

JOHANNE CAMERON

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

OCTOBRE 2006

© Johanne Cameron, 2006

RÉSUMÉ

Ce projet avait pour objectif d'étudier les effets de la photopériode sur la reproduction des ovins. Dans cette étude, 211 brebis ont été soumises à un traitement lumineux alternatif continu, de quatre mois de jours longs et de quatre mois de jours courts, visant une production accélérée de trois agnelages en deux ans. Les performances de ces brebis ont été comparées à un groupe témoin exposées à la lumière naturelle et synchronisées par un traitement de progestagène en contre-saison. Globalement, le traitement lumineux a permis de produire 0,5 agneaux de plus par brebis par année. Cette étude a également démontré que de faibles intensités lumineuses permettaient d'inhiber la sécrétion journalière de mélatonine et d'induire efficacement l'activité de reproduction. Les résultats démontrent que ce protocole lumineux permet d'améliorer la rentabilité des entreprises ovines.

AVANT-PROPOS

Ce travail ne pourrait passer sous silence la contribution de plusieurs personnes qui m'ont épaulée, soutenue, encouragée et surtout aidée dans ce long périple. Mes premiers remerciements s'adressent au Dr François Castonguay, chercheur à Agriculture et Agroalimentaire Canada. En effet, c'est grâce à cette personne que ce projet a pu voir le jour! Depuis le premier croquis rédigé au tout premier balbutiement de ce projet, il a toujours cru à la faisabilité de cette étude et m'a encouragée et soutenue depuis le premier jour d'expérimentation. Ses précieux conseils et ses recommandations m'ont permis de mener à terme ce long projet.

Merci à Joël Bernier et Nathalie Lacroix, les propriétaires de la Ferme La Bergerie des Amériques. Ces producteurs ont accepté de nous accueillir et de nous confier leur troupeau entier durant toute l'expérimentation. Je les remercie profondément de leur confiance envers l'équipe de recherche puisque ce projet aurait pu toucher directement leurs performances financières. Grâce à leur confiance, leur témérité et surtout leur intérêt pour la recherche, ils ont permis de tracer de nouveaux sentiers qui changeront à jamais la façon de produire en élevage ovin au Québec. Merci à monsieur Conrad Bernier, le père de Joël, qui nous a accompagné dans les tâches à effectuer en bergerie pour bien respecter le protocole expérimental ! Merci au Dr Benoît Malpaux, chercheur à l'Institut National de la Recherche Agronomique à Tours, en France. Son expertise de pointe dans le domaine de la photopériode et plus particulièrement sur l'hormone mélatonine, nous a permis de faire de nouvelles avancées concernant l'intensité lumineuse à utiliser en protocole expérimental chez les ovins. Merci également à l'équipe du Dr Malpaux pour la réalisation des dosages de mélatonine. Un remerciement tout particulier s'adresse à madame Manon Lepage, agronome et conseillère au Club d'encadrement technique de Québec. Ses précieux conseils ont permis d'enrichir fortement cette étude et d'explorer de nouvelles avenues dans la production ovine.

Je tiens également à remercier personnellement toutes les personnes qui m'ont épaulée et assistée dans les tâches du protocole expérimental. Merci à Audrey Cameron et à Gisèle McCarthy, ma sœur et ma mère. Lors des pesées et des prélèvements sanguins, elles apportaient toujours avec elles la passion du mouton ! Plus d'une fois ces deux personnes sont venues m'aider lorsque j'en avais besoin. Merci à ma grande amie Hélène Méthot et à mon ami Paul Demers pour m'avoir accompagnée dans ces nuits blanches de prélèvements de mélatonine et pour toutes les autres fois où ils sont venus m'aider, sans hésitation, à accomplir certaines tâches un peu moins intéressantes! Merci à Marie-Josée Beaudoin pour sa disponibilité et sa bonne humeur lors des échographies. Merci à Mireille Thériault pour son aide lors des prélèvements de mélatonine, pour ses encouragements et pour sa patience lors des dosages en laboratoire ! Merci à Francis Goulet, en poste à l'Université Laval lors de la réalisation de ce projet, pour sa serviabilité légendaire et pour son implication. Je tiens également à remercier tout particulièrement Steve Méthot, statisticien à Agriculture et Agroalimentaire Canada, pour sa patience et pour tout le temps qu'il a accordé pour répondre à mes innombrables questions. Je remercie également mes collègues de travail et amis du Centre d'expertise en production ovine du Québec pour leur soutien et pour m'avoir donné du temps pour achever mon mémoire dans les derniers mois.

Il ne faut pas oublier les précieux partenaires financiers qui ont permis de réaliser cette étude. Merci aux Fonds pour la formation des chercheurs et l'aide à la recherche du Québec (FCAR) pour la bourse d'excellence qui m'a permis de réaliser une maîtrise sur le sujet de mon choix. Merci à Agriculture et Agroalimentaire Canada, sans leur soutien financier, ce projet n'aurait pu être réalisé.

