronisée ont participé à la suite du protocole. L'état de chair et le poids des brebis ont été mesurés à l'échographie.

Gestation #1

Après l'échographie, les 90 brebis retenues ont été réparties de façon à uniformiser les tailles de portée à l'échographie, les âges, les poids et les états de chair entre les trois traitements d'intensité lumineuse et entre les parcs de chaque traitement. Les brebis ont été logées en groupes de cinq individus à l'intérieur de la bergerie principale du CEPOQ à raison de six parcs de cinq brebis par traitement pour un total de 18 parcs. Les brebis sont demeurées ainsi ensemble pour une période de sept jours dans la bergerie principale (période d'acclimatation).

Après 7 jours, les brebis ont été déplacées vers le bâtiment de photopériode et elles ont été placées dans leurs chambres respectives. À ce stade, le bâtiment était sous une photopériode de JL, soit 16 h de lumière et 8 h de noirceur par jour.

Six semaines avant la date prévue du début des agnelages, l'état de chair des brebis a été noté et l'alimentation a été ajustée afin d'obtenir une condition optimale de 3,5 au moment de l'agnelage.

Agnelage #1

À l'intérieur de 24 h suivant la naissance, les agneaux ont été pesés et identifiés. Des parcs à la dérobée (petits parcs contenant des concentrés auxquels seuls les agneaux ont accès) ont été installés dans chaque parquet quelques jours après le début des agnelages.

Une fois les agnelages terminés, une nouvelle réorganisation des brebis a été effectuée. À l'intérieur de chaque traitement, les groupes de brebis ont été réarrangés de façon à ce que chacun des parcs d'un même traitement soit composé d'animaux équivalents et que les traitements soient également équivalents entre eux. Certaines brebis ont ainsi dû être retirées du projet afin d'obtenir une meilleure uniformité entre les traitements. Les variables qui ont été uniformisées étaient le nombre d'agneaux élevés, de même que le poids et l'état

de chair des brebis. Suite à cette nouvelle réorganisation, six nouveaux parcs de quatre individus ont été formés à l'intérieur des traitements pour un total de 72 brebis, soit 24 par traitement. Ces parcs étaient répartis de façon à obtenir trois parcs par traitement de brebis allaitants chacune deux agneaux et trois parcs de brebis allaitant un ou deux agneaux (1,67 agneaux par brebis). Au niveau des parcs mixtes, le nombre d'agneaux allaités a été uniformisé entre les parcs et entre les traitements.

Lactation #1

Le poids des agneaux et le gain moyen quotidien (GMQ) ont été évalués à toutes les semaines jusqu'au sevrage. Les agneaux ont été sevrés en un seul groupe à un âge moyen de 53 jours. Pour ce faire, les brebis ont été laissées dans les enclos et les agneaux ont été retirés des parcs.

Après le retrait des agneaux, toutes les brebis d'un même traitement ont été placées dans un seul groupe de 24 jusqu'au moment de la mise en accouplement.

Accouplement #2

Les béliers, munis de harnais-marqueur pour pouvoir identifier le moment d'apparition des chaleurs des brebis, ont été introduits avec les brebis, 55 jours après le début du traitement de JC (voir section 3.3.4.), ce qui correspondait au jour 88 post-partum (35 jours après le sevrage). La période de saillie a été de 35 jours et le ratio bélier : brebis était de l'ordre de 1 : 12 soit deux béliers par traitement. Dans les jours précédant la mise à la saillie, les brebis ont été tondues.

Gestation et agnelage #2

L'échographie a eu lieu 80 jours après la mise au bélier. Au moment de l'agnelage, et ce, à l'intérieur de 24 h suivant la naissance, les agneaux ont été pesés et identifiés. Des parcs à la dérobee ont été installés dans chaque parquet quelques jours après le début des agnelages.

3.3.4. Protocole photopériodique

Toutes les brebis ont suivi le même programme lumineux, seule l'intensité lumineuse a changé. De l'accouplement de l'automne (mi-octobre) à l'échographie (mi-décembre), les brebis ont été gardées sous lumière naturelle. De l'échographie jusqu'au jour 25 de lactation (soit un total de quatre mois - jusqu'à avril), elles ont reçu des JL de 16 h/j de lumière. À partir du jour 25 de lactation, les brebis ont été exposées à des JC de 8 h/j de luminosité pour une autre période de quatre mois. Par la suite, les brebis ont été retournées en lumière naturelle. La figure 3.1 présente l'évolution chronologique de l'expérience ainsi qu'une schématisation du protocole photopériodique

3.3.5. Alimentation

Brebis

Durant toute la durée du projet, la ration des brebis était composée en majeure partie d'un mélange de 50 % d'ensilage d'herbe et de 50 % d'ensilage de maïs servi à volonté (minimum 10 % de refus). Les refus étaient retirés des mangeoires chaque jour. Un complément commercial de minéraux, d'oligoéléments et de vitamines (« Ovation 18-12 » Coop Fédérée, Montréal, Québec, Canada) était distribué en « top-dress » à raison de 20 g/brebis/j. Ces aliments ont été servis peu importe le stade physiologique.

En toute fin de gestation #1, de l'orge a été ajoutée à la ration à raison de 170 g/brebis/j. À ce stade, les brebis avaient besoin d'un apport énergétique accru et le volume de la ration devait être réduit. L'orge a été servie sur une période s'étendant de la semaine précédant les agnelages jusqu'à la fin des agnelages (période de ± 15 jours).

Pour les périodes de lactation, un supplément protéique commercial contenant 38 % de protéines brutes (« Ovation 38 » Coop Fédérée, Montréal, Québec, Canada) a été servi aux brebis à raison de 340 g/brebis/j. Afin de bien compléter la ration, un complément commercial de minéraux, d'oligoéléments et de vitamines mis en comprimés (« Ovicube » Coop Fédérée) a été ajouté, à raison de 15 g/brebis/j. Sa composition était sensiblement la même que celui utilisé précédemment dans l'expérimentation, mis à part sa texture qui était en comprimés. Ce complément a été utilisé pour le reste de l'expérimentation.

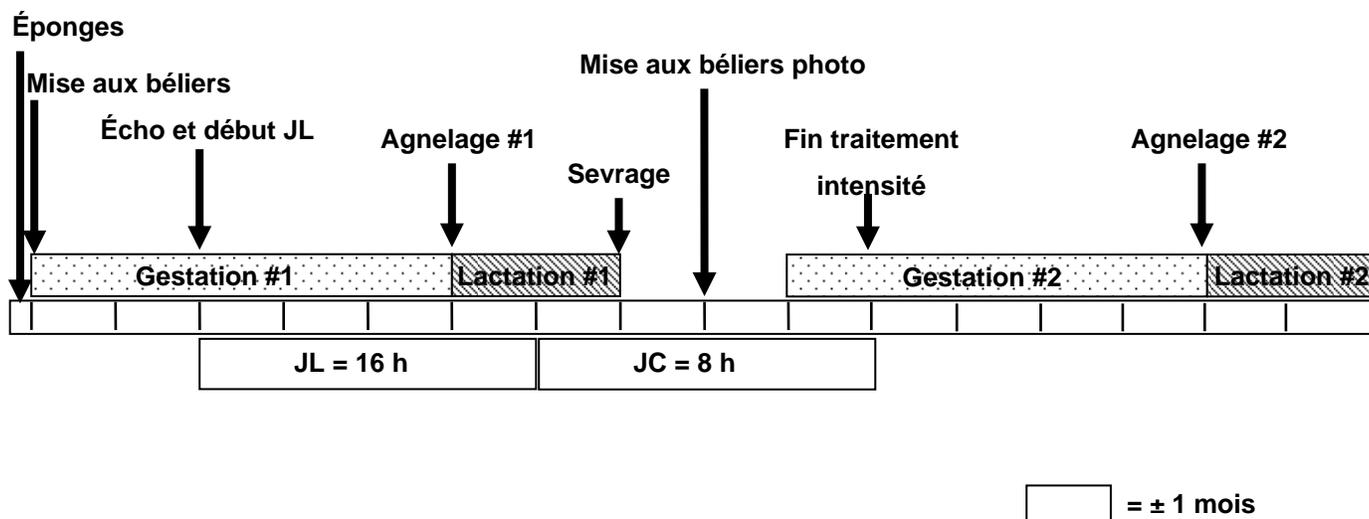


Figure 3.1. Évolution chronologique de l'expérimentation et protocole photopériodique

Une semaine avant la date prévue des sevrages, le supplément protéique a complètement été retiré de l'alimentation des brebis et la quantité d'ensilage a graduellement été diminuée à partir de quatre jours avant le sevrage pour atteindre environ 70 % de l'alimentation à volonté le jour précédent le sevrage. Le jour du sevrage, les brebis ont reçu exclusivement de la paille à volonté et elles n'ont pas eu accès à l'eau pendant 24 h. Par la suite, les brebis ont été alimentées avec des quantités croissantes d'un foin de faible valeur nutritive pour 10 jours (alimentation à volonté atteinte quatre jours après le sevrage). La période de reconditionnement (« flushing ») a alors débuté. La quantité de concentrés a été croissante sur trois jours et l'ensilage a été réintroduit dans la ration. Pendant la période de reconditionnement, les brebis ont reçu du maïs grain sec afin d'atteindre une condition de chair optimale pour la saillie (3,0-3,5). La quantité distribuée était fonction de l'évolution de l'état de chair. La quantité a donc varié au fil des semaines de 500 g/brebis/j au début de la période à 300 g/brebis/j à l'approche de la condition de chair optimale.

La consommation de fourrages des brebis a été évaluée à cinq reprises pendant la lactation #1. La consommation d'ensilage des brebis a été évaluée sur quatre jours consécutifs au cours des semaines 2 à 6 de lactation. À ces occasions, la quantité d'ensilage servie était mesurée sur une base telle que servie. Les refus de chaque parquet ont été récoltés et pesés chaque jour.

Agneaux

À partir de la 2^e semaine de lactation, une alimentation à la dérobée a été servie aux agneaux. Du foin d'excellente qualité était offert à volonté. Un concentré commercial de type « début » contenant 18 % de protéine brute (« Puranio 18 », Agribrands Purina Canada, Woodstock, Ontario, Canada) était servi également à volonté. Les quantités de concentrés servies aux agneaux étaient enregistrées. Une fois par semaine, les refus de concentrés étaient récoltés et pesés.

Échantillonnage des aliments

Des échantillons représentatifs des ensilages servis ont été prélevés durant les tests de consommation. Un échantillon du mélange ensilage d'herbe/ensilage de maïs a été prélevé

chaque jour juste avant la distribution aux animaux. L'échantillon était conservé dans un sac de plastique. L'air a été retiré en pressant le sac, il a été fermé et immédiatement placé au réfrigérateur en attendant la fin de la période de mesures (quatre jours). Lorsque tous les échantillons d'une même période de mesures étaient prélevés (à la fin d'une semaine), les échantillons étaient mélangés ensemble pour ne conserver qu'un seul échantillon d'ensilages servis. Ces échantillons ont été congelés à -20 °C jusqu'aux analyses.

Les refus ont été récoltés et pesés chaque jour pour chaque parquet pendant les tests de consommation. Un échantillon a été prélevé pour chaque parc et a été congelé à -20 °C. À la fin de la semaine, les échantillons de refus d'un même parc ont été partiellement décongelés et mélangés pour ne conserver qu'un échantillon de refus par parc par semaine.

Les analyses chimiques des aliments (PB, ADF, Ca, P, K, Mg, Na) ont été effectuées au laboratoire du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) en chimie humide.

Un échantillon du concentré commercial offert à la dérobee aux agneaux a été prélevé une fois par semaine. Les échantillons ont été congelés à -20 °C. À la fin de la période de lactation, tous les échantillons provenant d'un même lot de concentrés à la dérobee ont été regroupés pour ne conserver qu'un seul échantillon pour l'analyse. Les analyses (PB, ADF, Ca, P, K, Mg, Na, Cu) ont été effectuées au laboratoire du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) en chimie humide.

3.3.6. Évaluation de la production laitière

La production laitière de 36 brebis (12 brebis/traitement) élevant des jumeaux a été évaluée aux jours 15, 30 et 45 de lactation par la technique du « weigh-suckle-weigh » ou pesée-tétée-pesée. Cette technique consistait à séparer les agneaux de leur mère pour une première période de trois heures. Les agneaux étaient ensuite replacés avec les brebis jusqu'à ce que la tétée soit complètement terminée (environ 5 min), ce qui permettait une vidange complète du pis. Ensuite, les agneaux étaient de nouveau séparés de leurs mères pour une seconde période de trois heures. À la fin des trois heures, les agneaux étaient précisément

pesés juste avant d'être replacés avec leur mère. Lorsque la tétée était terminée, les agneaux étaient pesés à nouveau. Le gain de poids des agneaux d'une même portée permettait d'estimer la production laitière relative de la brebis pour une période fixe de trois heures (Benson *et al.*, 1999; Cardellino et Benson 2002).

3.3.7. Prélèvements sanguins

Mélatonine

La mélatonine a été mesurée chez 6 brebis/traitement afin d'évaluer la perception de l'intensité lumineuse des brebis. Une première série de prélèvements sanguins a été réalisée au début du traitement d'intensité lumineuse (passage en JL en gestation). Les prises de sang ont eu lieu deux jours avant le début du traitement lumineux de JL, le jour du début du traitement, deux et quatre jours après. Une deuxième série de prélèvements a été effectuée lors du changement des JL en JC (en lactation). Les prélèvements ont eu lieu trois jours avant le changement, le jour du changement et, finalement, quatre jours après le changement. Les prélèvements ont été réalisés sur une période de 24 h à toutes les deux à trois heures. Des prélèvements ont également été effectués 30 min avant et 30 min après l'ouverture des lumières. La même procédure a été répétée lors de la fermeture des lumières. Durant la nuit, une très faible lumière rouge sombre (type « light stick »), générant moins de 1 lux à la hauteur des yeux des animaux, a été utilisée pour effectuer les opérations nocturnes. Les prélèvements ont été réalisés dans la veine jugulaire à l'aide de tubes héparinés pour le plasma de type Vacutainer® d'une capacité de 10 ml. Lors de l'échantillonnage, les tubes de sang ont été placés sur la glace. À la fin des prélèvements, les échantillons sanguins ont immédiatement été centrifugés à 2000 G, à 4 °C, pendant 20 min. Le plasma a été prélevé et congelé à -20 °C. Les dosages de mélatonine ont été réalisés dans un laboratoire de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) situé à Nouzilly en France. La concentration en mélatonine a été déterminée à l'aide de la technique de dosages radio-immunologiques à double anticorps (Malpaux *et al.*, 1993). L'antisérum a été dilué à raison de 1 : 80000. Le ligand utilisé était de l'I¹²⁵ marqué pour la mélatonine. L'antisérum et le ligand ont été produits dans les laboratoires de l'INRA. La courbe standard et les concentrations témoins ont été développées à partir du plasma ovine provenant d'animaux pinéalectomisés auquel était ajouté des quantités connues de

mélatonine commerciale (Fluka, Buchs, Suisse). La spécificité de l'anticorps a été vérifiée par un test d'inhibition des sites de liaison pour la mélatonine. Le coefficient de variation intra-dosage était de 20,84 %.

Progestérone

Des mesures de la progestérone plasmatique ont été effectuées afin d'établir le début de l'activité œstrale des brebis suite au début des JC. À partir du jour 60 post-partum jusqu'à 10 jours suivant la première chaleur observée de chaque brebis, des prélèvements sanguins ont été effectués deux fois par semaine sur 12 brebis de chaque traitement. Lorsque la concentration de progestérone était supérieure à 1 ng/ml, la brebis était considérée comme cyclique depuis le prélèvement précédant l'élévation de progestérone observée. Les échantillons ont été récoltés dans des tubes héparinés pour le plasma de type Vacutainer® d'une capacité de 10 ml à partir de la veine jugulaire. Les tubes ont été placés sur la glace pendant les prélèvements. Ils ont ensuite été centrifugés à 2000 G à 4 °C pendant 20 min. Le plasma a été récolté et congelé à -20 °C.

La progestérone a été dosée à partir d'une trousse radio-immunologique commerciale (DSL-3900 ACTIVE®, Diagnostic Systems Laboratories Inc., Texas, États-Unis). Les échantillons n'ont pas été analysés en duplicata puisqu'il ne s'agissait pas de comparer les niveaux absolus de progestérone mais bien d'observer la cyclicité des femelles (présence ou absence de progestérone). La sensibilité théorique, ou limite de détection minimum, était de 0,12 ng/ml et les coefficients de variation fournis par le fabricant étaient de 6,57 % intra-dosage et de 11,73 % inter-dosage.

3.3.8. Réserves corporelles

Pour suivre l'évolution des réserves corporelles des brebis durant le projet, des évaluations de l'état de chair (cotes de 0 à 5; 0 correspondant à émaciée et 5 correspondant à très grasse) et des mesures aux ultrasons (US) ont été réalisées pendant la semaine d'acclimatation, six semaines avant l'agnelage, une semaine après l'agnelage, au sevrage et à la remise en accouplement.

L'épaisseur de l'œil de longe (*longissimus dorsi*) et l'épaisseur du gras de couverture ont été évaluées à l'aide d'un appareil à ultrasons mode B (Ultrascan50, Alliance médicale Inc, Montréal, Québec, Canada). Ces mesures ont été effectuées à deux sites différents. Le premier site a permis de mesurer l'épaisseur des tissus au même endroit que celui utilisé lors de la classification des carcasses au Canada (site GR). Il a été évalué à la 12^e côte (entre la 11^e et la 12^e) à 11 cm de la colonne vertébrale, du côté gauche de l'animal. Le deuxième site a permis d'évaluer le dépôt du gras, ainsi que la profondeur du muscle *longissimus dorsi*, dans la région lombaire, puisque les mesures effectuées à ce site sont particulièrement stables, peu importe la position de l'animal. La mesure a été effectuée entre la 3^e et la 4^e vertèbres lombaires à 4 cm de la colonne vertébrale, en plaçant la sonde parallèlement à la colonne. L'épaisseur de gras de couverture a été prise au-dessus du point le plus profond du *longissimus dorsi*, puis à environ 2 cm de la première mesure latéralement vers la gauche de l'animal.

Il est à noter que la peau a été incluse dans toutes les mesures de gras puisque cette couche de tissu est difficilement dissociable du gras et que son discernement laisse place à trop d'interprétation (source d'erreur importante). De plus, cette couche est mince et son épaisseur est relativement constante, d'un animal à l'autre, lorsque ceux-ci sont adéquatement tondus. Pour réaliser ces mesures, les sites ont été dégagés de toute laine, à l'aide d'une tondeuse munie d'une lame de type 40 (0,25 mm).

3.3.9. Analyses statistiques

Toutes les données non catégoriques ont été analysées à l'aide de la procédure MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 2001).

Pour les variables mesurées pendant la période de gestation et à l'agnelage, le parc contenant cinq brebis a été considéré comme unité expérimentale et comme facteur aléatoire. La source de variation (facteur fixe) incluse dans le modèle était l'intensité lumineuse.

Pour évaluer l'effet de l'intensité lumineuse sur le poids de la portée, il était important d'isoler l'effet potentiel de la taille de la portée et du sexe des agneaux à la naissance sur cette variable pour ne garder que l'effet de l'intensité. En complément de l'analyse de variance de la prolificité, le test du Khi-carré sur la fréquence des tailles de portée montrait que la représentation des jumeaux et des triplets était similaire entre les traitements. Le nombre de portées simples et multiples (4 et +) était, par ailleurs, négligeable dans tous les traitements (0 à 2). Pour les portées de jumeaux, l'analyse de la distribution des sexes n'a pas non plus fait ressortir de disparité entre les traitements. Une analyse du poids à la naissance, incluant uniquement les femelles ayant eu deux agneaux ($n = 60$), a tout de même été réalisée en complément de l'analyse globale. Trois types de portées sont donc obtenues : les couples femelle-femelle (FF); les couples femelle-mâle (FM) et les couples mâle-mâle (MM). En regardant la distribution des sexes et la moyenne de poids de ces portées, il a été possible d'observer que les couples FF et les couples FM avaient des poids similaires et que les portées MM avaient des poids supérieurs. Ensemble, les portées FF et MF étaient représentées de façon équivalentes à l'intérieur de chaque traitement ($n=14$, 15 et 13, pour les intensités 10, 30 et 117 lux, respectivement). Donc, l'analyse du poids à la naissance a été effectuée pour ces portées FF et FM ensemble.

En ce qui a trait à l'évolution des réserves corporelles au cours de la lactation, le parc de quatre brebis a été considéré comme unité expérimentale et comme facteur aléatoire. Les sources de variation (facteurs fixes) qui ont été incluses dans le modèle sont l'intensité lumineuse et le nombre d'agneaux élevés par la mère.

Pour les tests de production laitière, l'analyse a été faite en mesures répétées et la mère et sa progéniture ont été utilisées comme unité expérimentale. Les sources de variation (facteurs fixes) qui ont été incluses dans le modèle sont l'intensité lumineuse et le jour de lactation (âge des agneaux). Pour l'analyse en mesures répétées de la production laitière, une structure de covariance de type CS (compound symmetry) a été utilisée en basant le choix sur le critère d'Akaike (AIC) et chaque test a été utilisé comme étant une mesure. L'option SLICE de la procédure MIXED a été utilisée afin de comparer les traitements à chaque jour de lactation.

La prise alimentaire au cours de la lactation, l'ingestion d'ensilage des brebis et la consommation de concentrés des agneaux pour cette période ont été analysées en mesures répétées en considérant chaque jour comme une mesure. Les sources de variation (facteurs fixes) qui ont été incluses dans les deux modèles sont l'intensité lumineuse et le nombre d'agneaux élevés par la mère. Chez les brebis, la structure de covariance utilisée était AR(1) selon le critère AIC. Du côté des agneaux, la structure recommandée selon la valeur AIC a été de type hétérogène autorégressif d'ordre 1 (ARH(1)). Comme il y avait une interaction double significative dans les deux cas, les analyses ont été refaites en considérant les brebis élevant 1,67 ou 2,0 agneaux séparément. L'option SLICE de la procédure MIXED a également été utilisée afin de comparer les traitements à chaque jour de test, dans les cas où les interactions simples étaient significatives.

Enfin, au cours de l'accouplement ainsi qu'au cours de la gestation #2 et de l'agnelage #2, la brebis a été considérée comme unité expérimentale, et comme facteur aléatoire, puisque toutes les femelles étaient gardées dans un même parc pendant ces périodes. Pour le poids de la portée à l'agnelage #2, l'analyse a été faite de façon globale, sans tenir compte de la prolificité (différence non significative entre les traitements) ni des sexes des agneaux. En plus de l'analyse de variance de la prolificité, l'étude de la fréquence des tailles de portée à l'aide du test du Khi-carré démontrait que la représentation des simples, des jumeaux et des triplets était similaire entre les traitements. Le nombre de portées multiples (4 et +) était, par ailleurs, négligeable dans tous les traitements (0 à 1). Cette même analyse de la répartition des sexes n'a pas permis de faire ressortir des différences entre les traitements. Cependant, le nombre d'individus par catégorie était faible, ce qui rend le test du Khi-carré moins fiable. Donc, afin d'isoler l'effet potentiel du sexe des agneaux, une analyse par type de portée a été réalisée en complément. Ainsi, les types de portée contenant un nombre suffisant d'individus dans chaque traitement ont été utilisés, soit les portées MF, M et FFM. Cette analyse ayant donné des résultats similaires à l'analyse globale, cette dernière a été utilisée.

Lorsque l'effet de l'intensité était significatif, les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide des contrastes polynomiaux linéaires et quadratiques.