Finalement, je remercie Martin Brodeur-Choquette, mon amour. Il m'a épaulée et m'a encouragée dans les moments les plus difficiles. Malgré tout le travail et toutes les responsabilités qu'il a à sa charge avec son entreprise, il m'a accordé son soutien et son temps. Depuis des mois, pas un jour ne s'est écoulé sans qu'il ne m'encourage à terminer cet ouvrage, je sais qu'il sera fier ! Pour terminer, je tiens à remercier du fond du cœur toutes les personnes qui m'ont encouragée à terminer ce mémoire. Encore merci François, merci à ma famille, à

Hélène, à mes proches amis ainsi qu'à mon amour ... sans votre précieux soutien, j'aurais abandonné depuis belle lurette ! Aujourd'hui, grâce à vous, c'est avec beaucoup de fierté et de bonheur que je tourne cette page de mon histoire qui a, sans aucun doute, marqué ma vie ... et celle de mes proches !

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	II
AVANT-PROPOS	III
TABLE DES MATIÈRES	VI
Liste des Tableaux	IX
Liste des Figures	X
CHAPITRE 1 INTRODUCTION	1
CHAPITRE 2 REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS	5
2.1. REPRODUCTION SAISONNIÈRE CHEZ LES OVINS	5
2.1.1. Les variations annuelles de la reproduction des animaux saisonniers	5
2.1.2. Les variations annuelles de la reproduction chez la brebis	6
2.1.3. Les variations annuelles de la reproduction chez le bélier	9
2.2. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX ET ENDOGÈNES CONTRÔLANT LA REPRODUCTION SAISONNIÈRE	11
2.2.1. Action de la lumière sur la saisonnalité	11
2.2.2. Hypothèse d'un effet indirect de la lumière sur la saisonnalité	14
2.2.3. Hypothèse d'un effet direct de la lumière sur la saisonnalité	17
2.3. EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LA REPRODUCTION DE LA BREBIS	18
2.3.1. Le rythme de reproduction endogène chez la brebis	18
2.3.2. L'état photoréfractaire chez la brebis	19
2.3.3. Historique photopériodique et variations saisonnières chez la brebis	22
2.3.4. Induction artificielle de l'activité ovulatoire par la photopériode	25
2.3.5. Induction artificielle de l'activité ovulatoire par des traitements de mélatonine	29
2.4. PROGRAMMES PHOTOPÉRIODIQUES RÉALISÉS CHEZ LES BREBIS	29
2.4.1. Programmes photopériodiques réalisés en contre-saison	29
2.4.2. Programmes photopériodiques réalisés sur une base annuelle	35
2.5. PROGRAMMES PHOTOPÉRIODIQUES RÉALISÉS CHEZ LES BÉLIERS	45
2.5.1. Objectifs des traitements lumineux chez le bélier	45
2.5.2. Contrôle de l'activité sexuelle des béliers par la photopériode	46
2.5.3. Programmes photopériodiques de séquences courtes	51

2.6.	AUTRES FACTEURS AFFECTANT LES PERFORMANCES REPRODUCTRICES CHEZ LES OVINS	52
2.6.1.	La température	53
2.6.2.	L'effet bélier.....	55
2.6.3.	La race.....	57
2.6.4.	L'état de chair, l'âge et le stade physiologique des femelles	58
2.7.	CONCLUSIONS GÉNÉRALES.....	59
2.8.	HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE TRAVAIL.....	60
2.9.	LISTE DES OUVRAGES CITÉS	62
CHAPITRE 3	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.....	76
3.1.	RÉSUMÉ.....	76
3.2.	INTRODUCTION.....	77
3.3.	MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	79
3.3.1.	Animaux.....	79
3.3.2.	Traitements expérimentaux	80
3.3.3.	Conduite d'élevage des animaux sous expérimentation.....	88
3.3.4.	Alimentation.....	90
3.3.5.	Bâtiments et environnement.....	92
3.3.6.	Paramètres mesurés.....	93
3.3.7.	Prélèvements sanguins	94
3.3.8.	Analyses statistiques	96
3.4.	RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	98
3.4.1.	Performances zootechniques des brebis exposées au traitement lumineux.....	98
3.4.2.	Influence de la saison d'accouplement sur les performances des brebis exposées au traitement lumineux.....	112
3.4.3.	Comparaison des performances zootechniques du groupe témoin et du groupe D.....	119
3.4.4.	Analyses de la perception lumineuse	124
3.4.5.	Performances reproductives des agnelles saillies sous contrôle photopériodique.....	126
3.4.6.	Productivité globale des femelles exposées à la photopériode ou à la lumière naturelle.....	126
3.5.	CONCLUSIONS ET IMPLICATIONS.....	131
3.6.	OUVRAGES CITÉS.....	132