Les paramètres de type catégorique, soit la fertilité, la prolificité et le pourcentage de chaleur observée, ont été analysées à l'aide de la procédure LOGISTIC de SAS (SAS Institute Inc., 2001). Un test de Khi-carré de Wald a été appliqué afin de déterminer l'association entre la réponse et le traitement.

3.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.4.1. Données analysées

Les données de 85 des 90 brebis choisies au début de l'expérience (échographie de la gestation #1) ont été gardées pour des fins d'analyse de la gestation #1. Les informations de trois brebis ont été ignorées puisqu'elles n'ont pas complété leur première gestation (avortement ou mort). Une brebis a été retirée pour des problèmes de santé (perte de poids importante) et finalement, une autre brebis a été enlevée puisqu'elle présentait des valeurs extrêmes pour plusieurs variables (poids et épaisseur de gras très élevés).

Au cours de la phase de lactation #1, les données de 69 des 72 brebis présentes après la sélection faite à l'agnelage #1 ont été analysées. Deux brebis ont été retirées de l'expérimentation au cours de la lactation pour cause de problèmes de santé. Les données d'une autre brebis ont été ignorées puisqu'elles présentaient des valeurs extrêmes (prise de poids et augmentation du dépôt de gras pendant la lactation; poids, état de chair et mesures aux ultrasons très élevés).

Un total de 70 brebis ont été remises à la saillie pour l'accouplement #2 et elles ont toutes terminé le projet.

3.4.2. Perception lumineuse au passage de la lumière naturelle aux jours longs

Les figures 3.2 et 3.3 présentent les patrons de sécrétion de mélatonine deux jours avant le début du traitement de JL et d'intensité lumineuse (J-2), la journée du début du traitement (J0), deux jours (J+2) et quatre jours (J+4) après le début de l'application des différentes intensités lumineuses. Ces mesures ont été effectuées afin de valider si l'intensité lumineuse la plus faible était suffisante pour inhiber la sécrétion de mélatonine de la même

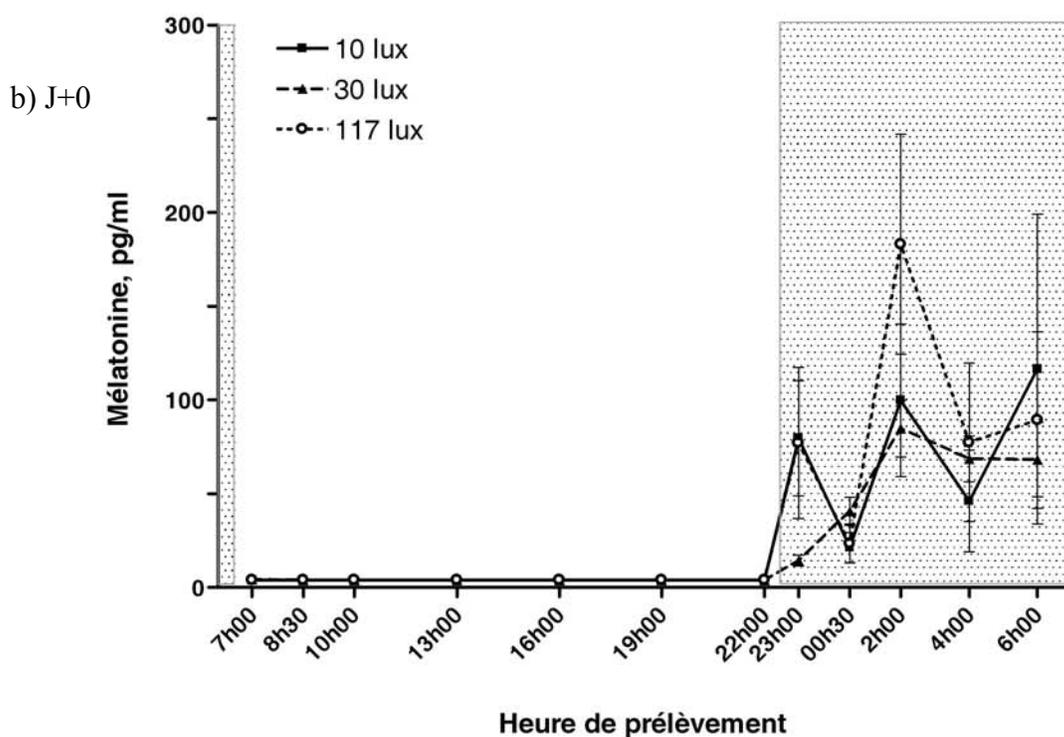
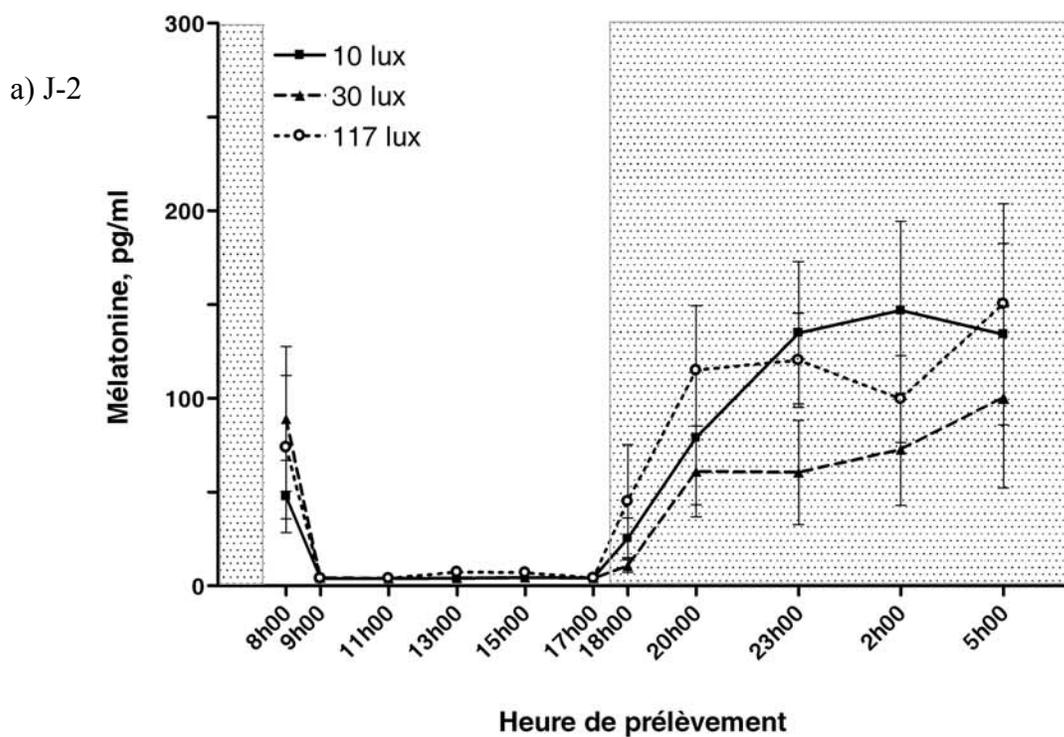


Figure 3.2. Évolution de la concentration plasmatique de mélatonine de brebis a) exposées à une photopériode naturelle, deux jours avant le début du traitement d'intensité lumineuse (J-2) et b) exposées à des JL (16 h/j de lumière) et à des intensités lumineuses de 10, 30, ou 117 lux, le jour du début du traitement d'intensité lumineuse (J0). La zone grise correspond à la période de noirceur. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type des brebis prélevées par traitement.

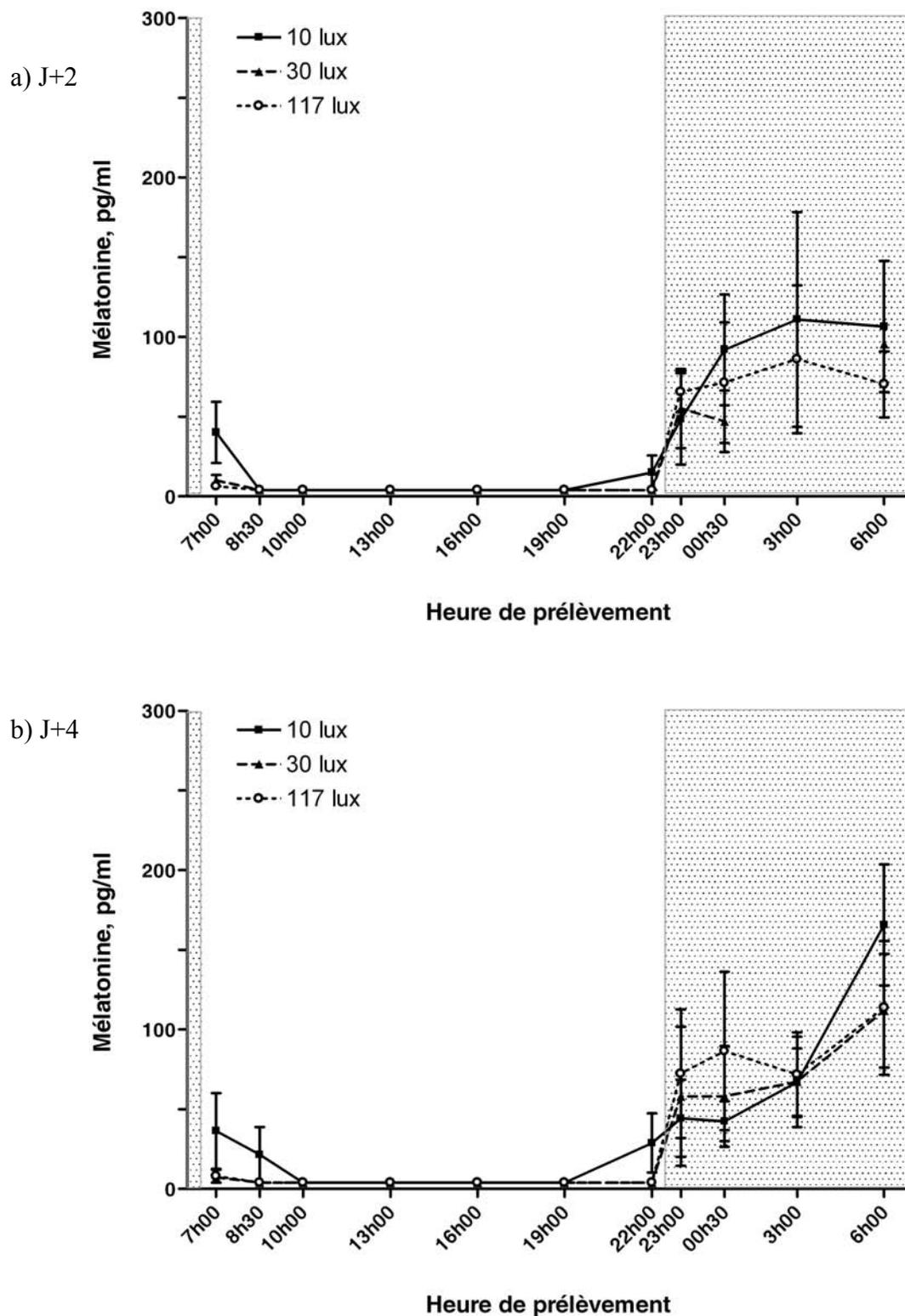


Figure 3.3. Évolution de la concentration plasmatique de mélatonine de brebis a) exposées à 16 h de lumière sous une intensité de 10, 30 ou 117 lux, deux jours après le début du traitement d'intensité (J+2) et b) exposées à 16 h de lumière sous des intensités lumineuses de 10, 30, ou 117 lux, quatre jours après le début du traitement d'intensité (J+4). La zone grise correspond à la période de noirceur. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type des brebis prélevées par traitement.

façon que les autres intensités et donc être considérée comme une période de « jour » par les brebis. De plus, le fait de suivre l'évolution de ces patrons de sécrétion autour de la période du changement lumineux a permis d'observer si le changement de sécrétion était concomitant avec le changement de la durée du jour ou si quelques jours étaient nécessaires à l'implantation du nouveau rythme.

En premier lieu, la figure 3.2 a) présentant les prélèvements faits en lumière naturelle, montre que les concentrations de mélatonine suivent le patron de sécrétion attendu. En effet, chez les ovins, les taux plasmatiques diurnes de mélatonine sont faibles, soit de l'ordre de 5 à 10 pg/ml alors que la nuit, les taux sont beaucoup plus élevés et varient habituellement entre 100 et 500 pg/ml (Malpaux *et al.*, 1987; Notter, 2002). Les patrons de sécrétion observés le jour même du changement de photopériode (J0), montrent que les brebis perçoivent rapidement le changement, et ce, peu importe le traitement d'intensité reçu (Figure 3.2 b). Enfin, les brebis ont bien perçu les trois intensités de façon équivalente aux jours J+2 et J+4 (Figure 3.3). Ainsi, même à la plus faible intensité, les patrons de sécrétion montrent que la mélatonine chute rapidement à des taux minimums après l'ouverture des lumières. Cette observation se maintient également deux et quatre jours après le début des traitements. C'est donc dire que les intensités de 10, 30 et 117 lux permettent aux animaux de bien percevoir un changement lumineux.

Ces observations réfutent donc la théorie de Forbes (1982) qui affirmait qu'une intensité de 100 lux ou moins serait insuffisante pour permettre à l'animal de considérer ce faible éclaircissement comme étant le jour. Les résultats obtenus viennent ainsi appuyer les observations faites par Arendt et Ravault (1988) qui avaient montré qu'un flash lumineux de 1,02 lux était suffisant pour inhiber, du moins en partie, la sécrétion de mélatonine chez les béliers. De plus, ces auteurs avaient montré une relation proportionnelle entre l'intensité lumineuse et le pourcentage de suppression de la mélatonine. Ainsi, une intensité de 1,02 lux entraînait une suppression de la mélatonine de l'ordre de 45 % alors qu'une intensité de 88,60 lux supprimait plus de 80 % de la sécrétion nocturne de mélatonine. Bien que ces études utilisaient un flash lumineux plutôt qu'une longue durée de noirceur comme dans le cas présent, il semble que ce type de relation n'a pas été observé dans la présente étude

puisque les taux diurnes sont demeurés près de la limite détectable peu importe l'intensité. Toujours en utilisant un flash lumineux nocturne, l'étude de Laferte *et al.* (1997) avait montré qu'une intensité de 20 lux inhibait la sécrétion de mélatonine chez la chèvre. Plus récemment, Cameron (2006) avait également montré, en étudiant le patron de sécrétion de la mélatonine, qu'une intensité de l'ordre de 15 lux était suffisante pour permettre aux brebis de différencier le jour de la nuit.

Par contre, il faut noter que les taux de mélatonine se sont avérés plutôt bas comparativement à ceux rapportés dans la littérature. En effet, puisque les taux nocturnes varient entre 100 et 500 pg/ml, il aurait été logique d'observer des taux moyens de l'ordre de 200 à 300 pg/ml. Or, les taux moyens dans la présente étude n'ont jamais dépassé 200 pg/ml malgré l'observation d'une grande variabilité entre les prélèvements. Cependant, il a été montré que la sécrétion de mélatonine est très variable entre les individus (Arendt, 1986; Malpaux *et al.*, 1987), ce qui pourrait expliquer les différences observées entre les études.

De plus, il a été montré que l'amplitude de sécrétion de la mélatonine est fortement corrélée au moment de l'année (Malpaux *et al.*, 1988a; Zarazaga *et al.*, 2003), les taux de mélatonine nocturne étant significativement plus faibles au solstice d'été par rapport au solstice d'hiver. Par contre, les auteurs ont démontré que cette variation est davantage le reflet de facteurs environnementaux externes à la photopériode tels que la température (Malpaux *et al.*, 1988a).

3.4.3. Évolution des réserves corporelles au cours de la gestation

Le tableau 3.1 présente les variations de l'état corporel des brebis au cours de la gestation selon les différents traitements d'intensité lumineuse. Il est à noter que les paramètres mesurés en début d'expérimentation (âge, poids, état de chair et mesures US au début des JL) ne différaient pas entre les traitements.

Durant la période de gestation, il n'y avait aucune différence significative entre les traitements à l'exception de la mesure US de l'épaisseur d'œil de longe six semaines avant

Tableau 3.1. Effet de l'intensité lumineuse (10, 30 ou 117 lux) sur l'évolution des réserves corporelles des brebis du début des JL jusqu'à l'agnelage

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	10	30	117			Lin	Quad
Nombre de brebis au début des JL	30	30	30				
Début des JL							
Âge des brebis (ans)	3,7	3,7	3,6	0,3	0,954	0,81	0,86
Poids des brebis (kg)	88,0	86,4	88,8	2,0	0,697	0,56	0,52
État de chair	3,5	3,6	3,5	0,1	0,744	0,65	0,53
GR (mm) ¹	34,3	35,4	32,7	1,1	0,217	0,13	0,31
Gras dorsal (mm) ²	11,5	12,1	11,7	0,4	0,642	0,93	0,35
Épaisseur œil de longe (mm) ²	35,2	35,0	33,8	0,6	0,169	0,06	0,98
6 semaines avant l'agnelage							
État de chair	3,5	3,6	3,5	0,1	0,185	0,96	0,07
GR (mm) ¹	33,4	33,6	31,5	0,9	0,224	0,10	0,64
Gras dorsal (mm) ²	12,3	12,5	12,8	0,5	0,775	0,49	0,89
Épaisseur œil de longe (mm) ²	34,5	34,8	32,2	0,6	0,012	0,004	0,36
À l'agnelage							
Poids des brebis (kg)	95,9	94,3	94,0	2,2	0,806	0,64	0,67
État de chair	3,1	3,3	3,2	0,1	0,231	0,67	0,11
GR (mm) ¹	25,5	27,9	25,5	1,2	0,240	0,52	0,12
Gras dorsal (mm) ²	9,7	10,7	10,4	0,4	0,260	0,50	0,14
Épaisseur œil de longe (mm) ²	30,8	31,0	29,2	0,6	0,084	0,03	0,55
Variation entre le début des JL et l'agnelage							
Poids (kg)	7,7	7,6	5,5	1,2	0,312	0,14	0,81
État de chair	-0,5	-0,3	-0,3	0,1	0,307	0,38	0,22
GR (mm) ¹	-9,0	-7,8	-7,3	0,9	0,373	0,25	0,45
Gras dorsal (mm) ²	-1,8	-1,4	-1,3	0,3	0,471	0,32	0,49
Épaisseur œil de longe (mm) ²	-4,5	-4,1	-4,5	0,6	0,852	0,89	0,59

¹ Épaisseur totale des tissus évaluée à l'aide d'un échographe entre les 11^e-12^e côtes à 11 cm de la colonne vertébrale

² Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un échographe entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires à 4 cm de la colonne vertébrale

l'agnelage qui était significativement plus faible pour le traitement de 117 lux ($P = 0,012$ avec un effet linéaire à $0,004$). Cet effet est encore visible au moment de l'agnelage mais il n'est plus significatif ($P = 0,084$). Cependant, il est important de noter que la variation entre la mesure de l'épaisseur de l'œil de longe au début des JL et celle à l'agnelage n'était pas significativement différente. La variation de l'épaisseur de l'œil de longe était donc similaire pour les trois intensités et elle n'a pas été influencée par le traitement. Les trois intensités ont donc eu des effets similaires sur l'évolution des réserves corporelles des brebis en gestation.

3.4.4. Performances à l'agnelage

L'intensité lumineuse n'a pas eu d'effet sur les performances des brebis à l'agnelage (Tableau 3.2). Ainsi, la durée de la gestation, la prolificité des brebis (nombre d'agneaux nés/brebis agnelée), le poids de la portée à la naissance et le poids individuel des agneaux n'ont pas différé d'un traitement d'intensité à l'autre.

3.4.5. Performances au cours de la lactation

Suite à la réorganisation qui a suivi l'agnelage, il est important de noter que pour les 70 brebis conservées pour participer à la phase de lactation, tous les paramètres mesurés (nombre d'agneaux nés/brebis, nombre d'agneaux élevés/brebis, poids et état de chair des brebis, mesures aux ultrasons,) ne différaient pas entre les traitements, preuve que les animaux étaient, au début de la phase de lactation, similaires entre les traitements (Tableau 3.3).

Performances pré-sevrage des agneaux

Suite à la répartition des brebis, le poids de la portée élevée était similaire entre les traitements (Tableau 3.3). Les traitements d'intensité lumineuse n'ont pas eu d'effet sur le poids de la portée au sevrage ni sur le GMQ de la portée entre la naissance et le sevrage (Tableau 3.4). La figure 3.4 montre l'évolution de la consommation de concentrés des agneaux à la dérobée pendant la lactation en fonction du nombre d'agneaux élevés par la mère et de l'intensité lumineuse. Les analyses statistiques font ressortir une interaction semaine \times intensité \times nombre d'agneaux élevés ($P = 0,010$). Lorsque l'analyse est réalisée séparément en fonction du nombre d'agneaux élevés (Figure 3.4), il n'y a pas d'interaction semaine \times intensité ($P = 0,184$) pour les femelles

Tableau 3.2. Effet de l'intensité lumineuse (10, 30 ou 117 lux) sur les performances des brebis à l'agnelage

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	10	30	117			Lin	Quad
Nombre de brebis au début des JL	30	30	30				
Durée de la gestation (jours)	146,0	146,2	146,4	0,3	0,757	0,48	0,85
Nombre d'agneaux nés	66	59	62				
Nombre d'agneaux nés/brebis agnelée	2,28	2,26	2,21	0,11	0,896	0,65	0,98
Poids moyen des agneaux à la naissance (kg)	4,8	4,8	4,9	0,15	0,756	0,49	0,76
Poids portée à la naissance (kg)	10,6	10,6	10,7	0,41	0,962	0,79	0,92

Tableau 3.3. Effet de l'intensité lumineuse (10, 30 ou 117 lux) sur l'évolution des réserves corporelles des brebis au cours de la lactation

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	10	30	117			Lin	Quad
Nombre de brebis au début de la lactation	22	24	23				
Nombre d'agneaux nés/brebis agnelée	2,14	2,21	2,21	0,11	0,860	0,74	0,68
Nombre d'agneaux élevés/brebis	1,77	1,75	1,75	0,08	0,973	0,89	0,86
Poids de la portée élevée	8,9	8,8	9,0	0,4	0,887	0,69	0,79
Agnelage							
Poids des brebis (kg)	96,8	94,9	95,4	2,3	0,835	0,80	0,59
État de chair	3,1	3,3	3,2	0,1	0,143	0,83	0,05
GR (mm) ¹	25,4	28,0	25,2	1,1	0,148	0,38	0,08
Gras dorsal (mm) ²	9,8	10,8	10,1	0,4	0,253	0,91	0,11
Épaisseur œil de longe (mm) ²	30,8	30,9	29,2	0,7	0,143	0,06	0,65
Sevrage							
Poids des brebis (kg)	80,1	79,2	79,4	2,2	0,955	0,91	0,79
État de chair	2,6	2,9	2,6	0,1	0,092	0,60	0,04
GR (mm) ¹	19,5	21,7	19,0	1,2	0,241	0,38	0,15
Gras dorsal (mm) ²	8,2	8,7	7,8	0,5	0,514	0,44	0,40
Épaisseur œil de longe (mm) ²	30,5	29,9	29,2	0,6	0,353	0,18	0,63
Variation entre l'agnelage et le sevrage							
Poids (kg)	-16,7	-15,8	-16,0	0,9	0,709	0,72	0,47
État de chair	-0,5	-0,4	-0,5	0,1	0,413	0,45	0,28
GR (mm) ¹	-6,1	-6,3	-6,2	0,9	0,983	0,99	0,86
Gras dorsal (mm) ²	-1,9	-2,1	-2,3	0,4	0,821	0,56	0,82
Épaisseur œil de longe (mm) ²	-0,2	-1,0	-0,1	0,6	0,444	0,52	0,28