CHAPITRE 4	CONCLUSIONS GÉNÉRALES	138
ANNEXE I	TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES MOYENNES	142
ANNEXE II	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LES GROUPES EXPOSÉS À LA PHOTOPÉRIODE.....	143

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 2.1.	TAUX DE FERTILITÉ À L'AGNELAGE ET NOMBRE D'AGNEAUX NÉS/BREBIS AGNELÉE POUR DES FEMELLES DE RACE CLUN FOREST ET DORSET EXPOSÉES AU PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL DE PHOTOPÉRIODE DE DUCKER ET BOWMAN (1972).....	38
TABLEAU 3.1.	PÉRIODES DE SAILLIE POUR LES GROUPES SOUS CONTRÔLE PHOTOPÉRIODIQUE.....	84
TABLEAU 3.2.	PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES OBTENUES DANS LES GROUPES SOUMIS AU TRAITEMENT LUMINEUX EXPÉRIMENTAL DE SEPTEMBRE 2001 À OCTOBRE 2003.	99
TABLEAU 3.3.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS DU GROUPE A SOUS CONTRÔLE LUMINEUX.....	101
TABLEAU 3.4.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS DU GROUPE B SOUS CONTRÔLE LUMINEUX.....	102
TABLEAU 3.5.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS DU GROUPE C SOUS CONTRÔLE LUMINEUX.....	103
TABLEAU 3.6.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS DU GROUPE D SOUS CONTRÔLE LUMINEUX.....	104
TABLEAU 3.7.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS EXPOSÉES AU TRAITEMENT LUMINEUX ET ACCOUPLÉES EN SAISON OU EN CONTRE-SAISON SEXUELLE.....	116
TABLEAU 3.8.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS DU GROUPE TÉMOIN SOUS LUMIÈRE NATURELLE.....	121
TABLEAU 3.9.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES BREBIS DU GROUPE TÉMOIN ET DU GROUPE D SELON LA PÉRIODE DE SAILLIE.....	122
TABLEAU 3.10.	PERFORMANCES REPRODUCTIVES DES AGNELLES SAILLIÉES EN CONTRE-SAISON.....	129
TABLEAU 3.11.	TEMPÉRATURES MOYENNES, MINIMALES, ET MAXIMALES ENREGISTRÉES MENSUELLEMENT DE SEPTEMBRE 2001 À OCTOBRE 2003.	142

LISTE DES FIGURES

FIGURE 2.1.	VARIATION SAISONNIÈRE DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE CHEZ LES BREBIS ÎLE-DE-FRANCE.....	6
FIGURE 2.2.	SCHÉMA REPRÉSENTATIF DU CYCLE OESTRAL CHEZ LES BREBIS.	7
FIGURE 2.3.	VARIATION SAISONNIÈRE DU POIDS TESTICULAIRE ET DE LA PRODUCTION SPERMATIQUE CHEZ LES BÉLIERS DE RACE ÎLE-DE-FRANCE.....	11
FIGURE 2.4.	PATRON DE SÉCRÉTION DE LA MÉLATONINE EN FONCTION DE LA DURÉE NOCTURNE.....	13
FIGURE 2.5.	VARIATIONS SAISONNIÈRES DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE DES BREBIS EN RÉPONSE À LA VARIATION DE LA RÉTROACTION NÉGATIVE DE L'ŒSTRADIOL SUR LA SÉCRÉTION DE LH.....	15
FIGURE 2.6.	HYPOTHÈSE DE L'ACTION DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LA RÉTROACTION NÉGATIVE DE L'ŒSTRADIOL SUR LA SÉCRÉTION DE LH.	16
FIGURE 2.7.	ÉTAT RÉFRACTAIRE AUX JL ET INITIATION DE L'ACTIVITÉ DE REPRODUCTION CHEZ LES BREBIS.	20
FIGURE 2.8.	ÉTAT RÉFRACTAIRE AUX JC ET ARRÊT DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE CHEZ LES BREBIS.	21
FIGURE 2.9.	PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE MESURANT L'EFFET D'UN TRAITEMENT DE 44 JRS DE JL EN HIVER, SUIVI D'UN TRAITEMENT DE MÉLATONINE AU PRINTEMPS (AVEC OU SANS EFFET BÉLIER), SUR LA CYCLICITÉ DES BREBIS EN CONTRE-SAISON	33
FIGURE 2.10.	PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE MESURANT L'EFFET D'UN TRAITEMENT DE 44 OU 90 JOURS DE JL (DONNÉ APRÈS LE SOLSTICE D'HIVER), SUIVI D'UN IMPLANT DE MÉLATONINE AU PRINTEMPS, SUR LA CYCLICITÉ DES FEMELLES EN CONTRE-SAISON.....	34
FIGURE 2.11.	INITIATION DE L'ACTIVITÉ OVULATOIRE CHEZ DES BREBIS EXPOSÉES À LA LUMIÈRE NATURELLE OU À DES TRAITEMENTS DE 44JL+MEL, DE 90JL+MEL OU DE 90JL+MEL+EFFET BÉLIER.	35
FIGURE 2.12.	PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE CONTINU ALTERNANT DES PÉRIODES DE JL (22 H DE LUMIÈRE PAR JOUR) À DES PÉRIODES DE JC DE LONGUEUR ÉGALES À LA LUMIÈRE NATURELLE.	37

FIGURE 2.13.	PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE CONTINU ALTERNANT DES SÉQUENCES DE 106 JOURS DE JL (16L :8N) ET DE 106 JOURS DE JC (8L :16N).	39
FIGURE 2.14.	PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE CONTINU ALTERNANT DES PÉRIODES DE 4MOIS DE JL (18L :6N) ET DE 4 MOIS DE JC (10L :14N).	41
FIGURE 2.15.	PROTOCOLE PHOTOPÉRIODIQUE CONTINU ALTERNANT DES PÉRIODES DE 4 MOIS DE JL (16L :8N) ET DE 4 MOIS DE JC (8L :16N).	44
FIGURE 2.16	ÉVOLUTION DE LA CIRCONFÉRENCE TESTICULAIRE CHEZ DES BÉLIERS SOUMIS À DIFFÉRENTS TRAITEMENTS LUMINEUX OU EXPOSÉS À LA LUMIÈRE NATURELLE.....	47
FIGURE 2.17.	ÉVOLUTION DU VOLUME TESTICULAIRE ET DU DIAMÈTRE SCROTAL CHEZ DES BÉLIERS EXPOSÉS À LA LUMIÈRE NATURELLE OU À UN TRAITEMENT LUMINEUX ALTERNANT LES JL ET LES JC EN CONTRE-SAISON.	48
FIGURE 2.18.	EFFET DE LA DURÉE D'ÉCLAIREMENT SUR LA PRODUCTION SPERMATIQUE HEBDOMADAIRE CHEZ LES BÉLIERS ADULTES DE RACE ÎLE DE FRANCE.	49
FIGURE 3.1.	PROTOCOLE DE RÉGIE D'ÉLEVAGE POUR LES BREBIS EXPOSÉES À LA LUMIÈRE NATURELLE (GROUPE TÉMOIN).....	82
FIGURE 3.2.	PROTOCOLE DE RÉGIE D'ÉLEVAGE POUR LES BREBIS EXPOSÉES AU TRAITEMENT LUMINEUX.	83
FIGURE 3.3.	PROTOCOLE DE RÉGIE D'ÉLEVAGE POUR LES BÉLIERS EXPOSÉS AU TRAITEMENT LUMINEUX.	87
FIGURE 3.4.	POURCENTAGE DE BREBIS DÉMONTRANT UNE ACTIVITÉ OVULATOIRE APRÈS LE DÉBUT DES JC.....	113
FIGURE 3.5.	PATRON DE SÉCRÉTION DE LA MÉLATONINE DES BREBIS EXPOSÉES À UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 35 LUX EN PÉRIODE DE JL.....	127
FIGURE 3.6.	PATRON DE SÉCRÉTION DE MÉLATONINE DES BREBIS EXPOSÉES À UNE INTENSITÉ LUMINEUSE DE 15 LUX EN PÉRIODE DE JC.....	128
FIGURE 3.7.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE A1 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 23 NOVEMBRE 2001 AU 2 JANVIER 2002).	144
FIGURE 3.8.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE A2 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 1 AOÛT AU 5 SEPTEMBRE 2002).....	145
FIGURE 3.9.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE A3 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 7 AVRIL AU 5 MAI 2003).	146

FIGURE 3.10.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE B1 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 6 AOÛT AU 10 SEPTEMBRE 2001).....	147
FIGURE 3.11.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE B2 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 3 AVRIL AU 8 MAI 2002).	148
FIGURE 3.12.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE B3 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 29 NOVEMBRE 2002 AU 3 JANVIER 2003).	149
FIGURE 3.13.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE C1 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 6 FÉVRIER AU 13 MARS 2002).	150
FIGURE 3.14.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE C2 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 4 OCTOBRE AU 8 NOVEMBRE 2002).....	151
FIGURE 3.15.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE C3 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 6 JUIN AU 11 JUILLET 2003).....	152
FIGURE 3.16.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE D1 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 29 SEPTEMBRE AU 3 NOVEMBRE 2001).....	153
FIGURE 3.17.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE D2 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 6 JUIN AU 11 JUILLET 2002).....	154
FIGURE 3.18.	RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LE GROUPE D3 (ACCOUPEMENTS RÉALISÉS DU 5 FÉVRIER AU 12 MARS 2003).	155