¹ Épaisseur totale des tissus évaluée à l'aide d'un échographe entre les 11^e-12^e côtes à 11 cm de la colonne vertébrale

² Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un échographe entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires à 4 cm de la colonne vertébrale

Tableau 3.4. Effet de l'intensité lumineuse (10, 30 ou 117 lux) sur la croissance pré-sevrage des agneaux

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	10	30	117			Lin	Quad
Poids de la portée au sevrage	39,1	37,6	40,8	1,7	0,418	0,30	0,42
GMQ de la portée naissance-sevrage	0,605	0,582	0,643	0,029	0,330	0,21	0,43

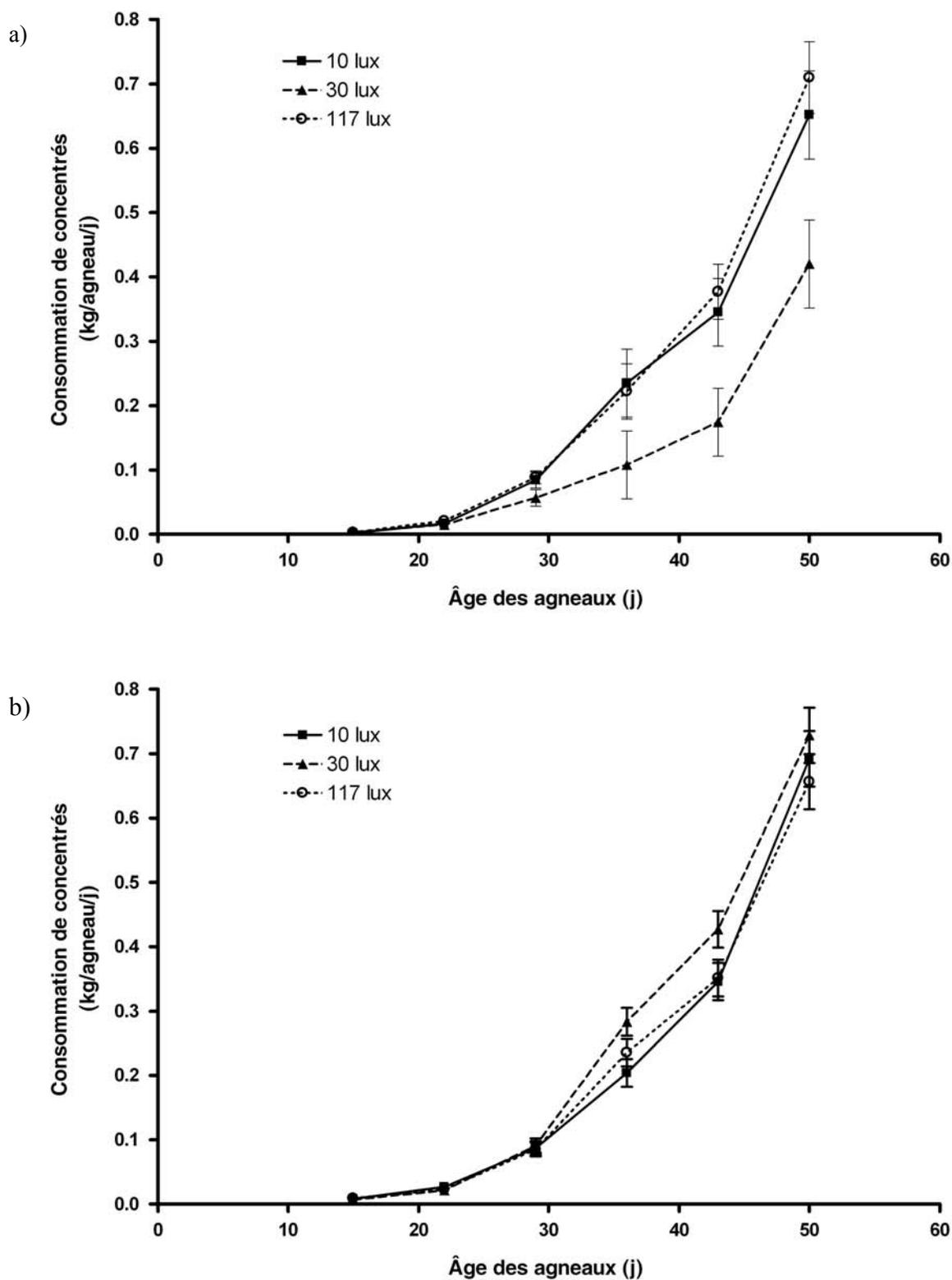


Figure 3.4. Consommation de concentrés des agneaux élevés a) sous les mères allaitant 1,67 agneaux et b) sous les mères allaitant 2,0 agneaux sous une intensité lumineuse de 10, 30 ou 117 lux. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type.

allaitant 1,67 agneaux, pas plus que pour celles allaitant deux agneaux ($P = 0,203$). Tel que rapporté dans la littérature (National Research Council, 1985), il y a un effet semaine peu importe le nombre d'agneaux allaités. Il n'y a cependant pas d'effet de l'intensité. Les trois intensités lumineuses (10, 30 ou 117 lux) n'ont donc pas eu d'effet sur les performances des agneaux élevés avec leur mère en période de pré-sevrage. Ces résultats vont cependant à l'encontre de ceux de Stevenson *et al.* (1983) qui avaient observé chez le porc une amélioration du poids de la portée au sevrage de 141 ± 6 g par tranche d'augmentation de 10 lux pour des intensités lumineuses de 32 à 366 lux.

Évolution des réserves corporelles des brebis

Le tableau 3.3 présente l'évolution des réserves corporelles des brebis au cours de la période de lactation. Ainsi, l'intensité lumineuse n'a pas eu d'effet sur le poids, sur l'état de chair pas plus que sur l'épaisseur de gras et de muscle des brebis. L'évolution des réserves corporelles au cours de la lactation a donc été identique entre les différents traitements.

Production laitière

La figure 3.5 présente la production laitière des brebis à 15, 29 et 43 jours de lactation mesurée à l'aide de la méthode du « weigh-suckle-weigh ». Tout d'abord, il semble que les quantités de lait recueillies étaient réalistes puisque similaires aux valeurs obtenues par d'autres auteurs avec des brebis de races bouchères (Benson *et al.*, 1999; Roy *et al.*, 1999; Cardellino et Benson, 2002). Les analyses montrent que la production laitière a été influencée par le jour de lactation ($P < 0,001$). Cette observation était prévisible puisqu'elle a été rapportée antérieurement par plusieurs auteurs (Saku et Boylan, 1992; Cappio-Borlino *et al.*, 1997; Cardellino et Benson, 2002). En ce qui a trait à l'effet de l'intensité lumineuse, l'analyse montre une interaction entre le jour du test et l'intensité ($P = 0,04$). Ainsi, à J15 de lactation, il n'y avait aucune différence entre les traitements. À J29, les brebis soumises aux intensités de 10 et 30 lux ont obtenu des résultats similaires alors que les femelles du traitement de 117 lux avaient des productions plus faibles (10 lux vs 117 lux; $P = 0,071$ et 30 lux vs 117 lux; $P = 0,013$). Enfin, à J43, les quantités de lait étaient similaires pour les brebis des traitements de 30 et 117 lux alors que le traitement de 10 lux a permis aux femelles d'obtenir de meilleurs résultats (10 lux vs 117 lux; $P = 0,032$ et 10 lux vs

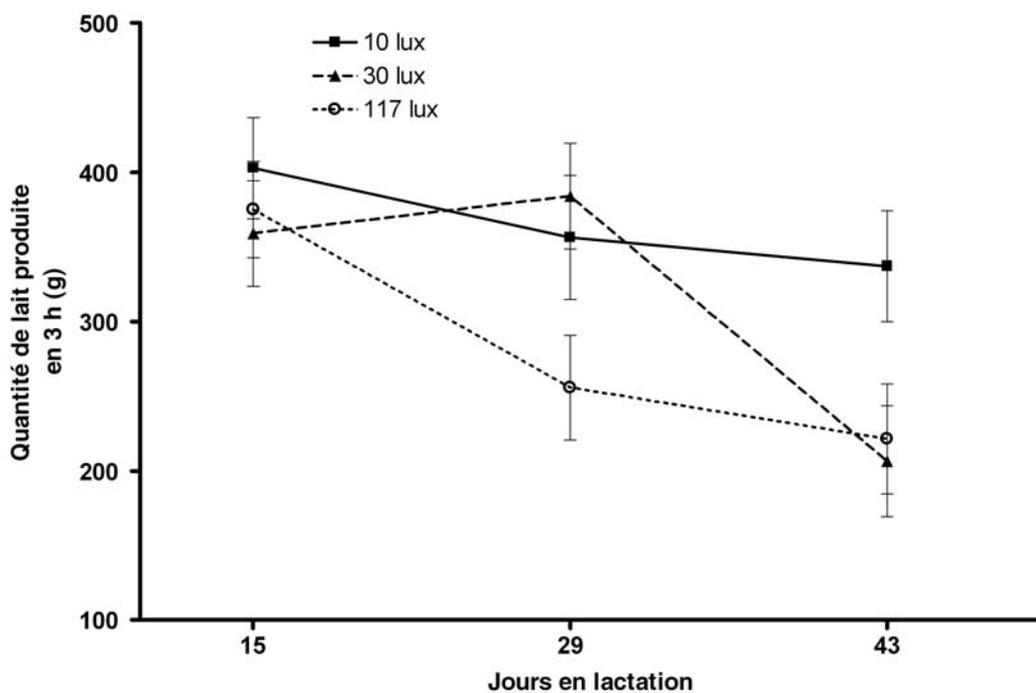


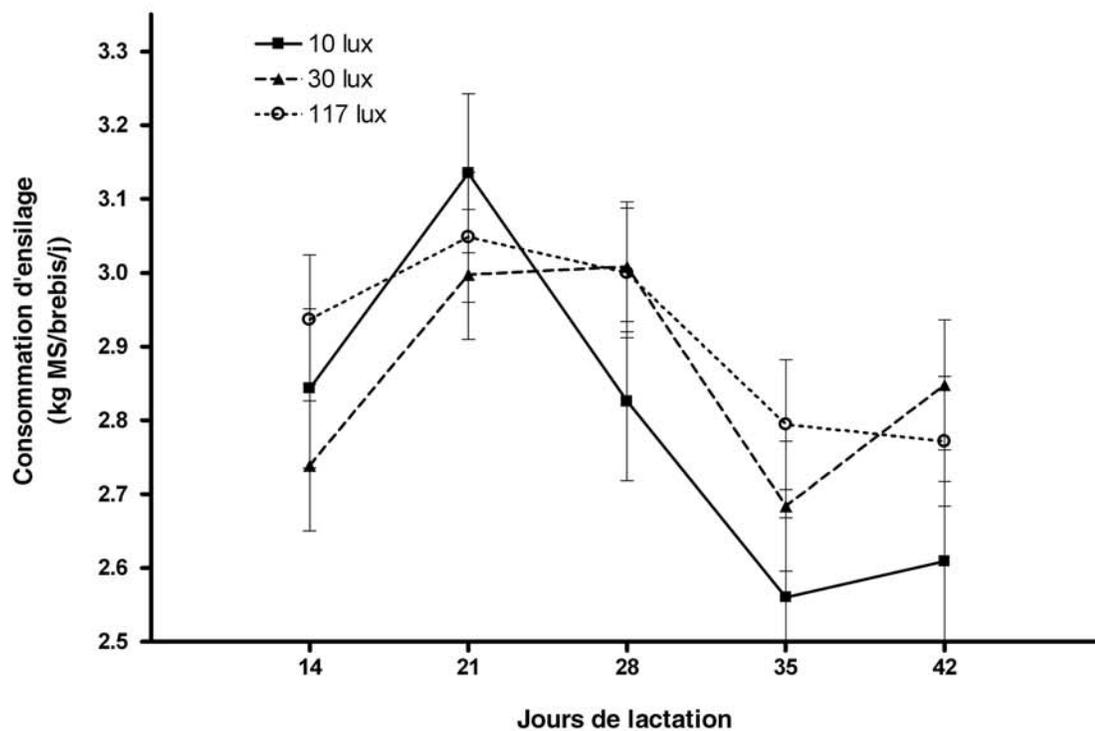
Figure 3.5. Production laitière des brebis soumises à une intensité lumineuse de 10, 30 ou 117 lux pendant une période trois heures et estimée par la technique de « weigh-suckle-weigh ». Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type.

30 lux; $P = 0,016$). Par contre, les différences de production laitière observées ne sont pas cohérentes avec les autres résultats obtenus. En effet, aucune différence significative n'a été observée pour l'évolution des réserves corporelles des brebis ni pour la croissance des agneaux (GMQ naissance-sevrage, $P = 0,330$). Il est donc possible que les différences de production laitière observées découlent de la technique de mesure elle-même. En effet, bien que la littérature ait montré l'efficacité de la technique du « weigh-suckle-weigh » pour estimer la production laitière, plusieurs auteurs ont émis des réserves quant à l'interprétation des résultats. Ainsi, cette technique ne permettrait pas la vidange complète du pis et ne pourrait donner une mesure définie et comparable entre les études (Doney *et al.*, 1979). Dans la présente étude, il a effectivement été remarqué que la glande mammaire contenait encore du lait suite à la tétée. De plus, selon Coombe *et al.* (1960), il semblerait que cette méthode tende à sous-estimer la quantité de lait produite surtout chez les jeunes agneaux, ceux-ci étant incapables de vidanger complètement la glande mammaire. Par contre, puisque les quantités obtenues au premier test étaient élevées et similaires à ce qui est rapporté dans la littérature, cette remarque ne semble pas s'appliquer à notre essai. Coombe *et al.* (1960) ont également noté que certaines brebis, surtout à partir de la sixième semaine de lactation, ne demeuraient pas stationnaires suffisamment longtemps pour permettre à l'agneau de boire à satiété. Cette particularité a effectivement été observée lors du troisième test de lactation. Ce constat semble d'autant plus vrai que la quantité de lait produite par les femelles à ce moment est plus faible. Malheureusement, ce moment coïncidait également avec le moment où les agneaux étaient plus âgés, donc plus vigoureux et plus difficiles à peser de façon précise. Ainsi, les quantités de lait mesurées au troisième test ont probablement été biaisées par ces particularités. Les résultats obtenus permettent donc d'obtenir un portrait général mais ne permettent pas une comparaison solide entre les traitements. Par contre, il est tout de même possible de conclure qu'une intensité aussi faible que 10 lux n'a pas entraîné de conséquences néfastes sur la production laitière des brebis, une observation importante et majeure dans le cadre de cette expérience.

Consommation d'ensilage

La figure 3.6 montre l'évolution de la consommation d'ensilage des brebis pendant la lactation en fonction du nombre d'agneaux allaités et de l'intensité lumineuse. En premier

a)



b)

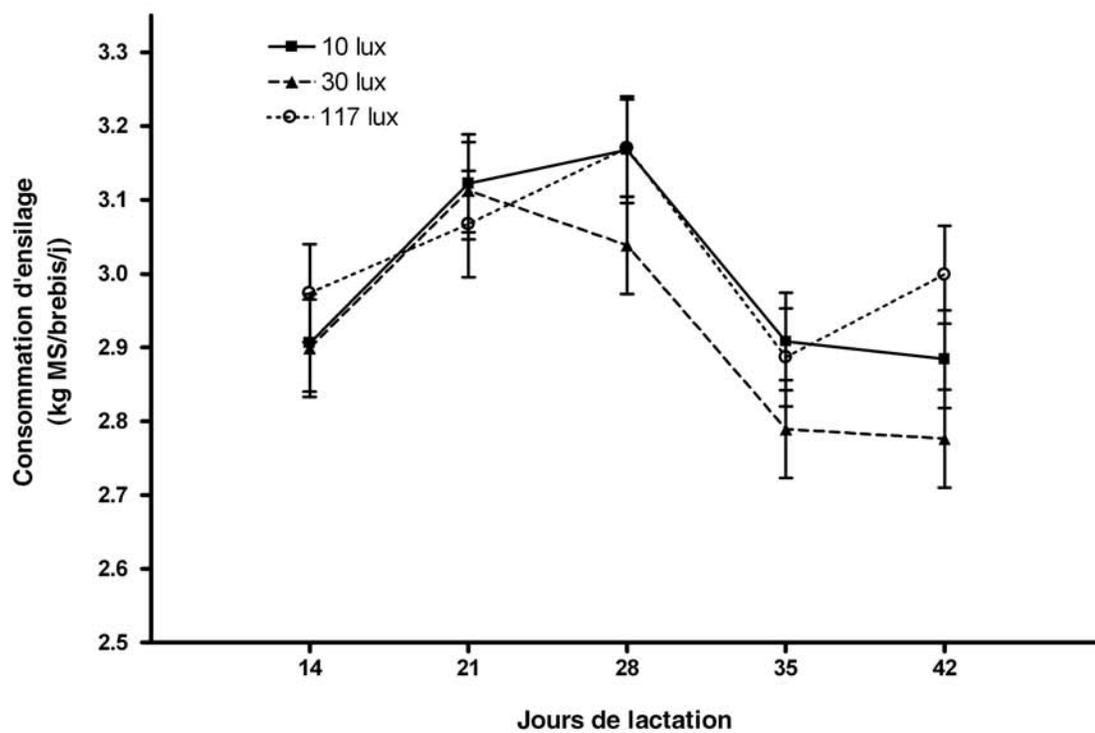


Figure 3.6. Évolution de la consommation d'ensilage des brebis soumises à une intensité lumineuse de 10, 30 ou 117 lux au cours de la lactation. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type.

lieu, les courbes montrent que la quantité de matière sèche ingérée mesurée dans ce projet est réaliste et comparable aux quantités définies par le NRC (1985) pour des brebis dont le gabarit, le stade de lactation et le nombre d'agneaux allaités sont équivalents. En effet, au cours des deux premiers mois de lactation, le NRC (1985) estime l'ingestion quotidienne de matière sèche à 2,7 et 3,2 kg pour une brebis de 90 kg allaitant respectivement un ou deux agneaux. L'analyse de la consommation alimentaire des brebis montre qu'il existe une interaction significative entre la semaine du test, l'intensité lumineuse et le nombre d'agneaux élevés par la mère (1,67 ou 2,0) ($P = 0,02$). Lorsque l'analyse est faite séparément par nombre d'agneaux allaités, elle révèle une interaction semaine \times intensité ($P = 0,03$) pour les femelles allaitant 1,67 agneaux. Il n'y a cependant aucune différence significative pour la quantité d'ensilage ingérée entre les traitements, lorsque évaluée semaine par semaine. D'autre part, l'analyse de la consommation des femelles allaitant des jumeaux ne présente pas d'interaction entre la semaine et l'intensité ($P = 0,46$). Pour ces femelles, il n'y a pas d'effet de l'intensité ($P = 0,54$). Toutefois, leur consommation alimentaire a été influencée par la semaine de lactation ($P < 0,001$). L'observation d'une variation au cours des semaines était cependant prévisible tels que rapporté dans la littérature (National Research Council, 1985). Ces résultats permettent de conclure qu'une intensité aussi faible que 10 lux n'a pas entraîné de conséquences néfastes sur la prise alimentaire des brebis, ce qui constitue un élément très important pour cette étude.

3.4.6. Perception lumineuse au passage des jours longs en jours courts

L'étude de la sécrétion de mélatonine pendant le changement lumineux de JL en JC au jour 25 de lactation avait pour objectif de déterminer la rapidité d'adaptation du patron de sécrétion lors d'un changement lumineux et d'observer les différences potentielles entre les traitements d'intensité. Les figures 3.7 et 3.8 illustrent les concentrations de mélatonine trois jours avant le changement lumineux, le jour même du changement et quatre jours après. Les patrons de sécrétion montrent qu'il n'y a pas eu d'effet de l'intensité lumineuse sur la sécrétion de mélatonine autant pour le jour même du changement que quatre jours

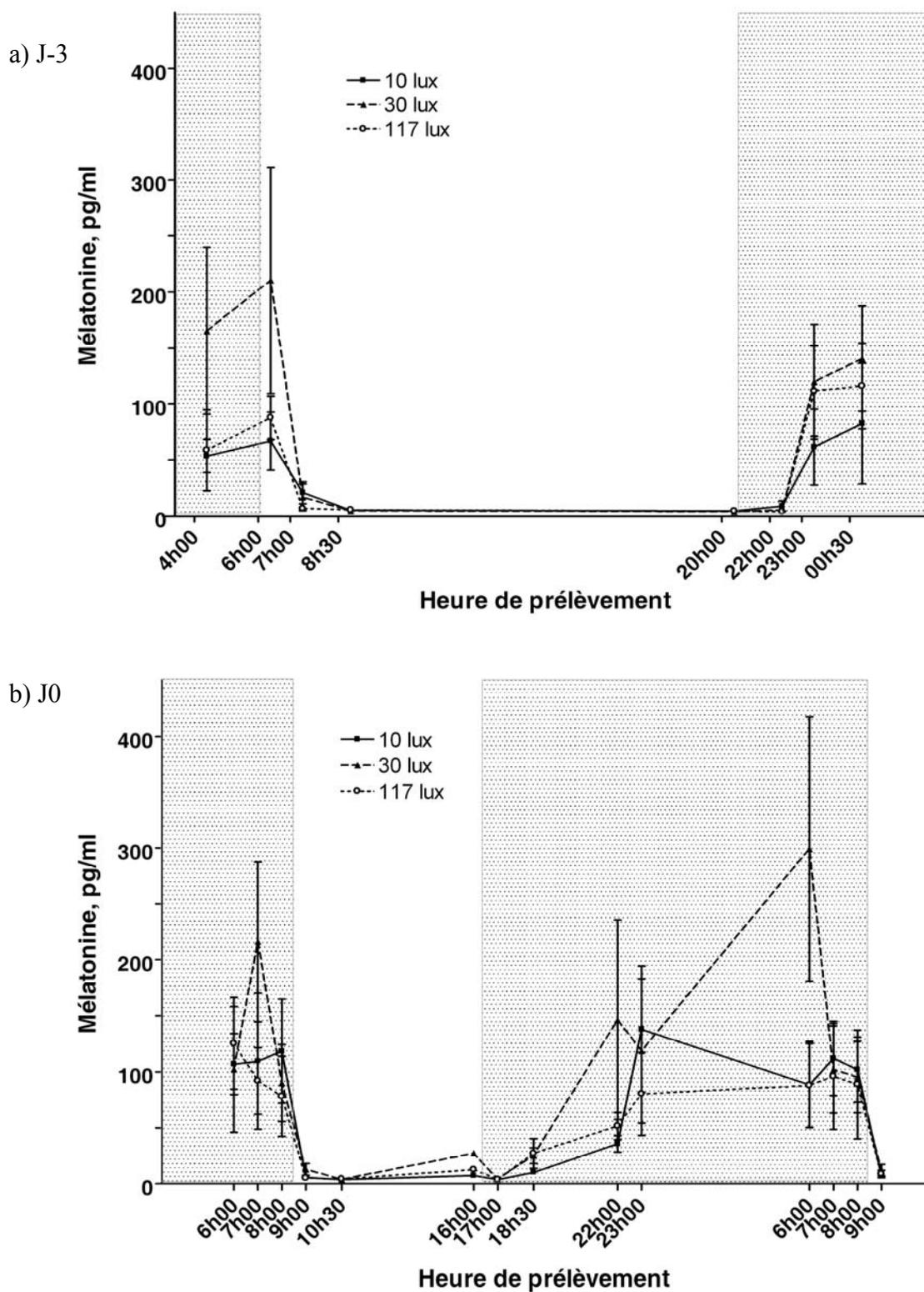


Figure 3.7. Évolution de la concentration plasmatique de mélatonine sous une intensité lumineuse de 10, 30, ou 117 lux pour des brebis a) exposées à 16 h de lumière (JL) trois jours avant le passage des JL aux JC et b) exposées à des JC (8 h/j de lumière), la journée du passage des JL aux JC. La zone grise correspond à la période de noirceur. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type des brebis prélevées par traitement.