Chapitre 1

INTRODUCTION

Au Québec, depuis quelques années, la production ovine est en plein essor. Une étude présentée par le Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation (MAPAQ, 2003¹) démontre que la production a connu une croissance phénoménale entre 1996 et 2001. En effet, durant cette période, le nombre de brebis est passé de 82 661 à 173 701, ce qui représente une augmentation de plus de 210 %.² Ainsi durant cette période, la quantité de viande produite, mesurée en poids de carcasse, est passée de 1500 à 3600 tonnes, soit une augmentation de 140%. La demande est soutenue et bien que la production soit en expansion, l'industrie ne suffit pas à y répondre. En effet, 58 % des besoins sont comblés par les importations étrangères et inter provinciales. Le Québec est donc un importateur net dans ce secteur et il y a de la place pour le développement (MAPAQ, 2003). Comme toute production animale, le défi de l'industrie ovine est de fournir aux consommateurs un produit de qualité, en quantité suffisante et de façon régulière. Cependant, assurer une disponibilité constante du produit peut s'avérer difficile pour les producteurs d'agneaux. En effet, les ovins sont des animaux à reproduction saisonnière, c'est-à-dire que ces animaux se reproduisent naturellement durant une période spécifique de l'année qui s'étend généralement d'août à mars, c'est la saison sexuelle. Pendant le reste de l'année, soit d'avril à juillet, la plupart des brebis ne démontrent pas d'œstrus et se retrouvent dans une période de repos sexuel, c'est la contre-saison. Cette caractéristique de saisonnalité de la reproduction est en grande partie responsable du manque d'efficacité technique de la production ovine.

¹ MAPAQ 2003. Esquisse de l'analyse de l'industrie ovine au Québec, 33 pages.

² Statistiques du Programme d'assurance stabilisation des revenus agricoles. La Financière agricole du Québec.

Le rapport présenté par le MAPAQ en 2003 souligne que la productivité des élevages ovins québécois est faible (1.47 agneaux réchappés/brebis/année) en comparaison du potentiel que l'espèce est en mesure d'atteindre dans nos conditions d'élevage (2.5 agneaux réchappés/brebis/année). Cette situation compromet la rentabilité, la survie et l'expansion des entreprises ovines du Québec. Ce manque d'efficacité pourrait être corrigé, d'une part, par une amélioration du nombre d'agneaux nés et sevrés par brebis et d'autre part, par un accroissement du nombre d'agnelages par brebis par année. Le premier point d'amélioration implique une meilleure régie d'élevage et l'utilisation de bonnes races ou croisements, tandis que le second point a trait à l'utilisation de techniques de « désaisonnement »³. L'utilisation des méthodes de « désaisonnement », soit l'accouplement des animaux durant la contre-saison, permet d'augmenter le nombre d'agnelages par brebis par année et de rencontrer les exigences des consommateurs et des distributeurs qui souhaitent avoir accès à de la viande d'agneau en tout temps de l'année. Le choix d'une technique de désaisonnement efficace et surtout économique est un point essentiel afin d'accroître la rentabilité des entreprises ovines.

Parmi les techniques de désaisonnement disponibles au Québec, on retrouve les traitements hormonaux faisant intervenir l'utilisation de progestagènes⁴, tels les éponges vaginales⁵ et le MGA⁶. Cependant, les dépenses associées à l'utilisation de ces techniques (environ 10 \$/brebis pour le traitement aux éponges et 6 \$/brebis pour le traitement de MGA) ne sont souvent pas rentabilisées complètement car les résultats de fertilité sont parfois décevants. En effet, les résultats obtenus avec l'utilisation du MGA sont très variables et l'utilisation de la technique des éponges vaginales permet rarement d'atteindre des taux de fertilité supérieurs à 70 % en contre-saison (Lepage et Castonguay, 1999)⁷. De plus, les investissements reliés à l'utilisation de ces techniques ne demeurent pas dans les actifs de l'entreprise. Ces techniques hormonales présentent également les désavantages de ne pas induire la cyclicité des femelles suite au traitement et d'augmenter le temps alloué à la manipulation des animaux, surtout dans le cas des éponges vaginales. Bien que les hormones utilisées dans les techniques de désaisonnement

³ Accouplements réalisés en dehors de la saison naturelle de reproduction, soit durant le printemps et l'été.

⁴ Un analogue synthétique de la progestérone endogène naturelle

⁵ Éponge de polyuréthane imprégnée d'acétate de médroxyprogestérone, insérée dans le vagin pendant une période de 14 j

⁶ Acétate de mélangestrol incorporé à la moulée pendant 12 jours

⁷ Rapport de recherche du projet no 020071. Programme de réseaux en agroalimentaire de l'Entente Canada-Québec. 1999.

ne se retrouvent pas dans la viande des agneaux commercialisés, les consommateurs sont frileux et surtout craintifs vis à vis l'utilisation d'hormones en production animale. Ainsi, dans le contexte actuel, la production ovine aurait tout avantage à se développer par l'utilisation de techniques de désaisonnement plus «naturelle» et permettant de soutenir la production à long terme.

L'utilisation de la photopériode est une alternative intéressante afin d'induire l'activité sexuelle des ovins en contre-saison. Une bonne pratique de cette technique, en hiver et au printemps, permet de synchroniser les chaleurs des femelles en contre-saison et d'obtenir des taux de fertilité similaires à ceux obtenus en saison sexuelle (Lepage et Castonguay, 1999). Elle présente l'avantage d'induire la cyclicité des femelles en contre-saison et de réduire les variations saisonnières observées chez les béliers. Cette méthode est simple d'utilisation, peu exigeante en temps et permet de réduire les manipulations animales. De plus, l'utilisation de la photopériode est économique (1.00\$/brebis; Castonguay et Lepage, 1998) et nécessite peu d'investissements. En effet, sous nos latitudes, les bâtiments sont souvent isolés afin de protéger les animaux des intempéries et des rigueurs de l'hiver. Les modifications nécessaires afin de rendre conforme les bâtiments à l'utilisation de la photopériode sont souvent minimes et les investissements liés à ces rénovations demeurent dans les actifs de l'entreprise, ce qui est un avantage important par rapport aux autres techniques de désaisonnement.

Depuis les années 1980, plusieurs producteurs ovins québécois ont adopté le « programme photopériodique classique » de 3 mois de jours longs (JL; novembre à février) suivi de 3 mois de jours courts (JC; mars à mai) afin d'effectuer des saillies au printemps. Ce programme a déjà démontré son efficacité pour l'induction de l'activité sexuelle des femelles en contre-saison. Cependant, bien que ce programme soit efficace, il présente plusieurs désavantages. Le programme classique permet de synchroniser un nombre restreint de femelles (un groupe à la fois) à un moment bien précis au printemps. Ainsi, pour les autres périodes de saillies en contre-saison, les brebis doivent être synchronisées avec des méthodes alternatives telles que le MGA ou les éponges vaginales. Le nouveau défi de cette technique repose donc sur le développement d'un programme lumineux limitant le recours aux traitements hormonaux et

pouvant être utilisé à longueur d'année sur tout le troupeau afin d'échelonner la production d'agneaux sur une base annuelle.

Le projet de recherche, dont les résultats sont présentés dans ce mémoire, avait pour objectif de développer un programme photopériodique flexible et applicable à un troupeau complet, permettant d'augmenter la productivité globale des brebis et d'étaler la production d'agneaux sur une base annuelle et ce, sans l'utilisation d'hormones. Cette étude a évalué l'effet d'un protocole lumineux de 4 mois de jours longs et de quatre mois de jours courts, qui alternaient en continu, sur la productivité de femelles soumises à un régime de trois agnelages en deux ans. Les effets à court et moyen termes de l'utilisation de ce programme photopériodique sur les femelles ont également été évalués.

Chapitre 2

REVUE DES TRAVAUX ANTÉRIEURS

2.1. Reproduction saisonnière chez les ovins

2.1.1. Les variations annuelles de la reproduction des animaux saisonniers

L'activité reproductrice de la plupart des animaux domestiques originaires des zones tempérées présente des variations saisonnières. Ces variations sont plus ou moins marquées selon les espèces. Les chevaux et les petits ruminants présentent des périodes d'arrêt complet de leur reproduction, tandis que les bovins et les porcins sont peu saisonnés (Ortavant *et al.*, 1985). Le climat parfois rigoureux et les variations annuelles de la disponibilité de nourriture observées en latitude tempérée ont amené plusieurs espèces animales à s'adapter à l'environnement dans lequel elles évoluaient. Ainsi, l'hibernation, la déposition de tissu adipeux lors des saisons froides, les changements du pelage et la modification du métabolisme basal sont quelques-unes des réponses physiologiques exprimées par certaines espèces afin de survivre aux aléas de leur environnement (Lincoln, 1998; Argo *et al.*, 1999; Thiéry *et al.*, 2002).