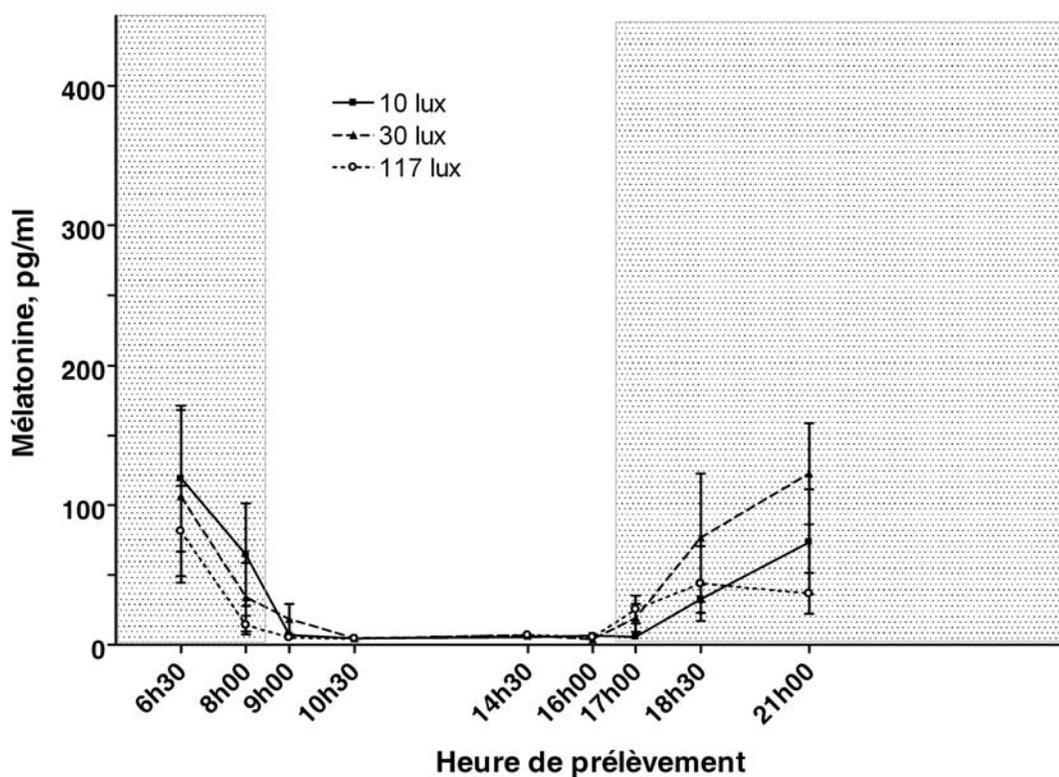


Figure 3.8. Évolution de la concentration plasmatique de mélatonine pour des brebis exposées à des JC (8 h/j de lumière) sous une intensité lumineuse de 10, 30, ou 117 lux, quatre jours après le passage des JL aux JC. La zone grise correspond à la période de noirceur. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type des brebis prélevées par traitement.

plus tard. Il est donc possible de conclure que le changement de sécrétion s'est fait de façon concomitante avec le changement de la durée d'éclairement, sans période d'acclimatation.

3.4.7. Performances des brebis à l'accouplement et à l'agnelage sous contrôle photopériodique

L'intensité lumineuse n'a pas eu d'effet significatif sur l'évolution des réserves corporelles des brebis entre le sevrage #1 et l'agnelage #2 (Tableau 3.5).

Les performances de reproduction des brebis n'ont pas été influencées par le traitement d'intensité lumineuse (Tableau 3.6). En effet, les intervalles entre la mise aux béliers et la saillie fécondante (saillie concordant avec le moment de la conception), la fertilité et la prolificité se sont avérés équivalents peu importe le traitement d'intensité lumineuse appliqué. De plus, les performances de reproduction étaient excellentes et similaires à celles obtenues par d'autres auteurs avec ce type de programme photopériodique (Castonguay et Lepage, 1998; Cameron, 2006). Le poids de la portée à la naissance n'a pas différé non plus. De plus, les dosages de progestérone ont permis d'établir les intervalles entre le début des JC et le début de la cyclicité, qui variaient de 42,5 j pour le traitement 10 lux à 47,3 j pour le traitement de 30 lux. Ces intervalles étaient identiques entre les traitements montrant bien un effet similaire des trois traitements d'intensité sur l'induction du cycle reproducteur des femelles. La figure 3.9 permet d'ailleurs de bien illustrer ces observations. Ainsi, 40 j après le début de JC, tous les traitements présentaient des brebis qui avaient commencé à cycler. Ensuite, la cyclicité est apparue chez la majorité des femelles amenant le taux de brebis cycliques au-dessus de la barre des 90 % pour tous les traitements, 56 j après le début des JC.

Les analyses ont montré une différence significative ($P < 0,001$ avec un effet quadratique à 0,04) en ce qui a trait à la durée de gestation des femelles. Malheureusement, la durée de gestation des femelles est un paramètre qui présente de grandes variations entre les individus. Il est donc difficile de tirer quelque conclusion que ce soit quant au rapport entre l'intensité lumineuse et la durée de la gestation. De plus, lorsqu'elle est à terme, une gestation plus ou moins longue ne présente pas d'avantages zootechniques réels. Par contre,

Tableau 3.5. Effet de l'intensité lumineuse (10, 30 ou 117 lux) sur l'évolution des réserves corporelles des brebis soumises à un régime de photopériode classique

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	10	30	117			Lin	Quad
Nombre de brebis	23	24	23				
Mise aux béliers							
État de chair	3,0	3,2	3,0	0,1	0,131	0,25	0,09
GR (mm) ¹	22,1	24,6	22,3	1,2	0,269	0,62	0,12
Gras dorsal (mm) ²	8,5	9,0	8,9	0,5	0,721	0,73	0,47
Épaisseur de l'œil de longe (mm) ²	31,3	31,4	30,0	0,6	0,188	0,08	0,66
Variation entre le sevrage et la mise aux béliers							
État de chair	0,4	0,3	0,3	0,1	0,277	0,20	0,34
GR (mm) ¹	2,6	2,9	3,3	0,4	0,536	0,28	0,78
Gras dorsal (mm) ²	0,3	0,3	1,0	0,3	0,105	0,04	0,73
Épaisseur œil de longe (mm) ²	0,8	1,6	0,8	0,4	0,227	0,55	0,11

¹ Épaisseur totale des tissus évaluée à l'aide d'un échographe entre les 11^e-12^e côtes à 11 cm de la colonne vertébrale

² Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un échographe entre les 3^e-4^e vertèbres lombaires à 4 cm de la colonne vertébrale

Tableau 3.6. Effet de l'intensité lumineuse (10, 30 ou 117 lux) sur les performances de reproduction des brebis soumises à un régime de photopériode classique

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	10	30	117			Lin	Quad
Nombre de brebis	23	24	23				
Nombre de jours entre l'agnelage et la mise aux béliers	89,0	88,6	88,4	0,3	0,382	0,24	0,47
Chaleur observée (%)	96	100	100	-	1,000	-	-
Intervalle Début JC - Cyclicité (j) ¹	42,5	47,3	46,0	1,7	0,117	0,39	0,06
Intervalle Mise aux béliers - Saillie fécondante (j)	7,3	8,4	6,9	1,3	0,653	0,58	0,47
État de chair à l'échographie	3,5	3,6	3,4	0,1	0,206	0,16	0,27
Variation de l'état de chair mise aux béliers-écho	0,5	0,4	0,5	0,1	0,394	0,77	0,18
Fertilité (%)	87	96	96	-	0,442	-	-
Durée de la gestation (j)	146,3	145,7	147,9	0,3	<0,001	<0,001	0,04
Nombre d'agneaux nés/brebis agnelée	2,05	1,87	2,00	-	0,698	-	-
Poids de la portée à la naissance (kg)	8,32	8,01	8,99	0,53	0,369	0,22	0,51

¹ n=12/traitement

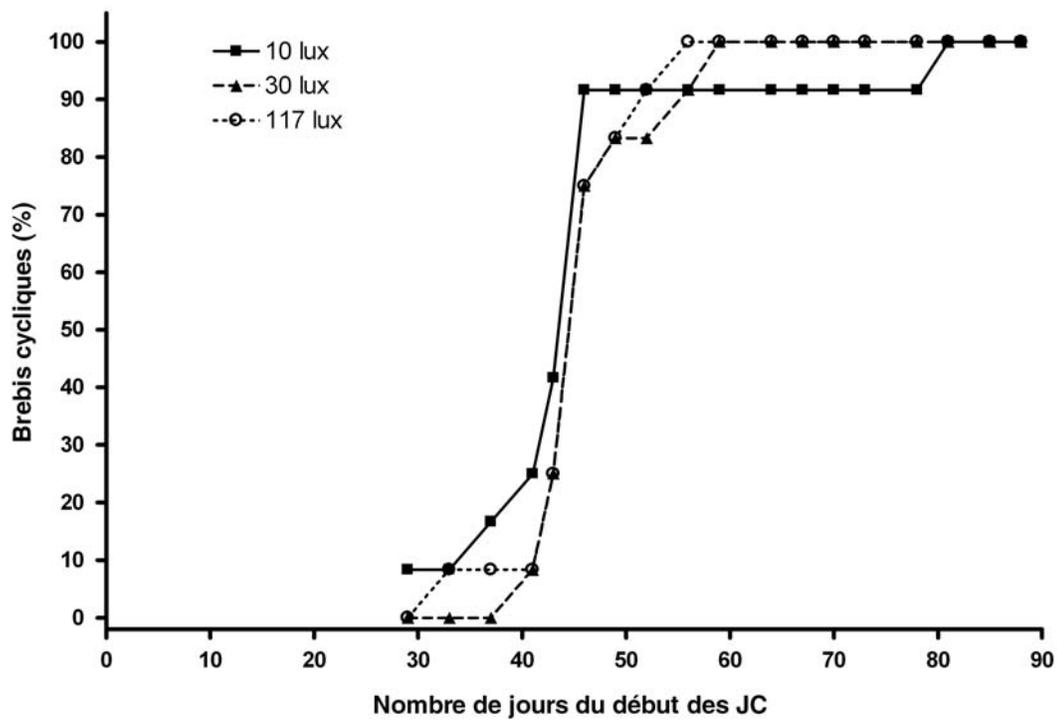


Figure 3.9. Effet de l'intensité lumineuse sur le début de la cyclicité des femelles après le passage en JC

une gestation plus longue aurait pu avoir un impact sur le poids de la portée. Cependant, malgré l'observation d'un poids de la portée plus élevé pour le traitement de 117 lux, ce résultat n'est pas significatif.

3.5. CONCLUSION

Les résultats permettent de conclure que les trois traitements d'intensité lumineuse imposés (10, 30 ou 117 lux) ont eu un impact similaire sur les performances zootechniques et reproductrices des brebis. Ainsi, cette étude est la première à montrer qu'une intensité aussi faible que 10 lux est suffisante pour moduler le patron de sécrétion de la mélatonine chez la brebis et maîtriser le cycle reproducteur des femelles. Les résultats obtenus permettent donc de montrer qu'une intensité élevée, de l'ordre de 100 à 200 lux comme généralement recommandée dans les guides techniques sur la photopériode, n'est pas nécessaire pour contrôler la réponse à la photopériode chez le mouton.

La majorité des producteurs désirant utiliser la photopériode comme technique de désaisonnement n'auront donc pas à faire des investissements coûteux afin d'obtenir une intensité lumineuse plus élevée que 100 lux, puisque des intensités plus faibles permettent d'obtenir d'excellentes performances de reproduction. De plus, maintenir une forte intensité lumineuse à l'intérieur des bâtiments implique un coût énergétique important que les éleveurs n'auront pas à supporter. D'un point de vue productivité, il est donc difficile de recommander une intensité lumineuse spécifique. Cependant, d'un point de vue pratique, une intensité supérieure à 50 lux serait à privilégier afin de faciliter le travail et l'observation des animaux en bergerie.

3.6. RÉFÉRENCES

- Arendt, J. 1986. Role of the pineal gland and melatonin in seasonal reproductive function in mammals. *Oxf. Rev. Reprod. Biol.* 8: 266-320.
- Arendt, J. et J. P. Ravault. 1988. Suppression of melatonin secretion in Ile-de-France rams by different light intensities. *J. Pineal. Res.* 5: 245-250.
- Arendt, J., A. M. Symons, C. A. Laud et S. J. Pryde. 1983. Melatonin can induce early onset of the breeding season in ewes. *J. Endocrinol.* 97: 395-400.

- Benson, M. E., M. J. Henry et R. A. Cardellino. 1999. Comparison of weigh-suckle-weigh and machine milking for measuring ewe milk production. *J. Anim. Sci.* 77: 2330-2335.
- Cameron, J. 2006. Programme photopériodique appliqué à longueur d'année pour améliorer la répartition des mises bas et la productivité des brebis soumises à un rythme d'agnelage accéléré. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada. 155 pages.
- Cappio-Borlino, A., B. Portolano, M. Todaro, N. P. P. Macciotta, P. Giaccone et G. Pulina. 1997. Lactation curves of Valle del Belice dairy ewes for yields of milk, fat, and protein estimated with test day models. *J. Dairy Sci.* 80: 3023-3029.
- Cardellino, R. A. et M. E. Benson. 2002. Lactation curves of commercial ewes rearing lambs. *J. Anim. Sci.* 80: 23-27.
- Castonguay, F., et M. Lepage. 1998 Utilisation de la photopériode comme technique de désaisonnement : Un projet au Québec. 2e Symposium international sur l'industrie ovine, 17 octobre, Québec, p. 70-85.
- Coombe, J. B., I. D. Wardrop et D. E. Tribe. 1960. A study of milk production of the grazing ewe, with emphasis on the experimental technique employed. *J. Agric. Sci.* 54: 353-359.
- Doney, J. M., J. N. Peart et W. F. Smith. 1979. A consideration of the techniques for estimation of milk yield by suckled sheep and a comparison of estimates obtained by two methods in relation to the effect of breed, level of production and stage of lactation. *J. Agric. Sci. Camb.* 92: 123-132.
- Ducker, M. J. et J. C. Bowman. 1972. Photoperiodism in the ewe 5. An attempt to induce sheep of three breeds to lamb every eight months by artificial daylength changes in a non-light-proofed building. *Anim. Prod.* 14: 323-334.
- Forbes, J. M. 1982. Effects of lighting pattern on growth, lactation and food intake of sheep, cattle and deer. *Livest. Prod. Sci.* 9: 361-374.
- Hafez, E. S. E. 1952. Studies on the breeding season and reproduction of the ewe. *J. Agric. Sci.* 42: 189-265.

- Kennaway, D. J., L. M. Sanford, B. Godfrey et H. G. Friesen. 1983. Patterns of progesterone, melatonin and prolactin secretion in ewes maintained in four different photoperiod. *J. Endocrinol.* 97: 229-242.
- Laferte, S., B. Malpaux et P. Chemineau. 1997. Détermination de l'intensité minimale d'éclairement pour induire un effet "jours longs" chez la chèvre. *Renc. Rech. Ruminants* 4: 160.
- Malpaux, B., A. Daveau, F. Maurice, V. Gayrard et J. C. Thiery. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: Evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biol. Reprod.* 48: 752-760.
- Malpaux, B., S. M. Moenter, N. L. Wayne, C. J. Woodfill et F. J. Karsch. 1988. Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by alteration of the circadian secretion of melatonin. *Neuroendocrinol.* 48: 264-270.
- Malpaux, B., J. E. Robinson, M. B. Brown et F. J. Karsch. 1987. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol. Reprod.* 36: 1333-1341.
- National Research Council. 1985. *Nutrient Requirements of sheep*. National Academy Press, Washington, États-Unis. 99 pages.
- Notter, D. R. 2002. Opportunities to reduce seasonality of breeding in sheep by selection. *Sheep and Goat Research Journal* 17: 20-32.
- Pottier, E. et L. Sagot. 2006. *Réussir la reproduction des ovins à viande*. Institut de l'élevage, Paris, France. 79 pages.
- Roy, A., J. P. Laforest, F. Castonguay et G. J. Brisson. 1999. Effects of maturity of silage and protein content of concentrates on milk production of ewes rearing twin or triplet lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 79: 499-508.
- Saku, H. et W. J. Boylan. 1992. Lactation curves for several US sheep breeds. *Anim. Prod.* 54: 229-233.
- SAS. 1999-2001. SAS Institute, Inc. Release 8.02. Cary, NC.
- Stevenson, J. S., D. S. Pollman, D. L. Davis et J. P. Murphy. 1983. Influence of supplemental light on sow performance during and after lactation. *J. Anim. Sci.* 56: 1282-1286.

- Sweeney, T. et D. O'Callaghan. 1995. Physiology of seasonal reproductive transitions in the ewe - Regulation by photoperiod and other environmental cues. *Reprod. Domest. Anim.* 30: 178-182.
- Vesely, J. A. et E. E. Swierstra. 1985. Year-round breeding of crossbred Dorset or Finnish Landrace ewes using a synthetic light regimen. *J. Anim. Sci.* 61: 329-336.
- Yeates, N. T. M. 1949. The breeding season of the ewe with particular reference to its modification by artificial means using light. *J. Agric. Sci.* 39: 1-43.
- Zarazaga, L. A., B. Malpoux et P. Chemineau. 2003. Amplitude of the plasma melatonin nycthemeral rhythms is not associated with the dates of onset and offset of the seasonal ovulatory activity in the Ile-de-France ewe. *Reprod. Nutr. Dev.* 43: 167-177.

CHAPITRE 4.

DÉTERMINATION DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE MINIMALE POUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE

4.1. RÉSUMÉ

Ce projet avait pour objectif de déterminer l'intensité lumineuse minimale pour des agneaux exposés à des jours longs pendant leur période de croissance. Pour ce faire, 36 agneaux mâles et 36 femelles Dorset, âgés en moyenne de 62 jours, ont été répartis dans trois chambres d'intensité lumineuse (12, 37 et 109 lux en moyenne) à raison de six parcs de quatre agneaux par traitement. Les agneaux de tous les traitements étaient exposés à des JL d'une durée de 16 h de lumière et étaient alimentés à volonté avec un concentré commercial complet et du foin sec. Les agneaux ont été abattus à un poids à jeun entre 46-49 kg pour les mâles et 41-44 kg pour les femelles.

Les mesures de mélatonine sanguine ont montré que les agneaux percevaient la différence entre le jour et la nuit de façon identique dans les trois traitements d'intensité puisque les trois intensités lumineuses ont permis d'inhiber la sécrétion de mélatonine pendant le jour, et ce, sans différence significative entre les traitements ($P = 0,97$).

Peu de différences sur les performances de croissance ont été observées entre les différentes intensités. Le gain pondéral des agneaux s'est avéré similaire pour tous les traitements autant chez les femelles ($P = 0,56$) que chez les mâles ($P = 0,99$). La consommation journalière de concentrés a elle aussi été équivalente entre les traitements ($P = 0,20$ pour les femelles et $P = 0,45$ pour les mâles) tout comme la conversion alimentaire ($P = 0,57$ pour les femelles et $P = 0,33$ pour les mâles). Quant à la qualité de carcasse, les poids froids de la carcasse étaient similaires entre les traitements, à l'intérieur des sexes (femelles $P = 0,09$ et mâles $P = 0,61$), tout comme la mesure du GR sur la carcasse (femelles $P = 0,06$ et mâles $P = 0,79$). Le rendement en viande vendable (RVV) et le rendement en viande maigre (RVM) étaient différents chez les femelles ($P = 0,05$ avec un effet linéaire à $0,03$) mais similaires chez les mâles ($P = 0,87$ RVV et $P = 0,76$ RVM). D'un point de vue général, l'intensité lumineuse n'a pas eu d'impact majeur sur la qualité de la carcasse.

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet significatif de l'intensité lumineuse sur les performances de croissance et sur la qualité des carcasses des agneaux lourds lorsque celle-ci est comprise entre 12 et 109 lux.

4.2. INTRODUCTION

Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de la photopériode sur les performances zootechniques des agneaux en croissance. Ils ont montré qu'une exposition à des jours longs (JL) de 16 h de lumière permettait d'obtenir de meilleurs résultats (Forbes *et al.*, 1979b; Brown et Forbes, 1980; Schanbacher et Crouse, 1980; Brinklow *et al.*, 1984). Par contre, très peu d'études ont porté sur l'effet de l'intensité lumineuse sur la croissance et la prise alimentaire des agneaux. En effet, la seule étude disponible a été réalisée par Casamassima *et al.* (1993) dans laquelle les auteurs concluaient qu'une intensité lumineuse de l'ordre de 500 lux était optimale pour la croissance d'agnelles de race Comisana par rapport à des intensités de 10, 100 et 1000 lux. Cependant, une intensité de 500 lux est élevée et rarement rencontrée à l'intérieur des bâtiments d'élevage. Chez la volaille, il a été démontré que les intensités lumineuses plus faibles ont un effet calmant et améliorent les performances tant chez le dindon (Siopes, 1984; Yahav *et al.*, 2000) que chez le poulet à griller (Barrott et Pringle, 1951; Charles *et al.*, 1992). Par contre, sous la barre des 10 lux, les auteurs observent, de façon générale, une réduction des performances (Cherry et Barwick, 1962; Siopes *et al.*, 1983; Charles *et al.*, 1992). De plus, aucune étude à ce jour n'a porté sur l'effet de l'intensité lumineuse sur la sécrétion de la mélatonine chez les agneaux. Il n'existe donc aucune évidence permettant d'affirmer qu'un éclairage de faible intensité lumineuse est réellement perçu comme étant une période de jour par l'agneau, les seules études disponibles à ce jour ayant été réalisées chez des animaux adultes. Ainsi, une étude de Arendt et Ravault (1988) a montré qu'un flash lumineux de 1,02 lux pouvait supprimer en partie la sécrétion de mélatonine et être perçu comme une période de clarté. De plus, une étude récente, réalisée chez des brebis soumises à une exposition de 15 lux, a montré que cette intensité était suffisante pour moduler la sécrétion de mélatonine et entraîner le cycle reproducteur des femelles (Cameron, 2006).

L'objectif de cette étude était de déterminer l'intensité lumineuse minimale pour des agneaux lourds exposés à des jours longs (JL) pendant leur période de croissance. Les intensités testées ont donc été choisies de façon à respecter les conditions d'élevage réelles des agneaux en croissance. De façon plus spécifique, ces travaux voulaient évaluer l'impact de différentes intensités lumineuses sur la vitesse de croissance, la consommation alimentaire, la qualité de la carcasse et sur la sécrétion hormonale de mélatonine.

4.3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

4.3.1. Logement

Ce projet a été réalisé dans les installations du Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ) qui est situé à La Pocatière (Québec, Canada), à 47° 21' N de latitude et 70° 2' W de longitude.

Le bâtiment utilisé pour loger les agneaux sous expérimentation n'avait pas de fenêtres. De plus, toute ouverture pouvant permettre l'entrée de lumière extérieure avait été obstruée. Le bâtiment a été divisé en trois sections correspondant aux trois traitements d'intensité lumineuse appliqués. Un luminaire était installé au milieu de chaque parc. La durée de la photopériode était contrôlée dans les trois chambres par une seule minuterie, puisque tous les animaux recevaient la même durée d'éclairage soit 16 h de lumière par jour. Les chambres étaient bien isolées de la lumière les unes des autres et la ventilation était similaire pour chaque chambre d'intensité. La température à l'intérieur des installations a varié selon la saison puisque ce bâtiment n'était pas isolé. Par contre, la température était la même pour tous les traitements. Pour s'en assurer, la température et l'humidité ont été enregistrées à toutes les deux heures, dans chaque chambre d'intensité, durant toute l'expérimentation. Ces mesures ont été prises de façon automatique à l'aide d'un enregistreur électronique (Dickson Modèle TP120, Addison, Illinois, États-Unis) et sont présentées à l'annexe C.

4.3.2. Traitements d'intensité lumineuse

Chacune des trois chambres possédait sa propre intensité moyenne soit 12 lux, 37 lux et 109 lux (Figure A.4, A.5 et A.6 de l'annexe A). L'intensité lumineuse a été vérifiée à plusieurs endroits dans chaque parc et ce pour tous les traitements. Pour ce faire, les mesures d'intensité ont été effectuées au centre du parc, de chaque côté, à l'avant et à l'arrière et, finalement, dans la mangeoire. Cette opération s'est effectuée à l'aide d'un luxmètre numérique (TES Electrical Electronic Corp. TES-1335, Taipei, Taiwan) placé à la hauteur des yeux des animaux (91 cm du sol). Les différences d'intensité ont été obtenues en appliquant une ou plusieurs épaisseurs de tissus sur les luminaires pourvus de fluorescents (deux tubes fluorescents de type « daylight » de 60W mesurant 1,22 m).

4.3.3. Animaux et régie d'élevage

Afin d'obtenir les 72 agneaux nécessaires au projet, 105 brebis de race pure Dorset ont été mises à l'accouplement en contre-saison (mai). Les brebis ont été synchronisées avec des éponges vaginales imprégnées d'un progestagène (Veramix, Upjohn Pharmacia, Orangeville, Ontario, Canada) laissées en place pendant 14 jours. Au retrait de l'éponge, elles ont reçu une injection de 600 U.I. de PMSG (Folligon, Intervet, Whitby, Ontario, Canada).

Naissance

Dans les premières 24 h, les agneaux ont été pesés et identifiés. La prolificité des femelles a été notée. Les agneaux ont été élevés avec leur mère de façon conventionnelle jusqu'au sevrage (fourrages et concentrés à la dérobée servis à volonté aux agneaux dans un enclos). Tous les agneaux sont nés en lumière naturelle et ont tous été élevés sous lumière naturelle avec leur mère jusqu'à la sélection.

Sevrage

Les agneaux ont été sevrés en un seul groupe, à un âge moyen de 55 jours. À ce moment, les mères ont été retirées des parcs de lactation, alors que les agneaux y sont demeurés. Une première sélection des agneaux a été faite lors du sevrage afin d'éliminer les agneaux trop petits ou qui présentaient des défauts physiques majeurs. Les agneaux sont restés une

semaine ensemble à l'intérieur de leur parc de lactation. Cette étape a été utilisée à titre de semaine d'acclimatation à la vie de groupe sans la présence des mères et a également permis de limiter le stress du sevrage.

Sélection finale et répartition

La sélection finale des agneaux a été faite environ une semaine après le sevrage, ils étaient alors âgés d'environ 61 jours. Les agneaux ont alors été pesés, séparés selon le sexe et répartis dans les différents traitements afin d'obtenir des groupes homogènes pour le poids et l'âge. Soixante-douze (72) agneaux ont ainsi été répartis dans les trois traitements d'intensité lumineuse, chaque groupe comprenant 12 femelles et 12 mâles.

À l'intérieur des différents traitements, les agneaux ont été élevés en parquets séparés selon le sexe. Ainsi, on retrouvait six parquets par traitement de quatre individus, soit trois parquets de mâles et trois parquets de femelles.

4.3.4. Période de croissance

Traitement photopériodique

Au moment du sevrage, les agneaux étaient encore en lumière naturelle (± 9 h/j de lumière). Lors de la sélection les agneaux ont tous été placés en JL (16 h/j de lumière) jusqu'à la fin de l'expérimentation (abattage). Les agneaux de tous les traitements étaient en JL mais sous trois différents traitements d'intensité : 12 lux, 37 lux et 109 lux.

Alimentation

Au cours de leur croissance, les agneaux ont reçu, à volonté, du foin (MS : 84,7 %; PB : 12,8 %; ADF : 42,3 %) et un concentré commercial pour la croissance mis en comprimés dosant 18 % de protéine sur une base telle que servie (TQS) (« Puranio 18 », Agribrands Purina Canada, Woodstock, Ontario, Canada) (Tableau 4.1) jusqu'à un poids moyen d'environ 35 kg (moyenne de tous les agneaux). Par la suite, le foin et le concentré ont continué à être distribués à volonté bien que le pourcentage de protéines du concentré, toujours en comprimés, a été diminué à 16 % TQS (« Puranio 16 », Agribrands Purina

Tableau 4.1. Composition des concentrés servis aux agneaux sur une base de matière sèche

Nutriments	Puranio 16 %		Puranio 18 %	
	Analyse garantie	Analyse réelle	Analyse garantie	Analyse réelle
ADF (%)	-	14,5	-	15,6
Protéine brute (%)	18,2	18,1	20,5	19,9
Matières grasse (%)	2,0	-	2,0	-
Calcium (%)	0,8	1,4	1,0	1,3
Phosphore (%)	0,4	0,6	0,6	0,6
Magnésium (%)	-	0,3	-	0,3
Sodium (%)	0,3	0,3	0,3	0,3
Sélénium (mg/kg)	0,3	-	0,3	-
Vitamine A (U.I./kg)	8500	-	8500	-
Vitamine D ₃ (U.I./kg)	2550	-	2550	-
Vitamine E (U.I./kg)	35	-	45	-

Canada, Woodstock, Ontario, Canada) (Tableau 4.1). Le concentré était distribué et pesé à chaque jour. Une fois par semaine, les mangeoires ont été nettoyées et les concentrés non consommés ont été pesés, de manière à connaître exactement la quantité consommée pour la période.

En ce qui a trait au foin, la consommation réelle a été évaluée à trois reprises pendant l'expérimentation. Ces mesures ont eu lieu lorsque la moyenne d'âge des agneaux était de 77, 98 et 112 jours. Durant ces tests, d'une durée de quatre jours chacun, le foin a été pesé avant d'être servi et les refus ont été pesés avant de servir le prochain repas de fourrage. De l'eau fraîche était continuellement disponible.

Des échantillons de concentrés ont été prélevés à chaque semaine afin de déterminer la composition réelle. Ces échantillons ont été congelés à -20 °C jusqu'aux analyses qui ont été effectuées au laboratoire du Centre de recherche en sciences animales de Deschambault (CRSAD) en chimie humide (Tableau 4.1).

Période de croissance

Les agneaux ont été pesés à chaque semaine. Pour évaluer la croissance musculaire et le dépôt de gras, des mesures aux ultrasons (US) ont été réalisées sur chaque animal au début de la période de croissance (sélection) et le jour précédant son abattage. L'épaisseur de l'œil de longe (*longissimus dorsi*) et l'épaisseur du gras de couverture ont été évaluées à l'aide d'un appareil à ultrasons mode B (Ultrascan50, Alliance médicale Inc., Montréal, Québec, Canada). Ces mesures ont été effectuées sur deux sites différents, soit au site GR et entre la 3^e et la 4^e vertèbres lombaires. Le premier site a permis de mesurer l'épaisseur des tissus au même endroit que celui utilisé lors de la classification des carcasses au Canada (site GR). Il a été évalué à la 12^e côte (entre la 11^e et la 12^e) à 11 cm de la colonne vertébrale, du côté gauche de l'animal. Le deuxième site a permis d'évaluer le dépôt du gras, ainsi que la profondeur du muscle *longissimus dorsi*, mais cette fois-ci dans la région lombaire puisque ce site est particulièrement stable, peu importe la position de l'animal. La mesure a été effectuée entre la 3^e et la 4^e vertèbres lombaires à 4 cm de la colonne vertébrale, en plaçant la sonde parallèlement à la colonne. L'épaisseur de gras de

couverture, a été prise au-dessus du point le plus profond du longissimus dorsi, puis à environ 2 cm de la première mesure latéralement vers la gauche de l'animal.

Il est à noter que la peau a été incluse dans toutes les mesures de gras puisque cette couche de tissu est difficilement dissociable du gras et que son discernement laisse place à trop d'interprétation (source d'erreur importante). De plus, cette couche est mince et son épaisseur est relativement constante, d'un animal à l'autre, lorsque ceux-ci sont adéquatement tondus. Pour réaliser ces mesures, les sites ont été dégagés de toute laine, à l'aide d'une tondeuse munie d'une lame de type 40 (0,25 mm).

Afin de mesurer la mélatonine, des prélèvements sanguins ont été faits sur six agneaux mâles de chaque traitement (18 agneaux au total) à 103 jours d'âge. Les prélèvements ont été réalisés sur une période de 24 h à toutes les deux à trois heures. Des prélèvements ont également été effectués 30 min avant et 30 min après l'ouverture des lumières. La même procédure a été répétée lors de la fermeture des lumières. Durant la nuit, une très faible lumière rouge sombre (type « light stick »), générant moins de 1 lux à la hauteur des yeux des animaux, a été utilisée pour effectuer les opérations nocturnes. Les prélèvements ont été réalisés dans la veine jugulaire à l'aide de tubes héparinés pour le plasma de type Vacutainer® d'une capacité de 10 ml. Lors de l'échantillonnage, les tubes de sang ont été placés sur la glace. À la fin des prélèvements, les échantillons sanguins ont immédiatement été centrifugés à 2000 G, à 4 °C, pendant 20 min. Le plasma a été prélevé et congelé à -20 °C. Les dosages de mélatonine ont été réalisés dans un laboratoire de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) situé à Nouzilly en France. La concentration en mélatonine a été déterminée à l'aide de la technique de dosages radio-immunologiques à double anticorps (Malpaux *et al.*, 1993). L'antisérum a été dilué à raison de 1 : 80000. Le ligand utilisé était de l'I¹²⁵ marqué pour la mélatonine. L'antisérum et le ligand ont été produits dans les laboratoires de l'INRA. La courbe standard et les concentrations témoins ont été développées à partir du plasma ovin provenant d'animaux pinéalectomisés auquel était ajouté des quantités connues de mélatonine commerciale (Fluka, Buchs, Suisse). La spécificité de l'anticorps a été vérifiée par un test d'inhibition des sites de liaison pour la mélatonine. Le coefficient de variation intra-dosage était de 20,84 %.

Trois profils métaboliques ont été effectués à 77, 98 et 112 jours d'âge sur 24 agneaux mâles (8/traitement) pour évaluer leur état de santé général. Les prélèvements ont été réalisés dans la veine jugulaire à l'aide de tubes pour le sérum de type Vacutainer® d'une capacité de 10 ml. Les échantillons de sang étaient placés sur la glace immédiatement après le prélèvement. Une fois les échantillons coagulés (autour de deux heures suivant le prélèvement), ils ont été centrifugés à 2000 G à température pièce (± 22 °C). Le surnageant a été prélevé et les échantillons de tous les agneaux d'un même traitement et d'un même prélèvement ont été regroupés. Le sérum a été congelé à -20 °C. Ils ont été analysés à la Faculté de médecine vétérinaire de St-Hyacinthe. Les résultats de ces profils sont présentés à l'annexe D.

Abattage

Les agneaux ont été envoyés à l'abattoir lorsqu'ils ont atteint le poids à jeun visé, de 46-49 kg pour les mâles et de 41-44 kg pour les femelles. Le poids à jeun a été estimé en soustrayant 8 % du poids vif au moment de la pesée hebdomadaire (données non publiées). Les agneaux ont été mis à jeun pour une période d'environ 12 h avant leur abattage. Les agneaux à expédier à l'abattoir ont été regroupés dans un parquet avec eau mais sans aliment à 18h30 la veille de l'expédition vers l'abattoir. Le matin de l'abattage, les agneaux ont été pesés une dernière fois à jeun puis transportés à l'abattoir.

L'abattage a eu lieu à l'abattoir commercial de St-Henri-de-Lévis. Lors de leur arrivée à l'abattoir, les agneaux ont été regroupés dans un même enclos et ont eu seulement accès à de l'eau à volonté.

À l'abattage, les agneaux ont d'abord été assommés à l'aide d'un pistolet à cheville pénétrante puis saignés par sectionnement de la jugulaire. Par la suite, ils ont été éviscérés, la peau a été enlevée et la tête a été coupée au niveau de la première vertèbre cervicale. Chacune des carcasses a été pesée à chaud et ensuite placée à une température de 4 °C. Le poids froid a été mesuré 24 h après l'abattage.

Après 24 h de refroidissement, les carcasses ont été classifiées selon la méthode d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (1992) par une personne accréditée par la Fédération des producteurs d'agneaux et de moutons du Québec. La musculature des épaules, de la longe et des gigots a été évaluée et une cote de conformation de 1 à 5 attribuée à chaque partie (1 = faible musculature, 5 = forte musculature). Une moyenne des trois cotes est calculée pour obtenir la cote de conformation moyenne. À l'aide d'une règle de métal, l'épaisseur totale de tissus était également mesurée sur la 12^e côte à 11 cm de la colonne vertébrale (mesure GR). Le poids de la carcasse froide (qui n'incluait pas le gras périrénal) était par la suite enregistré. Les rendements en viande vendable ($RVV = 78,92 - 0,51 \times GR + 1,25 \times \text{Cote de conformation moyenne}$; Jones *et al.*, 1996) et en viande maigre ($RVM = 65,8 - 0,074 \times \text{Pds carcasse chaude} - 0,432 \times (6,38 + 0,88 \times GR)$; Jones *et al.*, 1992) ont été calculés.

4.3.5. Analyses statistiques

Toutes les données zootechniques, à l'exception de la consommation et des concentrations de mélatonine, ont été analysées à l'aide de la procédure MIXED de SAS (SAS Institute Inc., 2001). Les analyses ont été réalisées séparément pour chacun des sexes en raison des poids d'abattage visés qui étaient différents pour les femelles et pour les mâles. La source de variation (facteur fixe) incluse dans le modèle était l'intensité lumineuse. Le parc, chacun contenant quatre animaux de même sexe, a été considéré comme unité expérimentale et a été considéré comme facteur aléatoire.

Lorsque l'effet de l'intensité était significatif, les moyennes des traitements ont été comparées à l'aide de contrastes polynomiaux linéaires et quadratiques.

La consommation alimentaire hebdomadaire des agneaux a été analysée en mesures répétées à l'aide de la procédure MIXED de SAS. Par contre, pour cette analyse, seules les sept premières semaines ont été considérées. En fait, suite à l'abattage de nombreux agneaux, les consommations enregistrées n'étaient plus représentatives à partir de la 8^e semaine de traitement. À titre d'exemple, un agneau resté seul suite à l'abattage des autres membres de son parc, voyait sa consommation alimentaire chuter rapidement puis se

rétablir. De plus, les agneaux atteignant le poids d'abattage plus tardivement étaient forcément les moins performants et avaient une consommation alimentaire inférieure à la moyenne. Le type auto-régressif d'ordre 1 (AR(1)) a été utilisé comme structure de covariance. La sélection de cette structure a été basée sur le critère d'Akaike (AIC), la structure donnant la plus petite valeur étant le meilleur choix.

Les concentrations de mélatonine à différents temps de prélèvement ont également été analysées en mesures répétées à l'aide de la procédure MIXED de SAS. La structure de covariance choisie était de type CS (compound symmetry) toujours basée sur le critère AIC. Dans ce cas, l'agneau a été utilisé comme unité expérimentale.

4.4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.4.1. Données analysées

Les données de 65 des 72 agneaux présents au début de l'expérience ont été conservées pour des fins d'analyse. Les données de six agneaux ont été retirées puisque leur poids d'abattage était trop élevé. Un agneau a également dû être éliminé des analyses pour cause de problème de santé.

4.4.2. Performances en période de croissance

Le tableau 4.2 présente les performances de croissance des agneaux mâles et femelles selon les différentes intensités lumineuses. Il est à noter que les paramètres mesurés en début d'expérimentation (âge, poids et mesures aux ultrasons) ne différaient pas entre les traitements ($P > 0,05$). Les animaux de chacun des traitements étaient donc similaires, autant pour les femelles que pour les mâles.

Chez les femelles, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour les performances de croissance. Par contre, on remarque certaines tendances soit pour la durée de l'expérimentation ($P = 0,09$ avec un effet quadratique à 0,05), pour le GMQ ($P = 0,08$ avec un effet quadratique à 0,04), pour la mesure aux ultrasons au site GR

Tableau 4.2. Performances de croissance des agneaux femelles et mâles élevés sous une intensité lumineuse de 12, 37 ou 109 lux

Variables	Femelle						Mâle							
	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes		Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	12	37	109			Lin	Quad	12	37	109			Lin	Quad
Nombre d'agneaux	12	10	11					12	10	10				
Âge au début de l'expérimentation (j)	61,2	61,6	61,8	0,5	0,61	0,40	0,69	61,3	61,8	62,0	0,7	0,77	0,55	0,77
Poids au début de l'expérimentation (kg)	24,2	23,6	24,1	1,0	0,89	0,92	0,64	26,4	26,3	26,2	1,1	0,99	0,94	0,95
GR ultrasons (US) - Début (mm) ¹	14,8	16,1	14,9	1,1	0,69	0,87	0,41	14,1	14,1	13,9	0,8	0,97	0,81	0,98
Gras dorsal US - Début (mm) ²	6,0	6,5	5,8	0,4	0,48	0,52	0,30	5,6	5,7	5,2	0,3	0,43	0,22	0,68
Épaisseur œil de longe US - Début (mm) ²	25,2	25,4	23,9	0,7	0,27	0,13	0,54	25,2	24,6	25,1	0,7	0,82	0,90	0,54
Âge à l'abattage (j)	117,4	127,3	116,0	3,5	0,11	0,33	0,05	116,4	120,5	120,0	3,9	0,71	0,64	0,54
Poids plein à l'abattage (kg)	45,6	46,1	45,3	0,4	0,38	0,37	0,27	51,4	51,1	51,2	0,4	0,92	0,93	0,71
Durée expérimentation (j)	56,3	65,7	54,2	3,3	0,09	0,25	0,05	55,1	58,7	58,0	3,7	0,75	0,70	0,56
Gain (kg)	21,4	22,5	21,2	0,9	0,56	0,61	0,34	25,0	24,9	25,0	1,0	0,99	0,96	0,93
GMQ de la sélection à l'abattage (g/j)	391	353	401	13	0,08	0,20	0,04	469	438	454	22	0,61	0,84	0,36
GR US - Abattage (mm) ¹	27,4	31,6	28,4	1,1	0,08	0,85	0,03	27,8	27,2	26,5	0,9	0,64	0,39	0,83
Gras dorsal US - Abattage (mm) ²	9,7	10,9	9,4	0,4	0,06	0,23	0,03	9,3	9,2	8,0	0,3	0,05	0,02	0,53
Épaisseur œil de longe US - Abattage (mm) ²	33,9	34,4	32,2	0,7	0,11	0,06	0,25	33,9	34,2	35,8	0,7	0,18	0,07	0,83
Consommation de concentrés (kg/tête/j)	1,6	1,5	1,6	0,4	0,20	0,21	0,16	1,8	1,8	1,7	0,1	0,45	0,24	0,81
Conversion alimentaire (kg concentrés/kg gain)	4,1	4,3	4,2	0,1	0,57	0,91	0,31	3,9	4,0	3,8	0,1	0,33	0,20	0,39

¹ Épaisseur totale des tissus évaluée à l'aide d'un échographe entre les 11^e- 12^e côtes à 11 cm de la colonne vertébrale

² Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un échographe entre les 3^e - 4^e vertèbres lombaires à 4 cm de la colonne vertébrale

($P = 0,08$ avec un effet quadratique à $0,03$) et finalement, pour la mesure aux ultrasons de gras dorsal ($P = 0,06$ avec un effet quadratique à $0,03$). Il semble que ce soit le traitement de 37 lux qui se comporte différemment, d'où les effets quadratiques observés. Évidemment, il faut comprendre que ces résultats sont tous interreliés. Ainsi, un animal avec un GMQ plus faible mettra forcément plus de temps pour atteindre un poids donné, ce qui augmente inévitablement la durée de la croissance. De plus, les courbes de dépôt des tissus montrent que l'épaisseur de gras dorsal augmente avec l'âge, au détriment du tissu musculaire (Ray et Kromann, 1971; Smith *et al.*, 1987), expliquant que ces animaux avaient davantage de tissu adipeux.

Du côté des agneaux mâles, il y avait une seule différence significative, soit la mesure par ultrasons de gras dorsal à l'abattage ($P = 0,05$ avec un effet linéaire à $0,02$). Par contre, l'effet est linéaire, ce qui est différent de l'effet observé chez les femelles qui était quadratique. Ainsi, les agneaux mâles du traitement de 109 lux étaient significativement plus maigres pour la mesure aux ultrasons de gras dorsal. Pourtant, cette différence ne s'est pas reflétée sur la mesure par ultrasons au site GR ($P = 0,64$) qui est, elle aussi, une mesure de l'état d'engraissement des animaux.

Du côté de la consommation de concentrés et de la conversion alimentaire, elles ne différaient pas d'un traitement à l'autre, tant chez les femelles que chez les mâles.

Ainsi, globalement, l'intensité lumineuse a peu affecté les performances de croissance des agneaux. De plus, les différences observées ne sont pas les mêmes entre les mâles et les femelles. Ces observations concordent d'ailleurs avec celles obtenues par Casamassima *et al.*, (1993) qui n'avaient pas trouvé de différences significatives entre un traitement de 10 lux et un de 100 lux sur les performances post-sevrage des agneaux. En effet, cette étude avait montré que ces deux intensités permettaient d'obtenir des résultats similaires pour le poids vif, le gain moyen quotidien ainsi que la conversion alimentaire.

4.4.3. Qualité de carcasse

Le tableau 4.3 présente les caractéristiques des carcasses des agneaux élevés sous les différentes intensités lumineuses. Du côté des femelles, il existe une différence significative ($P = 0,05$ avec un effet linéaire à $0,03$) pour le rendement en viande vendable (RVV) ainsi que pour le rendement en viande maigre (RVM). Les femelles du traitement de 109 lux avaient un RVV significativement supérieur à celui des autres traitements. Ce résultat s'explique en bonne partie par la tendance ($P = 0,06$) observée pour la mesure du GR. En effet, l'équation du RVV de Jones *et al.* (1996) accorde une importance mathématique très grande à la mesure du GR. Ainsi, selon l'équation de prédiction ($RVV = 78,92 - 0,51 \times GR + 1,25 \times \text{Cote de conformation moyenne}$), un faible GR entraîne une augmentation du RVV. Dans le cas du RVM, c'est plutôt la tendance observée au niveau du poids chaud de la carcasse ($P = 0,07$ avec un effet quadratique à $0,06$) combinée à celle du GR qui expliqueraient les différences. Bien que les différences observées pour le RVV et pour le RVM soient significatives, il est peu probable que l'intensité lumineuse soit directement responsable. Ainsi, ces effets ne se répètent pas chez les agneaux mâles.