Chez les animaux saisonniers, le moment de la reproduction s'intègre également dans ce processus de survie et d'adaptation à l'environnement. En effet, la reproduction saisonnière favorise la parturition à un moment idéal, habituellement au printemps, moment où le climat est plus propice et la nourriture abondante afin d'assurer la survie de la progéniture et de la mère (Lincoln et Short, 1980; Sweeney et O'Callaghan, 1995). Dans les espèces couramment utilisées en agriculture, la domestication a atténué plusieurs de ces comportements saisonniers (Thiéry *et al.*, 2002). Cependant, bien que la domestication des ovins remonte à plusieurs

siècles, cette espèce exprime toujours des variations saisonnières importantes de la reproduction. Au cours de l'évolution, la sélection des ovins dans de larges troupeaux aurait rendu le processus de domestication moins efficace que chez les bovins par exemple, où la sélection était ciblée à l'individu (Thiéry *et al.*, 2002). De nos jours, l'espèce ovine est toujours considérée comme une espèce saisonnière, ses mécanismes reproductifs endogènes étant très sensibles à l'environnement immédiat. Chez les ovins, ce phénomène de sensibilité à l'environnement cause des variations saisonnières importantes de l'activité sexuelle et ce, tant chez les mâles que chez les femelles.

2.1.2. Les variations annuelles de la reproduction chez la brebis

Chez la plupart des races ovines, l'activité ovarienne et oestrale des brebis débute à la fin de l'été et durant l'automne, pour se terminer à la fin de l'hiver et au printemps (Hafez, 1952; Thimonier et Mauléon, 1969; Dyrmondsson, 1978; Robinson et Karsch, 1984; Ortavant *et al.*, 1985). Cette période de reproduction est la période d'œstrus, caractérisée par la cyclicité et la réceptivité sexuelle des femelles. Durant le printemps et l'été, la saison d'anœstrus s'installe (Figure 2.1).

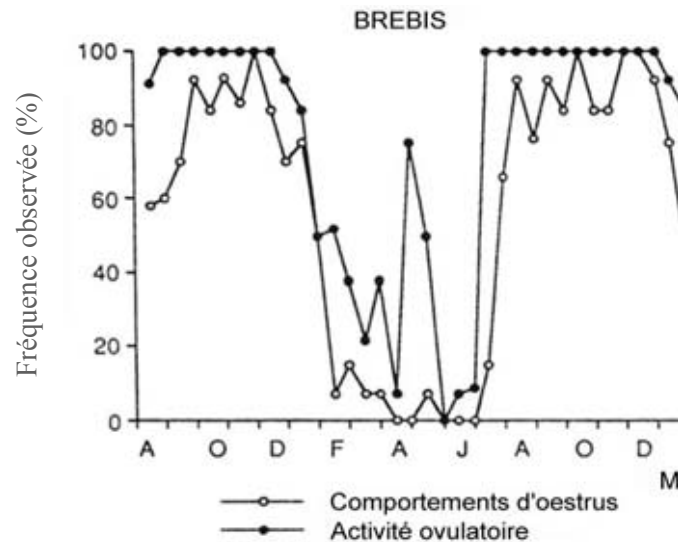


Figure 2.1. Variation saisonnière de l'activité sexuelle chez les brebis Île-de-France.

Adaptée de Chemineau *et al.* (1992a)

La saison d'anoestrus, caractérisée par l'absence de comportement oestral et d'activité ovarienne, peut varier en durée⁸ et en intensité⁹ entre les races (Thimonier et Mauléon, 1969; Gallegos-Sanchez *et al.*, 1998; Thiéry *et al.*, 2002). Puisque la saison oestrale des moutons débute généralement lorsque la durée du jour diminue et se termine lorsque les jours allongent, les ovins sont qualifiés «d'espèce saisonnière de jours courts» (Yeates, 1949; Hafez, 1952).

Les brebis sont considérées comme des polyoestriennes saisonnières, c'est à dire que leur cycle annuel de reproduction est caractérisée par la succession de plusieurs cycles oestral d'une durée d'environ 16 à 18 jours durant une partie de l'année (automne et hiver), qui est suivie d'une période anoestrals (printemps et été), où on observe une absence complète des cycles ovariens (Yeates, 1949; Hafez, 1952). Les chercheurs Legan et Karsch (1979) ont bien décrit les mécanismes physiologiques impliqués dans la reproduction saisonnière des brebis. Durant la période de reproduction, les cycles oestral successifs sont composés d'une phase lutéale de 12 à 14 jours et d'une phase préovulatoire ou «phase de croissance folliculaire» de 3 à 4 jours. La Figure 2.2 montre comment le cycle oestral des brebis évolue dans le temps.