Chez les femelles, il y avait des différences statistiques presque significatives tant pour le poids de la carcasse chaude ($P = 0,07$ avec un effet quadratique à $0,06$) que pour le poids de la carcasse froide ($P = 0,09$ avec un effet quadratique à $0,09$). En effet, il est logique d'observer une relation similaire pour ces deux paramètres puisque le poids de la carcasse froide est en réalité le poids de la carcasse chaude moins l'évaporation. Il semble donc que les carcasses des agneaux femelles du traitement de 37 lux étaient légèrement plus lourdes que celles des autres traitements. Ces résultats peuvent être en partie expliqués par le fait que ces agneaux avaient un poids à jeun à l'abattage légèrement supérieur bien que non significatif. Ces femelles étaient, en moyenne, à la limite supérieure de leur strate de poids d'abattage visé, engendrant ainsi une carcasse légèrement plus lourde. Il faut dire que les abattages avaient lieu une seule fois par semaine. Puisque ces femelles ont dépassé leur strate de poids, il semble qu'un rythme de deux abattages par semaine aurait permis un poids à jeun plus uniforme ce qui aurait peut-être eu pour effet de limiter la différence entre les traitements. Il y a donc tout lieu de croire que les différences qui étaient presque

Tableau 4.3. Caractéristiques des carcasses des agneaux mâles et femelles élevés sous une intensité lumineuse de 12, 37 ou 109 lux

Variables	Femelle						Mâle								
	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes		Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes		
	12	37	109			Lin	Quad	12	37	109			Lin	Quad	
Nombre d'agneaux	12	10	11					12	10	10					
Poids à jeun à l'abattage (kg)	43,3	44,0	43,0	0,3	0,15	0,25	0,09	49,3	49,2	48,6	0,6	0,70	0,41	0,97	
Perte de poids pendant le jeûne (%)	5,2	4,6	5,1	0,6	0,74	0,85	0,46	3,9	4,3	4,9	0,6	0,43	0,22	0,91	
Poids de la carcasse chaude (kg)	22,8	23,4	22,4	0,3	0,07	0,10	0,06	25,3	25,1	24,7	0,5	0,60	0,33	0,95	
Rendement de la carcasse (%)	52,7	53,3	52,1	0,5	0,33	0,26	0,29	51,3	51,1	50,7	0,5	0,68	0,41	0,90	
Poids de la carcasse froide (kg)	21,8	22,3	21,4	0,3	0,09	0,10	0,09	24,2	23,9	23,5	0,5	0,61	0,36	0,85	
GR (mm)	21,4	22,7	18,7	1,0	0,06	0,04	0,14	17,8	17,5	16,6	1,3	0,79	0,51	0,99	
Cote de conformation moyenne	4,6	4,6	4,6	0,1	0,87	0,78	0,70	4,8	4,8	4,6	0,1	0,58	0,32	0,84	
Rendement en viande vendable (RVV) ¹	73,7	73,1	75,2	0,5	0,05	0,03	0,15	75,8	76,0	76,2	0,6	0,87	0,61	0,97	
Rendement en viande maigre (RVM) ²	53,2	52,7	54,3	0,4	0,05	0,03	0,12	54,4	54,5	54,9	0,5	0,76	0,47	0,99	

¹ Estimé selon l'équation de Jones et al., 1996

² Estimé selon l'équation de Jones et al., 1992

significatives, auraient disparues avec un rythme de deux abattages par semaine. Ces observations permettent également de mieux comprendre les effets quadratiques observés au niveau des performances de croissance chez ces mêmes femelles.

Enfin, une différence presque significative ($P = 0,06$ avec un effet linéaire à $0,04$) est également observée pour le GR mesuré sur la carcasse. Par contre, cette observation n'est pas directement reliée à la mesure du GR effectuée aux ultrasons, qui elle montrait plutôt une tendance vers un effet quadratique. Dans les faits, c'est deux mesures devraient pourtant être très bien corrélées ($r = 0,83$) comme l'a démontré Thériault (2005).

Du côté des agneaux mâles, les différentes intensités lumineuses n'ont eu aucun effet significatif sur la qualité des carcasses. Ainsi, la différence notée pour la mesure aux ultrasons du gras dorsal ne s'est pas reflétée sur la qualité de la carcasse puisque la mesure du GR sur la carcasse n'était pas significativement différente entre les traitements (Tableau 4.3). Or, Fernandes (2000a) avait établi une corrélation de $0,54$ entre les mesures de gras dorsal aux ultrasons à la dernière côte et le GR alors que Thériault (2005) avait montré une corrélation de $0,78$ pour ces mêmes mesures.

4.4.4. Perception lumineuse

La concentration plasmatique de mélatonine a été mesurée chez les agneaux afin d'évaluer leur perception lumineuse en fonction de l'intensité lumineuse. Chez les ovins, les taux plasmatiques diurnes de mélatonine sont faibles, soit de l'ordre de 5 à 10 pg/ml alors que la nuit, les taux sont beaucoup plus élevés et varient habituellement entre 100 et 500 pg/ml (Malpaux *et al.*, 1987; Notter, 2002). Par contre, ces observations ont été faites chez des animaux adultes. Dans la littérature, il n'existe pas de données pour de jeunes agneaux nous permettant de comparer les résultats de cette expérience. Cependant, les taux observés dans la présente étude peuvent se comparer à ceux obtenus dans l'expérience réalisée chez les brebis (voir section 3.4.2. et 3.4.6), laissant ainsi présager des taux similaires entre les adultes et les animaux plus juvéniles.

Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements tant pour les concentrations diurnes ($P = 0,97$) que nocturnes ($P = 0,37$) de mélatonine (Tableau 4.4). C'est donc dire qu'une intensité lumineuse de 12 lux serait aussi efficace qu'une intensité de 109 lux pour inhiber la sécrétion de mélatonine et ainsi permettre aux agneaux de différencier le jour de la nuit.

L'analyse de la concentration plasmatique de mélatonine en mesures répétées en fonction de l'heure de prélèvement permet de montrer que l'évolution de la mélatonine dans le temps est similaire pour tous les traitements. Ainsi, l'absence de sécrétion de mélatonine le jour pour tous les traitements et une élévation similaire des concentrations plasmatiques à la fermeture des lumières ont été observées (Figure 4.1).

Ces résultats réfutent la théorie de Forbes (1982) qui affirmait qu'une intensité de 100 lux ou moins serait insuffisante pour permettre à l'animal de considérer cet éclairage comme étant une période de « jour ». Par contre, ces nouvelles informations viennent renforcer les observations faites par Arendt et Ravault (1988), par Cameron (2006) et par Laferte *et al.* (1997). En effet, Arendt et Ravault (1988) avaient montré qu'un flash lumineux de seulement 1,02 lux était suffisant pour inhiber la sécrétion de mélatonine chez les béliers. De son côté, l'étude de Cameron (2006) avait montré qu'une intensité de l'ordre de 15 lux était suffisante pour inhiber la sécrétion de mélatonine le jour et ainsi permettre aux brebis de différencier le jour de la nuit. De plus, cette intensité avait permis aux brebis de bien répondre à un traitement de photopériode. Finalement, l'étude de Laferte *et al.* (1997), réalisée cette fois-ci chez les caprins, avait montré qu'un flash lumineux de 20 lux était suffisant pour inhiber la sécrétion de mélatonine.

Bien qu'il soit difficile de comparer ces résultats avec ceux obtenus chez les adultes, il n'en reste pas moins qu'ils vont à l'encontre de l'étude effectuée par Arendt et Ravault (1988) en ce qui a trait au pourcentage d'inhibition de la mélatonine. En effet, ces auteurs avaient montré une relation proportionnelle entre l'intensité lumineuse et le pourcentage de suppression de la mélatonine. Ainsi, une intensité de 1,02 lux entraînait une suppression de

Tableau 4.4. Concentrations plasmatiques de mélatonine chez les agneaux mâles élevés sous une intensité lumineuse de 12, 37 ou 109 lux

Variables	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes	
	12	37	109			Lin	Quad
Nombre d'agneaux	6	6	6				
Mélatonine JOUR (pg/ml)	10,7	9,3	10,6	1,4	0,73	0,86	0,45
Mélatonine NUIT (pg/ml)	92,9	120,2	119,5	21,6	0,62	0,52	0,49

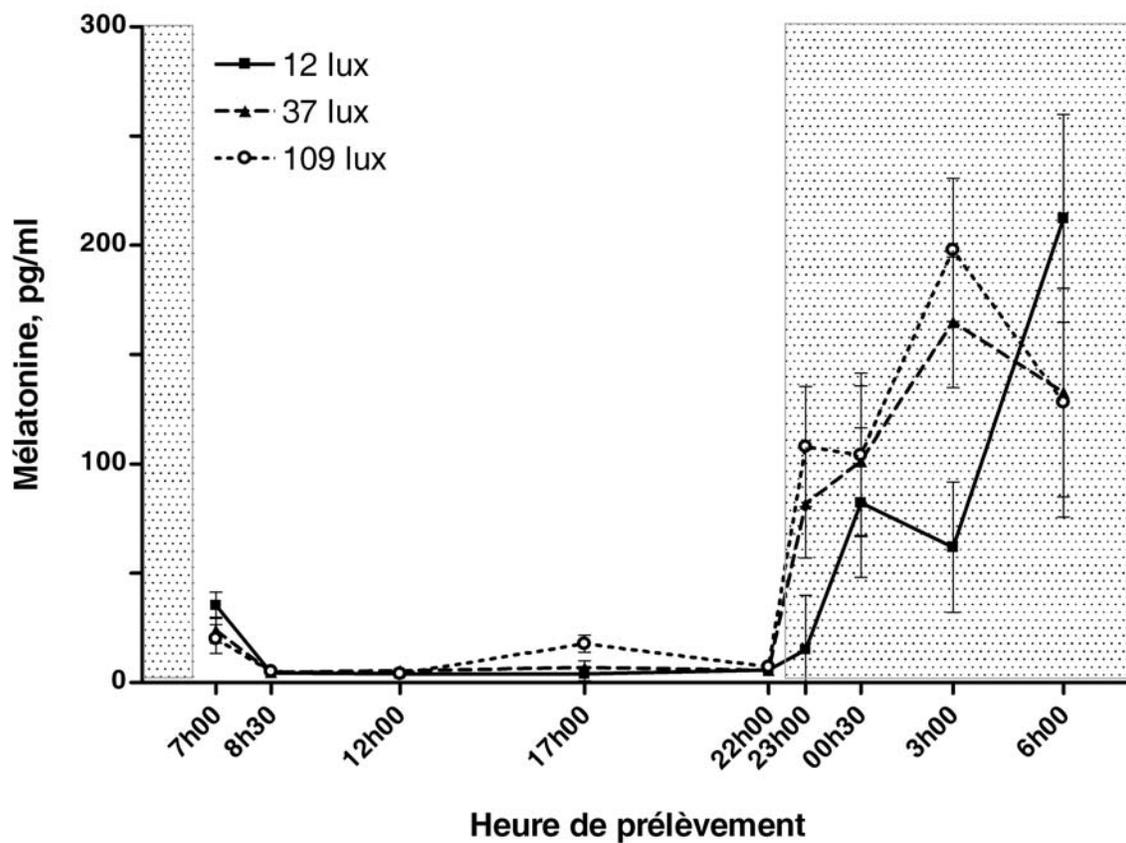


Figure 4.1. Évolution de la concentration plasmatique de mélatonine des agneaux exposés à des JL (16 h/j de lumière) sous une intensité lumineuse de 12, 37, ou 109 lux. La zone grise correspond à la période de noirceur. Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type des agneaux prélevés par traitement.

la mélatonine de l'ordre de 45 % alors qu'une intensité de 88,60 lux supprimait plus de 80 % de la sécrétion nocturne de mélatonine (Arendt et Ravault, 1998). Bien que cette étude utilisait un flash lumineux plutôt qu'une longue durée de noirceur comme dans le cas présent, il est évident que ce type de relation n'a pas été observé dans la présente étude puisque les concentrations de mélatonine étaient similaires peu importe l'intensité ($P = 0,97$ pour le jour et $P = 0,37$ pour la nuit).

Il est bien démontré que l'exposition des agneaux à des JL de 16 h de lumière favorise leur croissance (Forbes *et al.*, 1979b; Brown et Forbes, 1980; Schanbacher et Crouse, 1980; Brinklow *et al.*, 1984). Afin de profiter pleinement de cet effet, l'intensité lumineuse doit permettre aux agneaux de percevoir la différence entre l'obscurité et la clarté. L'analyse du patron de sécrétion de la mélatonine chez les agneaux permet donc d'affirmer qu'une intensité de 12 lux s'avère suffisante pour qu'ils fassent cette différence.

4.4.5. Consommation des agneaux

Le tableau 4.5 présente les résultats obtenus lors des tests de consommation de fourrage et de concentrés. Il faut rappeler que la consommation globale de concentrés durant toute la période de croissance n'était pas différente d'un traitement à l'autre (Tableau 4.2). Lors des trois périodes de test où la consommation de fourrage et de concentrés a été évaluée, la consommation de concentrés n'était pas non plus significativement différente entre les traitements tant chez les femelles que chez les mâles. Par contre, une différence presque significative ($P = 0,06$) pour la consommation de fourrage au test #1 chez les femelles (effet quadratique à 0,08) et chez les mâles (effet quadratique à 0,03) est remarquée. En effet, il semble que la consommation de fourrage était plus faible pour le traitement de 12 lux pour ensuite atteindre un plateau pour les traitements de 37 et de 109 lux. Une explication relativement simple serait que l'intensité lumineuse de 12 lux aurait été insuffisante pour permettre aux animaux de bien voir la mangeoire à fourrage. De plus, la configuration des mangeoires à foin créait une zone d'obscurité autour de celle-ci. Puisque les zones d'obscurité effraient généralement les animaux (Grandin, 1980; 1987), cela pourrait expliquer leur réticence à manger le fourrage d'autant plus que cette tendance est

Tableau 4.5. Consommations de fourrages et de concentrés des agneaux femelles et mâles élevés sous une intensité lumineuse de 12, 37 ou 109 lux

Variables	Femelle					Mâle									
	Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes		Intensité (lux)			SEM	P	Contrastes		
	12	37	109			Lin	Quad	12	37	109			Lin	Quad	
Test #1															
Âge des agneaux (j)	74	75	75						74	75	75				
Consommation de concentrés (kg/tête/j)	1,39	1,28	1,33	0,05	0,34	0,70	0,17		1,55	1,54	1,41	0,09	0,46	0,24	0,74
Consommation de fourrage (kg/tête/j)	0,09	0,13	0,13	0,01	0,06	0,08	0,08		0,09	0,15	0,13	0,02	0,06	0,33	0,03
Test #2															
Âge des agneaux (j)	96	97	97						96	97	97				
Consommation de concentrés (kg/tête/j)	1,76	1,72	1,91	0,12	0,54	0,33	0,61		2,11	2,07	2,02	0,16	0,90	0,68	0,92
Consommation de fourrage (kg/tête/j)	0,12	0,15	0,14	0,01	0,32	0,67	0,16		0,12	0,16	0,15	0,01	0,11	0,31	0,07
Test #3															
Âge des agneaux (j)	109	110	110						109	110	110				
Consommation de concentrés (kg/tête/j)	1,84	1,78	1,89	0,09	0,67	0,53	0,53		2,10	1,93	1,92	0,13	0,48	0,44	0,41
Consommation de fourrage (kg/tête/j)	0,18	0,17	0,15	0,02	0,72	0,43	0,99		0,15	0,19	0,13	0,02	0,22	0,26	0,14

observable exclusivement au premier test soit au moment où les animaux sont plus jeunes. Cependant, il a été montré que les ovins ingèrent une proportion significative de leurs aliments pendant les heures de noirceur (Forbes, 1982), ce qui signifie qu'ils n'ont pas besoin de voir leur nourriture. Enfin, il est important de souligner que la méthode d'alimentation utilisée présentait également des lacunes. Les mangeoires ne permettaient pas de retenir complètement le foin à l'intérieur et celui-ci était servi non haché. C'est donc dire que les agneaux gaspillaient une certaine partie du foin ce qui pourrait biaiser les résultats. Il est donc possible que la tendance observée soit le fruit d'autres facteurs que l'intensité lumineuse tels que les limites de la méthode et les habitudes comportementales des agneaux.

4.5. CONCLUSION

Il est possible de conclure que les trois traitements d'intensité lumineuse utilisés dans cette étude (12, 37 et 109 lux) ont donné des résultats similaires quant à leurs effets sur les performances zootechniques des agneaux. En effet, malgré l'observation de certaines tendances, les résultats n'ont pas permis de montrer qu'une des intensités utilisées pourrait avoir un effet néfaste sur la croissance des agneaux. De plus, l'observation de différences entre les effets du traitement sur les mâles par rapport aux effets sur les femelles vient supporter un impact similaire des trois traitements d'intensité, tout comme les différences entre les performances des animaux vivants et les caractéristiques de leur carcasse. Enfin, cette étude est la première à montrer qu'une intensité aussi faible que 12 lux permet aux agneaux de bien distinguer le jour de la nuit.

De façon générale, la majorité des producteurs désirant offrir des conditions de croissance optimales à leurs agneaux pourront ainsi laisser l'intensité lumineuse de leurs bâtiments au niveau où elle se situe présentement. Comme les performances zootechniques des agneaux sont, somme toute, équivalentes d'une intensité lumineuse à l'autre, il est difficile de recommander une intensité au détriment d'une autre en se basant strictement sur le simple aspect des performances. Cependant, du point de vue pratique, une intensité supérieure à 50 lux serait à privilégier afin de faciliter le travail et l'observation en bergerie.

4.6. RÉFÉRENCES

- Agriculture Canada. 1992. Règlement sur la classification des carcasses de bétail et de volaille (DORS/92-541). Gazette du Canada, Partie II 126: 3848.
- Arendt, J. et J. P. Ravault. 1988. Suppression of melatonin secretion in Ile-de-France rams by different light intensities. *J. Pineal. Res.* 5: 245-250.
- Barrott, H. G. et E. M. Pringle. 1951. The effect of environment on growth and food and water consumption of chickens. 4. The effect of light on early growth. *J. Nutr.* 45: 265-274.
- Brinklow, B. R., R. Jones et J. M. Forbes. 1984. The effect of daylength on the growth of lambs 5. Skeletal long photoperiod. *Anim. Prod.* 38: 455-461.
- Brown, W. B. et J. M. Forbes. 1980. Diurnal variations of plasma prolactin in growing sheep under two lighting regimes and the effect of pinealectomy. *J. Endocrinol.* 84: 91-99.
- Cameron, J. 2006. Programme photopériodique appliqué à longueur d'année pour améliorer la répartition des mises bas et la productivité des brebis soumises à un rythme d'agnelage accéléré. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada.
- Casamassima, D., A. Sevi et O. Montemurron. 1993. Effetto dell'intensita luminosa sulle prestazioni produttive e sul comportamento di agnelle di razza Comisana allevate intensivamente. *Zoot. Nutr. Anim.* 6: 251-259.
- Charles, R. G., F. E. Robinson, R. T. Hardin, M. W. Yu, J. Feddes et H. L. Classen. 1992. Growth, body composition, and plasma androgen concentration of male broiler chickens subjected to different regimens of photoperiod and light intensity. *Poult. Sci.* 71: 1592-1605.
- Cherry, P. et M. W. Barwick. 1962. The effect of light on broiler growth II. Light patterns. *Br. Poult. Sci.* 3: 41-50.
- Fernandes, T. 2000. Genetic parameter estimates for ultrasound-measured carcass traits in sheep. Mémoire de maîtrise, Université de Guelph, Ontario, Canada. 83 pages.
- Forbes, J. M. 1982. Effects of lighting pattern on growth, lactation and food intake of sheep, cattle and deer. *Livest. Prod. Sci.* 9: 361-374.

- Forbes, J. M., A. A. El Shahat, R. Jones, J. G. S. Duncan et T. G. Boaz. 1979. The effect of daylength on the growth of lambs 1. Comparisons of sex, level of feeding, shearing and breed of sire. *Anim. Prod.* 29: 33-42.
- Grandin, T. 1980. Observations of cattle behavior applied to the design of cattle handling facilities. *Appl. Anim. Ethol.* 6: 19-31.
- Grandin, T. 1987. Animal Handling. Dans : W. B. Saunders (éd.). *Farm Animal Behavior*. p. 323-338, Philadelphia, États-Unis.
- Jones, S. D. M., L. E. Jeremiah, A. K. W. Tong, W. M. Robertson et L. L. Gibson. 1992. Estimation of lamb carcass composition using an electronic probe, a visual scoring system and carcass measurements. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 237-244.
- Jones, S. D. M., W. M. Robertson, M. A. Price et T. Coupland. 1996. The prediction of saleable meat yield in lamb carcasses. *Can. J. Anim. Sci.* 76: 49-53.
- Laferte, S., B. Malpau et P. Chemineau. 1997. Détermination de l'intensité minimale d'éclairage pour induire un effet "jours longs" chez la chèvre. *Renc. Rech. Ruminants* 4: 160.
- Malpau, B., A. Daveau, F. Maurice, V. Gayrard et J. C. Thiery. 1993. Short-day effects of melatonin on luteinizing hormone secretion in the ewe: Evidence for central sites of action in the mediobasal hypothalamus. *Biol. Reprod.* 48: 752-760.
- Malpau, B., J. E. Robinson, M. B. Brown et F. J. Karsch. 1987. Reproductive refractoriness of the ewe to inductive photoperiod is not caused by inappropriate secretion of melatonin. *Biol. Reprod.* 36: 1333-1341.
- Notter, D. R. 2002. Opportunities to reduce seasonality of breeding in sheep by selection. *Sheep and Goat Research Journal* 17: 20-32.
- Ray, E. E. et R. P. Kromann. 1971. Effects of sex, age of lamb and length of feeding upon energy metabolism and carcass traits of lambs. *J. Anim. Sci.* 32: 721-726.
- SAS. 1999-2001. SAS Institute, Inc. Release 8.02. Cary, NC.
- Schanbacher, B. D. et J. D. Crouse. 1980. Growth and performance of growing-finishing lambs exposed to long or short photoperiods. *J. Anim. Sci.* 51: 943-948.
- Siopes, T. D. 1984. The effect of high and low intensity cool-white fluorescent lighting on the reproductive performance of turkey breeder hens. *Poult. Sci.* 63: 920-926.

- Siopes, T. D., M. B. Timmons, G. R. Baughman et C. R. Parkhurst. 1983. The effect of light intensity on the growth performance of male turkeys. *Poult. Sci.* 62: 2336-2342.
- Smith, S. B., T. Jenkins et R. L. Prior. 1987. Carcass composition and adipose tissue metabolism in growing sheep. *J. Anim. Sci.* 65: 1525-1530.
- Thériault, M. 2005. Utilisation des mesures aux ultrasons pour estimer la composition de la carcasse chez l'agneau lourd. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, Canada. 164 pages.
- Yahav, S., S. Hurwitz et I. Rozenboim. 2000. The effect of light intensity on growth and development of turkey toms. *Br. Poult. Sci.* 41: 101-106.

CHAPITRE 5.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'utilisation des protocoles de photopériode afin d'augmenter la productivité des troupeaux québécois est sans contredit une avenue très intéressante pour un nombre croissant d'éleveurs. En effet, elle répond à tous les critères recherchés par les éleveurs et l'industrie : elle est économique, donne généralement d'excellents résultats de fertilité et contribue à réduire l'utilisation d'hormones exogènes. Le raffinement de la technique et l'amélioration des connaissances générales sont d'ailleurs des outils précieux pour le développement et l'implantation de cette méthode. Les expériences réalisées depuis les 10 dernières années au Québec permettent aujourd'hui de mieux accompagner les producteurs dans la mise en œuvre d'un programme de photopériode au quotidien dans leurs entreprises.

Dans la procédure d'utilisation des programmes photopériodiques, les intensités lumineuses recommandées par les experts français sont très élevées, soit de l'ordre de 100 lux et plus. Amener les intensités lumineuses généralement rencontrées dans les bergeries québécoises à ces valeurs représenterait un investissement important pour les producteurs et peut-être même un frein pour certains. En effet, sachant que, selon une enquête du MAPAQ réalisée en 1997, l'intensité moyenne dans plusieurs bergeries québécoises est aux alentours de 60 lux, plusieurs éleveurs souhaitant utiliser la méthode, aurait eu à investir dans un nouveau système d'éclairage. La présente étude est la première à montrer que des intensités lumineuses aussi faibles que 10 et 30 lux permettent de contrôler la reproduction des brebis, et ce, sans effet néfaste sur leurs performances zootechniques. En effet, les trois intensités évaluées de 10, 30 et 117 lux ont réussi à entraîner le rythme de reproduction des brebis en plus d'assurer des performances similaires tant en période de gestation, de lactation et de reproduction. De plus, les performances des agneaux en période pré-sevrage n'ont pas été influencées par l'intensité lumineuse. Enfin, le suivi de la mélatonine plasmatique à différents moments du programme photopériodique a permis de montrer que les animaux

perçoivent une intensité de 10 lux comme étant le jour, puisque cette intensité est suffisante pour inhiber la sécrétion de cette hormone. À la lumière de ces résultats, il est impossible de recommander une intensité plutôt qu'une autre au chapitre de l'efficacité du contrôle de la reproduction.

D'un point de vue pratique, par contre, le travail à la bergerie du Centre d'expertise dans les trois intensités amène à conclure qu'une intensité de l'ordre de 50 lux serait à privilégier afin de faciliter les travaux de régie. Avec cette intensité minimale, l'observation, les soins aux animaux, la prise de notes ainsi que plusieurs autres activités quotidiennes sont simplifiés et peuvent se réaliser dans les meilleures conditions possibles. À ce chapitre, la période des mises-bas est un excellent exemple. Ainsi, les conditions d'observation se doivent d'être optimales afin d'assurer un suivi adéquat et obtenir un excellent taux de survie des agneaux naissants. Finalement, il faut bien admettre que l'atmosphère de travail est beaucoup plus motivante et intéressante avec une intensité de 50 lux qu'avec une intensité de 10 lux. C'est donc dire que la majorité des bergeries québécoises répondraient déjà à ce critère et que les investissements reliés à l'augmentation de l'intensité lumineuse dans les installations existantes ne seront jamais un frein au développement de l'utilisation de la photopériode au Québec.

Pour ce qui est de l'essai sur l'effet de l'intensité lumineuse sur la croissance des agneaux, le constat est sensiblement le même. Les trois intensités évaluées chez les agneaux, soit 12, 37 et 109 lux, ont donné des résultats équivalents pour les performances de croissance et pour la qualité des carcasses. Les trois intensités pourraient donc être utilisées en conditions commerciales avec des résultats similaires. Par contre, la recommandation de fournir une intensité minimale de 50 lux demeure, et ce, pour les mêmes raisons que celles évoquées chez les brebis.

Les résultats de ce projet apportent des précisions nouvelles et importantes pour le monde scientifique en ce qui concerne les besoins en intensité lumineuse des animaux dont la physiologie de la reproduction est contrôlée par la photopériode. Mais ces résultats vont encore plus loin puisqu'ils ont une application pratique directe dans les élevages ovins qui

utilisent ou souhaitent utiliser la photopériode comme technique de contrôle de la reproduction.

Annexe A.**PLANS ET INTENSITÉS LUMINEUSES DES CHAMBRES DE
TRAITEMENT**

3.0	3.3	3.8	5.0	3.5	4.5	4.6		4.7		
4.6	8.5	8.5		9.8	10.4	7.0	7.7	9.6		10.9
		9.5	8.0							10.3
9.6	17.0			16.8	11.2	11.2	16.0			
12.5	21.4				21.7	12.5	14.0	18.0		
13.4	20.7				20.5	14.7	13.1	19.4		
9.7	17.4			15.8	11.3	10.2	15.2			
		10.3	10.0					10.2		
6.5	9.5	9.0		10.2	10.0	5.9	6.0	9.7		10.2
4.0	3.3	4.4	4.5	4.8	4.4	4.4	4.7	5.2		

Figure A.1. Intensités lumineuses relevées à l'intérieur des parcs de la chambre de 10 lux pendant la phase de lactation du projet sur l'intensité minimale pour les brebis

16.5	15.6	17.0	23.7	14.8	16.8	19.0	13.7	21.2	
26.1	40.3	38.0	43.0	35.5	25.6	27.3	38.3	35.2	
		24.0	34.5					30.2	
20.1	35.9			40.7	29.3	31.4	36.4		
26.0	43.3	41.5			33.9	33.2	42.8		
27.6	42.5	44.6			31.5	32.2	42.6		
31.9	41.6			46.5	31.5	33.0	42.5		
		29.2	30.4						31.1
30.2	44.9	35.9	39.0	36.8	23.8	27.0	43.8		41.4
21.0	14.5	18.2	18.0	18.2	18.0	17.4	18.6		19.0

Figure A.2. Intensités lumineuses relevées à l'intérieur des parcs de la chambre de 30 lux pendant la phase de lactation du projet sur l'intensité minimale pour les brebis

	113.8	93.4	78.6	80.3	99.6	101.6	94.3	74.2	62.9
	186.0	203.0	98.9	100.5	204.4	183.0	212.6	213.7	85.4
	137.0						122.7	136.0	
	104.4	81.8		77.7	96.2			100.2	68.0
			70.3	59.0	55.5	74.3			
			77.3	56.8	62.4	73.5			
							71.0	55.0	
							68.8	43.6	
		127.3	89.0	95.6	122.7			156.1	92.7
	151.9						146.3	164.5	
	244.7	238.9	121.2	115.9	228.2	194.2	272.9	284.1	118.6
	101.1	96.4	83.5	89.3	104.7	98.0	130.0	117.2	96.7

Figure A.3. Intensités lumineuses relevées à l'intérieur des parcs de la chambre de 117 lux pendant la phase de lactation du projet sur l'intensité minimale pour les brebis

			Projet Agneaux		6	9	7	6	
					12		12		
					16	15	16	18	
19									
	18	16	19		16	22		21	
	16	15	10	18	13	15		16	19
	10		10	Projet Brebis	11			12	
	6	7	7	6	6	6		7	6

Figure A.4. Intensités lumineuses relevées à l'intérieur des parcs de la chambre d'intensité faible (10 à 12 lux) au cours du projet sur les agneaux en croissance et de la phase de gestation du projet sur les brebis

	27	26				24	27	25	21	
		45		Projet Agneaux			44		47	
	46	40				41	39	39	40	
	35					45		44		
				Projet Brebis						

Figure A.5. Intensités lumineuses relevées à l'intérieur des parcs de la chambre d'intensité moyenne (30 à 37 lux) au cours du projet sur les agneaux en croissance et de la phase de gestation du projet sur les brebis

				72	90	92	100	94	100	
			Projet Agneaux	145		178		180		
				68	96	104	88	94	119	
57										
			Projet Brebis							

Figure A.6. Intensités lumineuses relevées à l'intérieur des parcs de la chambre d'intensité forte (109 à 117 lux) au cours du projet sur les agneaux en croissance et de la phase de gestation du projet sur les brebis

Annexe B.

TEMPÉRATURES ET HUMIDITÉS PENDANT LE PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES BREBIS

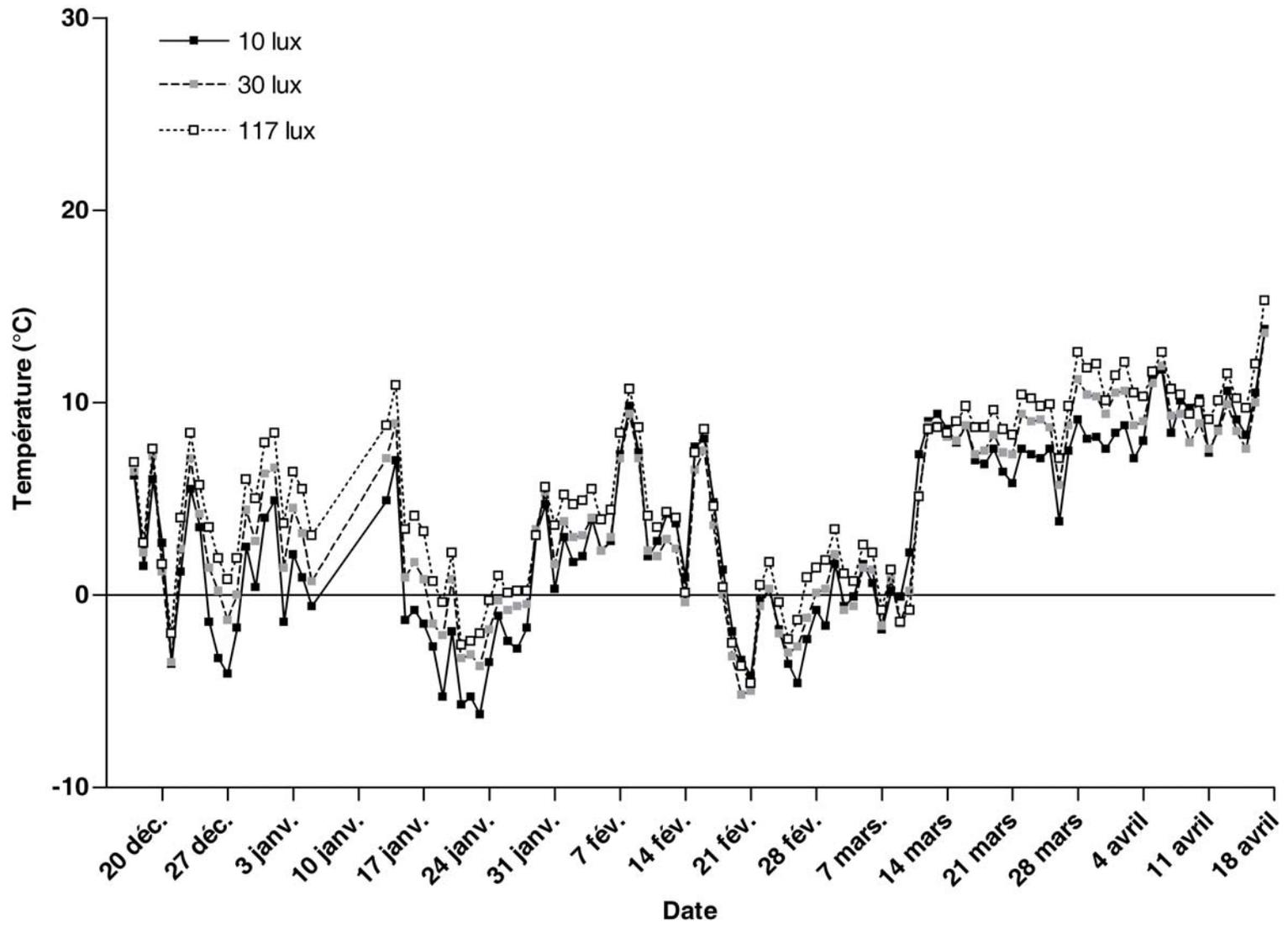


Figure B.1. Températures dans les trois chambres d'intensités lumineuses entre les mois de décembre 2004 et avril 2005

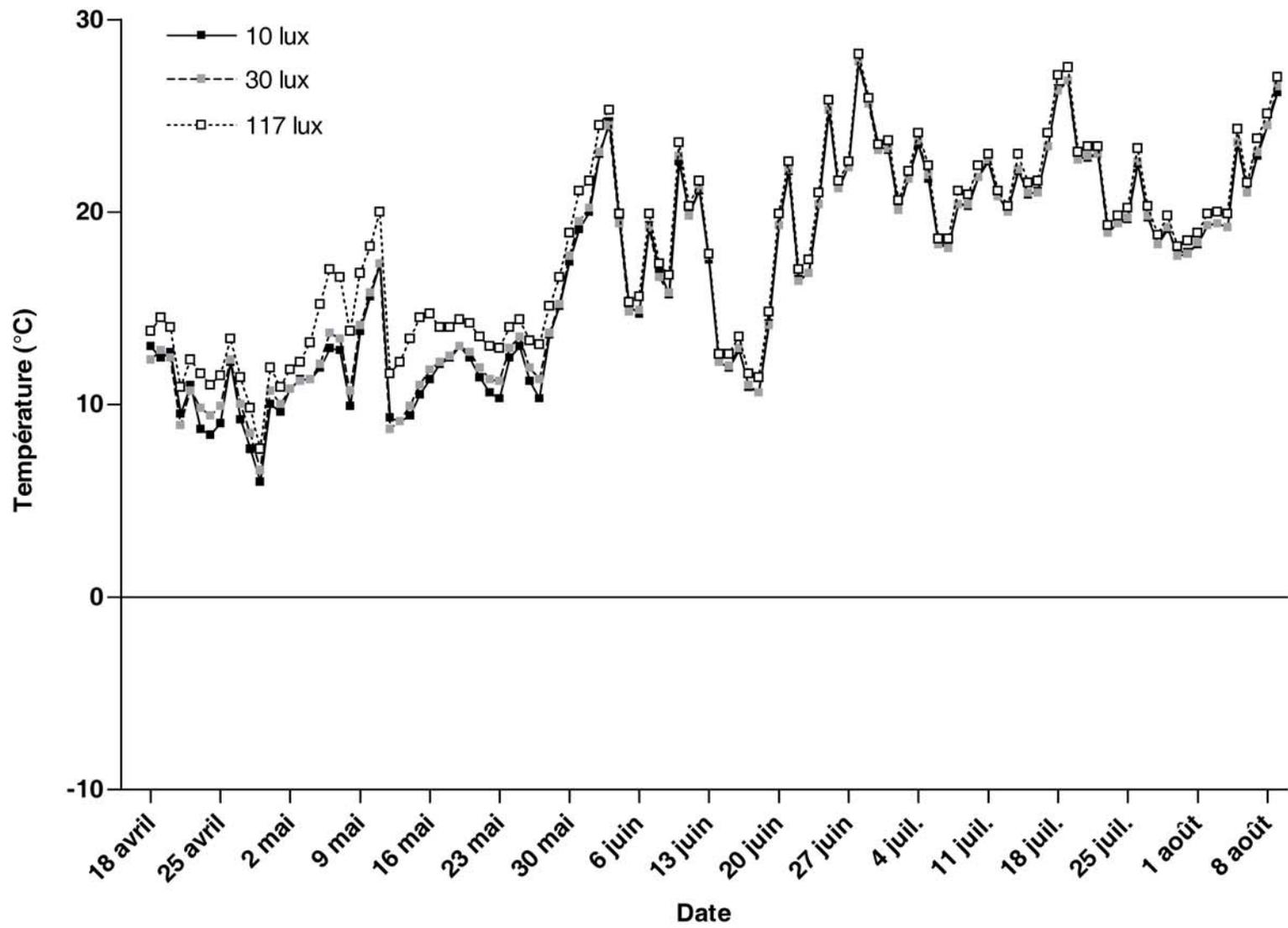


Figure B.2. Températures dans les trois chambres d'intensités entre les mois d'avril et août 2005

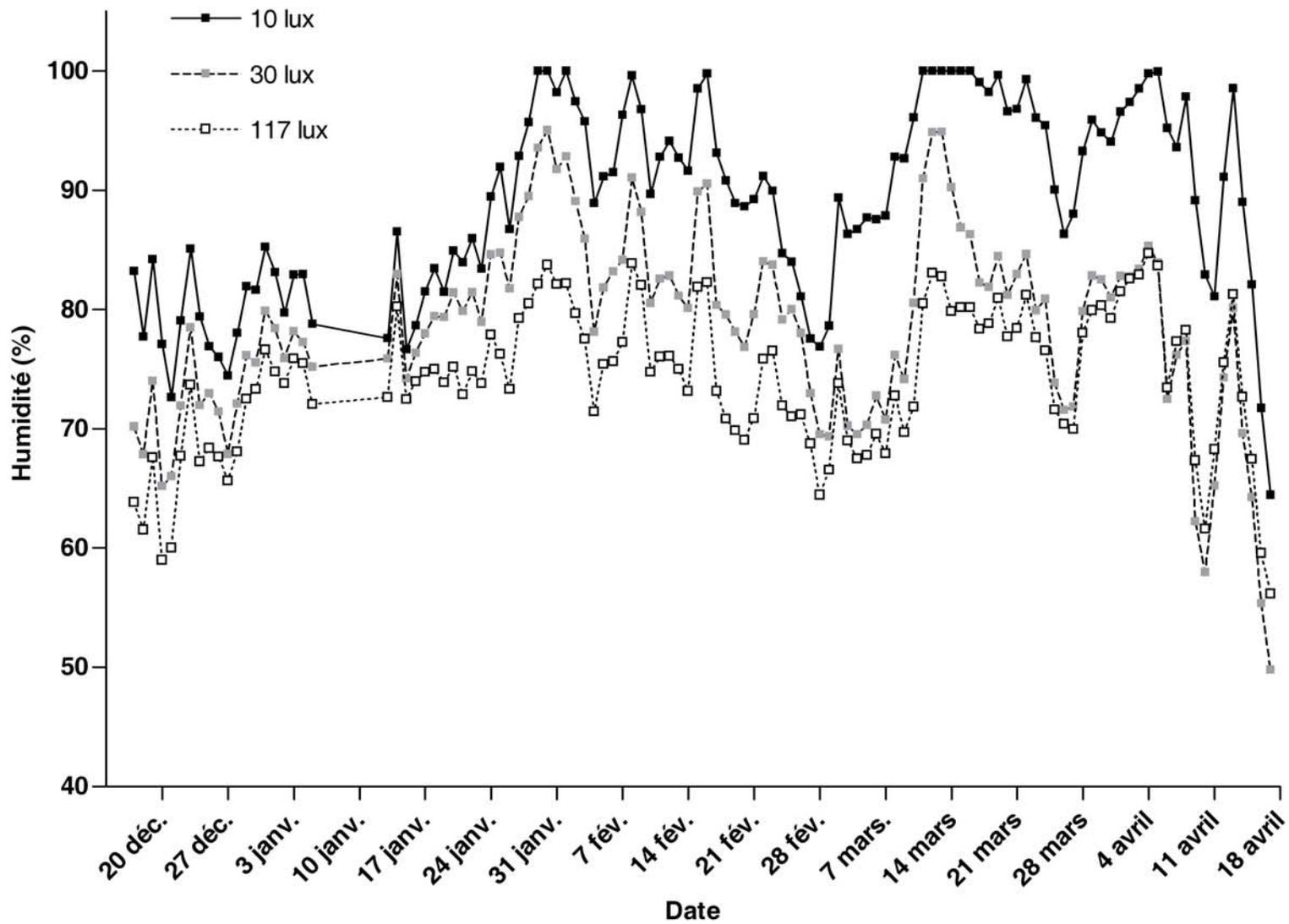


Figure B.3. Humidités dans les trois chambres d'intensités lumineuses entre les mois de décembre 2004 et avril 2005

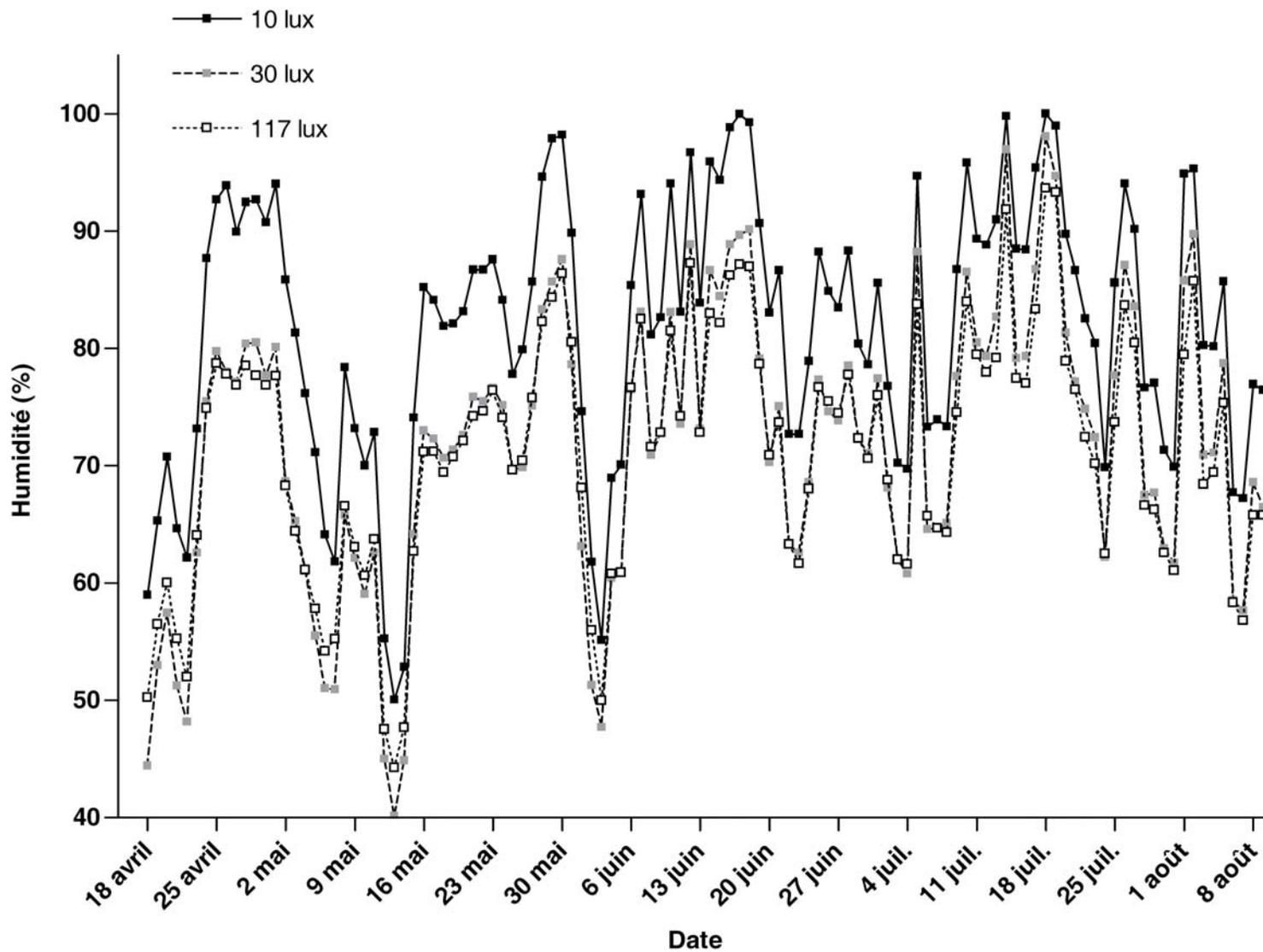


Figure B.4. Humidités dans les trois chambres d'intensités entre les mois d'avril et août 2005

Annexe C.

TEMPÉRATURES ET HUMIDITÉS PENDANT LE PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE

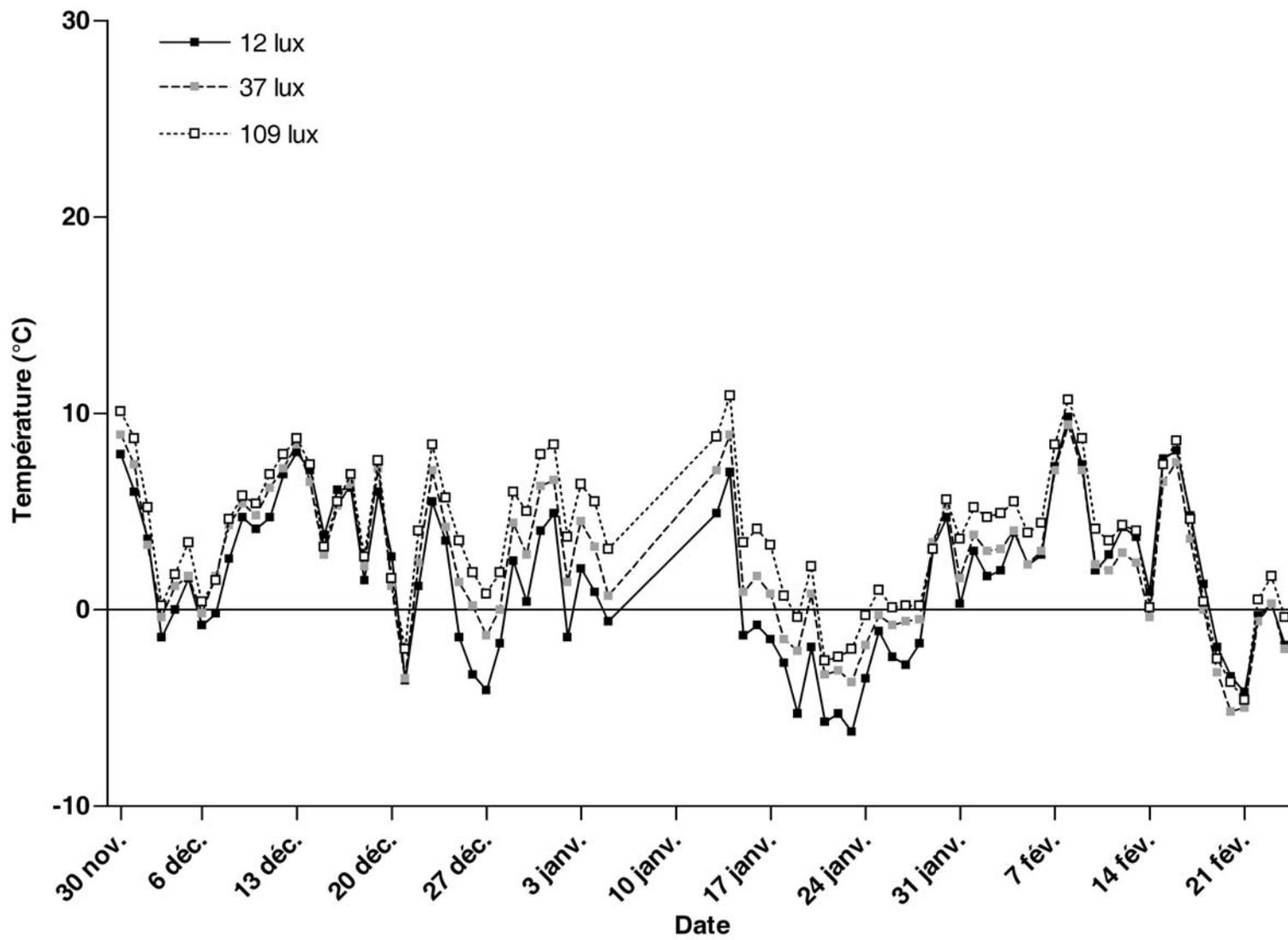


Figure C.1. Températures dans les trois chambres d'intensités lumineuses entre les mois de novembre 2004 et février 2005

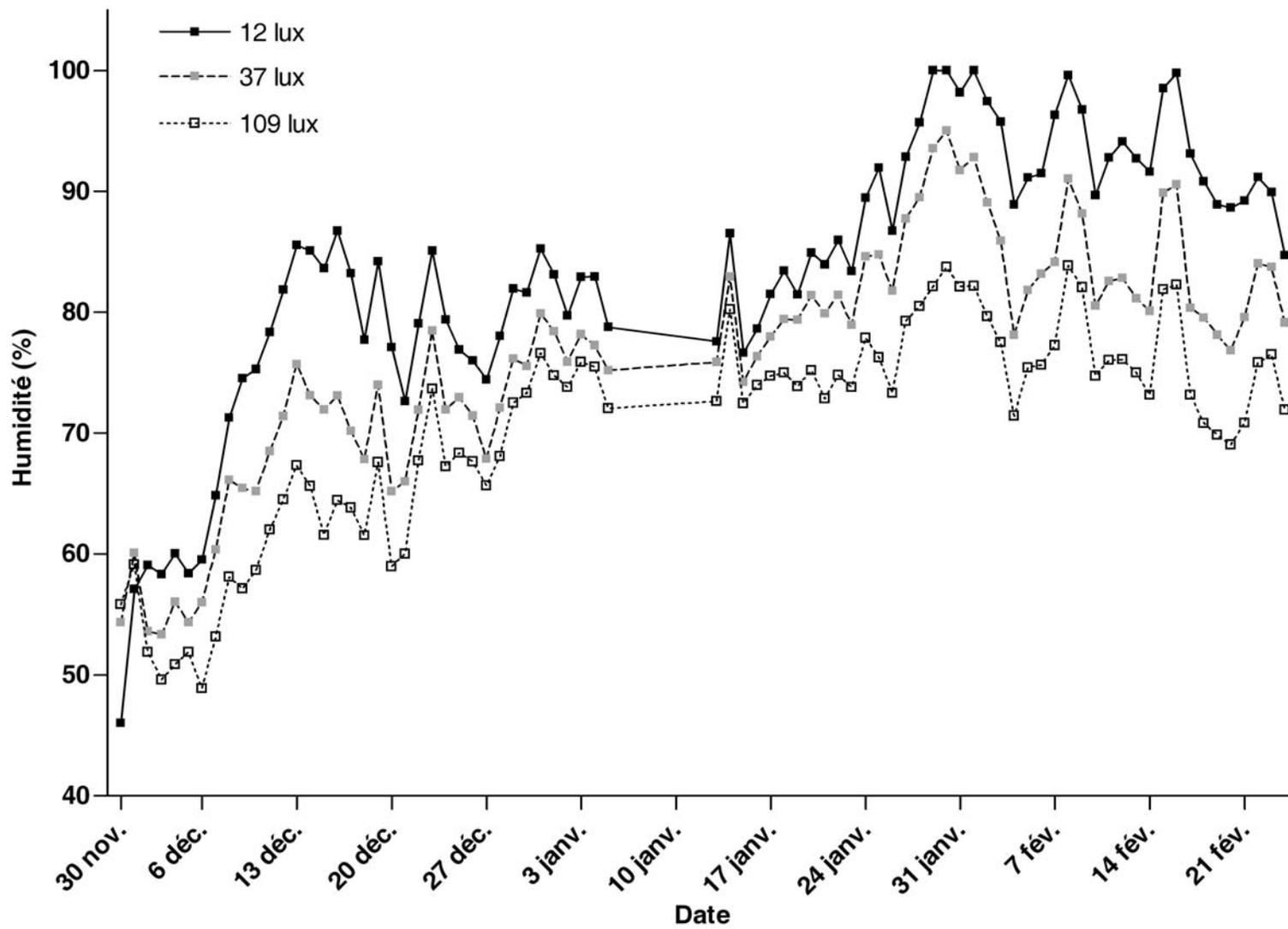


Figure C.2. Humidités dans les trois chambres d'intensités entre les mois de novembre 2004 et février 2005

Annexe D.

PROFILS MÉTABOLIQUES PENDANT LE PROJET SUR L'INTENSITÉ MINIMALE POUR LES AGNEAUX EN CROISSANCE

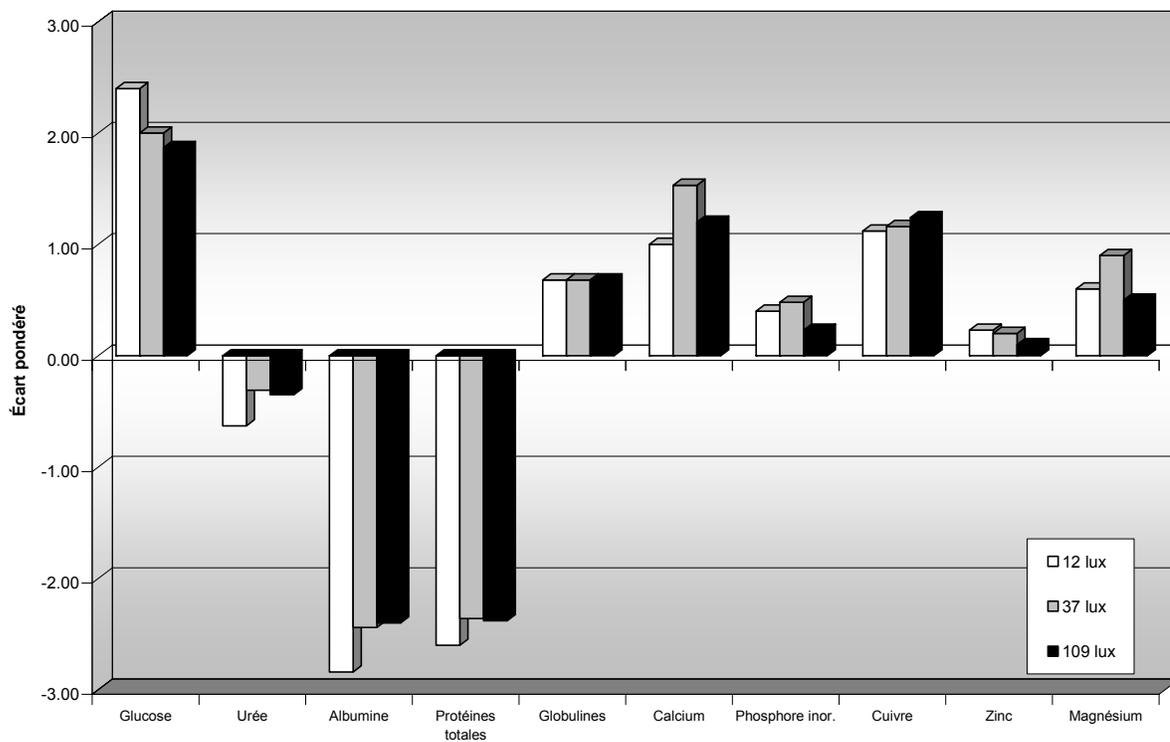


Figure D.1. Équilibre alimentaire des agneaux – Profil métabolique réalisé à 77 jours

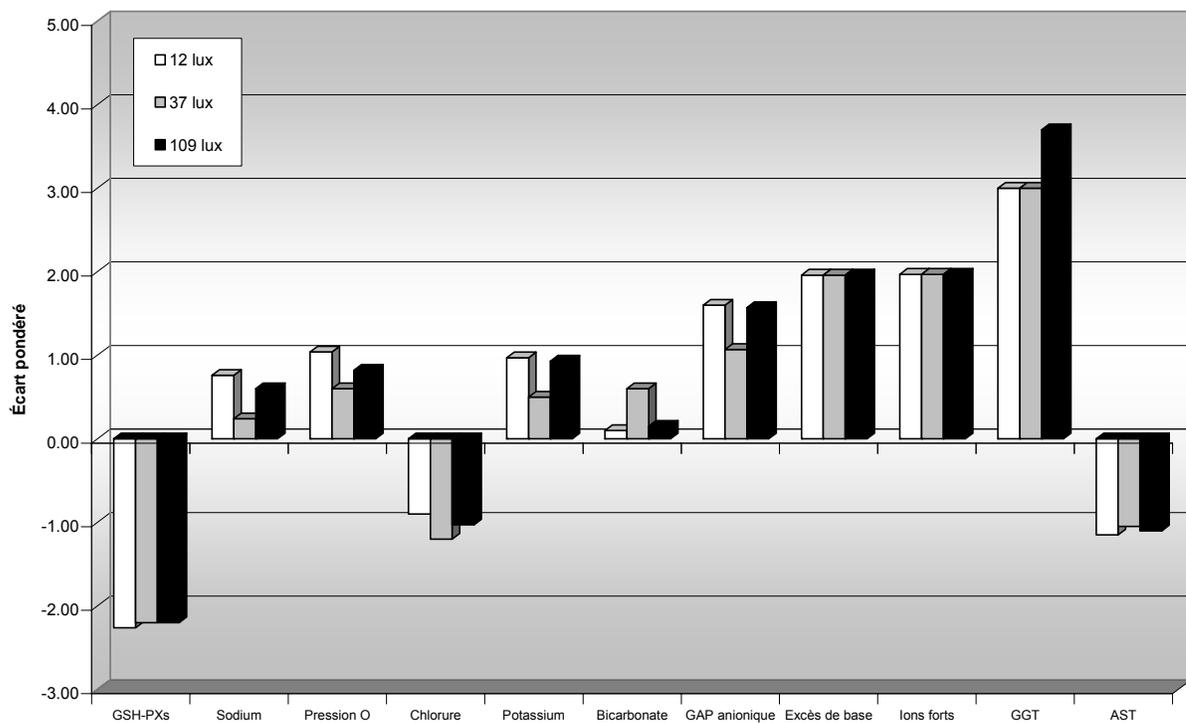


Figure D.2. État général des agneaux – Profil métabolique réalisé à 77 jours

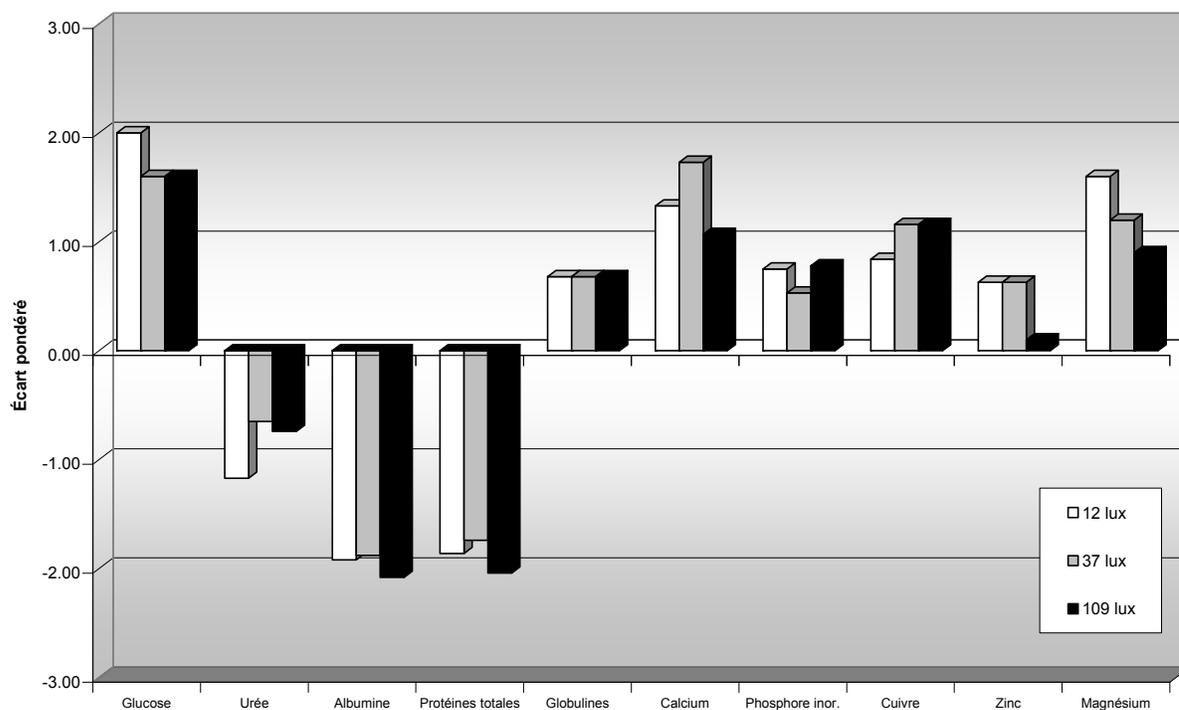


Figure D.3. Équilibre alimentaire des agneaux – Profil métabolique réalisé à 98 jours

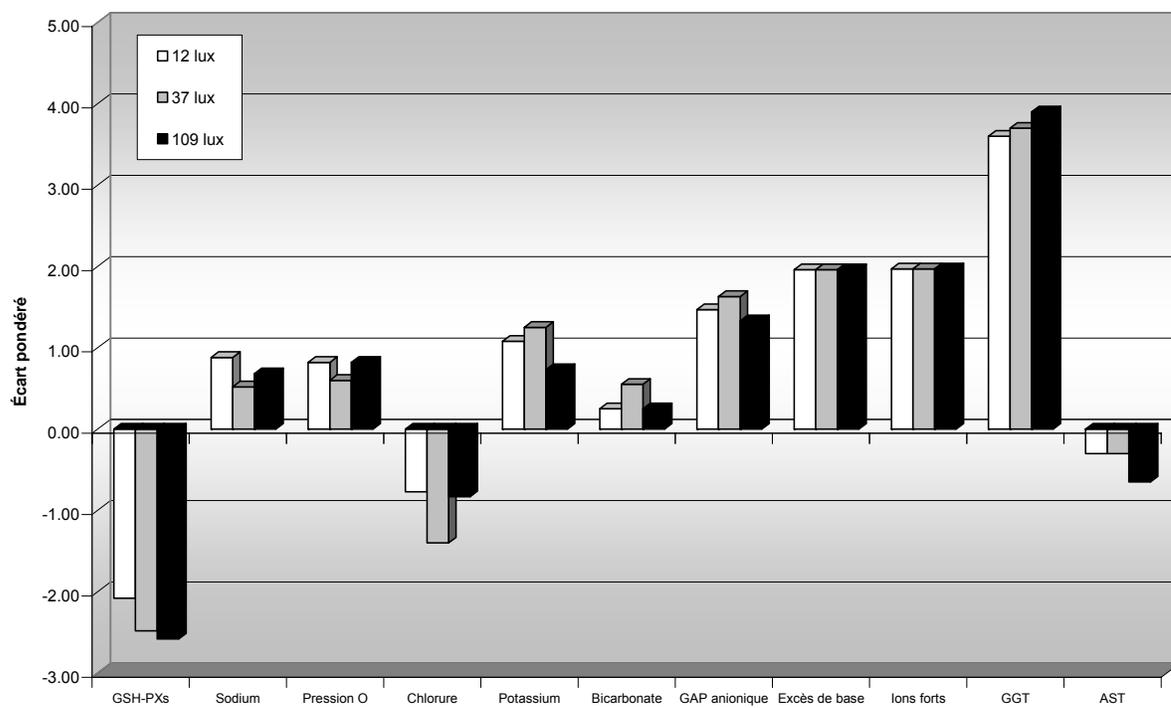


Figure D.4. État général des agneaux – Profil métabolique réalisé à 98 jours

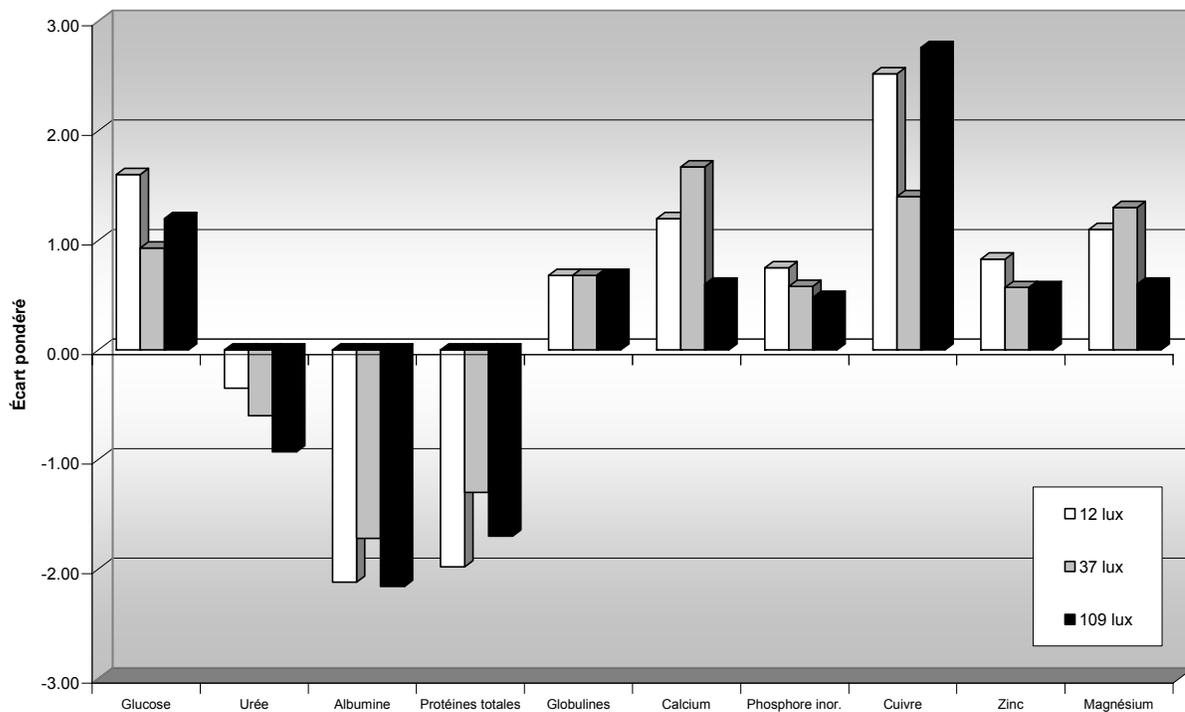


Figure D.5. Équilibre alimentaire des agneaux – Profil métabolique réalisé à 112 jours

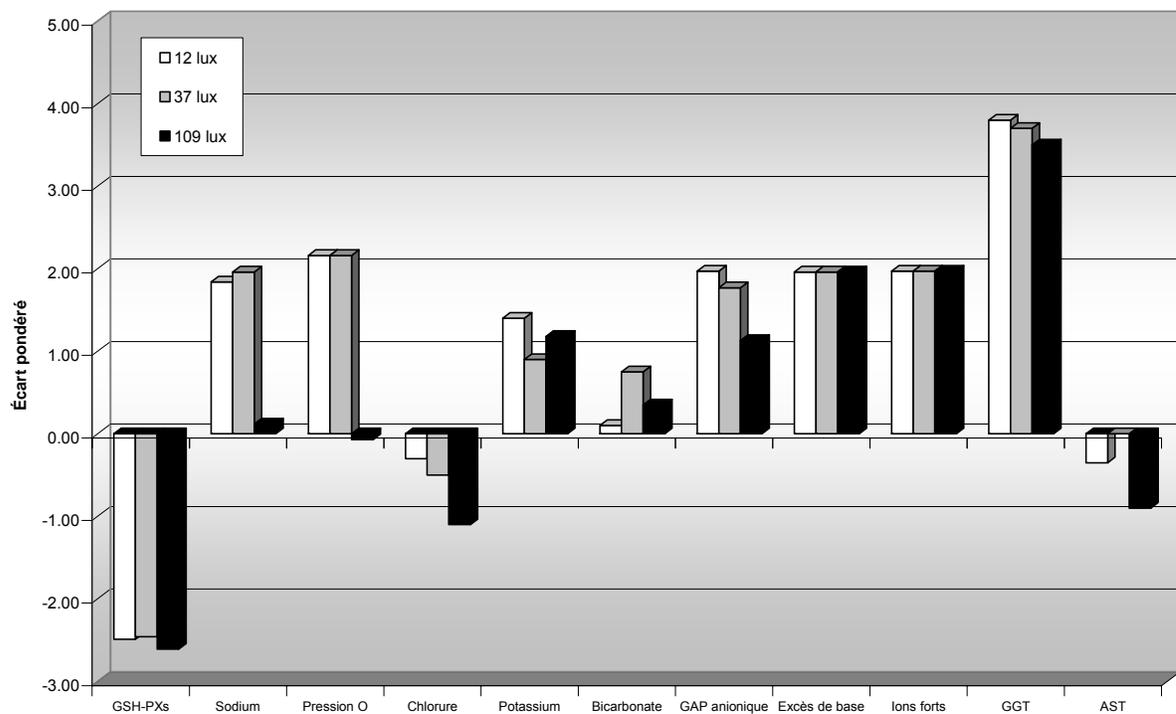


Figure D.6. État général des agneaux – Profil métabolique réalisé à 112 jours