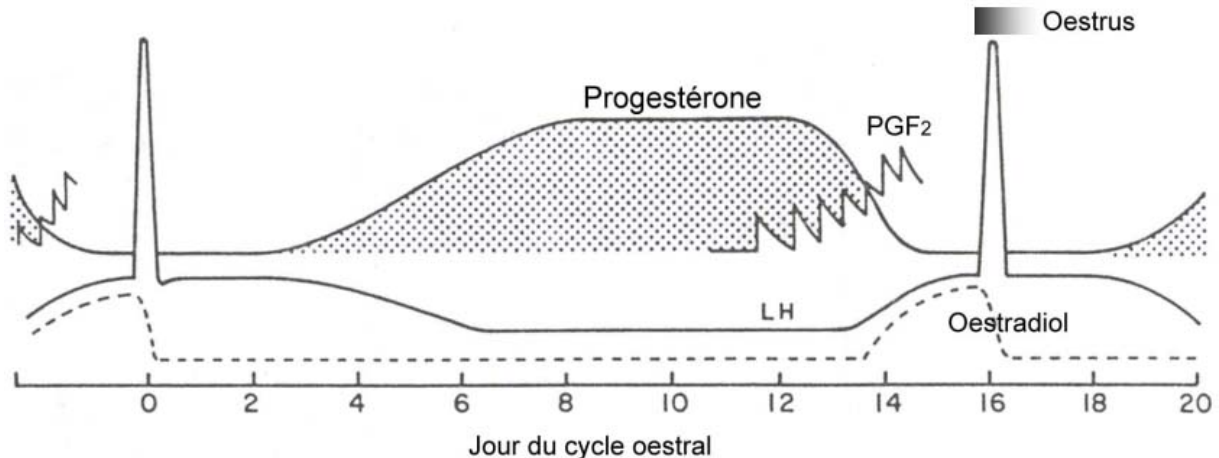


Figure 2.2. Schéma représentatif du cycle oestral chez les brebis.

Adaptée de Goodman (1988b)

⁸ Durée de l'anoestrus : se traduit par la période entre le début et la fin de la saison sexuelle

⁹ Intensité de l'anoestrus : se traduit par des dissociations entre les comportements de chaleur chez la brebis (oestrus) et l'ovulation ; certaines femelles présentent des ovulations silencieuses (ovulation sans comportement de chaleur), des cycles courts ou des cycles de longueur anormale.

Durant la phase préovulatoire, soit environ 48 à 60 h avant le pic de LH, la concentration de progestérone chute drastiquement suite à la destruction du corps jaune (corpus luteum, CL) formé lors du cycle précédent. Cette diminution de progestérone favorise l'augmentation de la sécrétion pulsatile de GnRH par l'hypothalamus qui stimule par la suite, la fréquence pulsatile de la FSH et de la LH par l'hypophyse. L'augmentation de ces deux hormones permet la reprise de la croissance des follicules dans les ovaires. La hausse de la fréquence de sécrétion de LH par l'axe gonadotrope amène la concentration moyenne de LH sérique à des concentrations cinq fois supérieures à ceux observés avant le début de la phase préovulatoire. Cette augmentation du niveau basal de LH est accompagnée d'une augmentation proportionnelle de la sécrétion d'œstradiol par les follicules dominants qui sont en croissance rapide. La sécrétion de l'œstradiol induit l'apparition du comportement oestral chez les femelles. Cette élévation du niveau d'œstradiol mène finalement au pic de LH préovulatoire, qui permet le relâchement des ovules par les follicules matures. Suite à l'ovulation, les follicules ovulés se transforment en CL qui sécrètent la progestérone durant toute la durée de la phase lutéale (durée de 12 à 14 jours). Durant cette phase, le développement des follicules est ralenti et l'ovulation impossible car la sécrétion de progestérone inhibe la sécrétion de GnRH par l'hypothalamus, empêchant ainsi le pic de LH et le retour en chaleur. Si l'ovule n'est pas fécondé, l'utérus sécrète de la prostaglandine qui fait dégénérer le ou les CL dans l'ovaire. La destruction du (ou des) CL permet la reprise d'une autre phase folliculaire et donc d'un nouveau cycle.

L'apparition du comportement de réceptivité sexuelle débute environ 20 à 40 h avant l'ovulation. La période de chaleur peut durer de 24 h à 48 h, mais cette durée peut être variable selon la race (Goodman *et al.*, 1988b) ou d'autres facteurs, tel que la présence continue d'un bélier (Fletcher et Lindsay, 1971). L'intervalle entre les périodes de chaleur (réceptivité sexuelle) détermine donc la durée du cycle sexuel chez les femelles.

Durant la période anœstrale, la plupart des composants de l'axe hypothalamo-hypophysaire sont fonctionnels mais leur activité est fortement réduite. En effet, on peut observer une réduction importante de la sécrétion pulsatile de la GnRH et de la LH (Thimonier et Mauléon, 1969; Barrel *et al.*, 1992; Gallegos-Sanchez *et al.*, 1998). Les follicules, dont la croissance est

fortement diminuée, ne peuvent croître adéquatement et générer des concentrations d'oestradiol suffisantes afin d'induire le pic de LH et l'ovulation (Goodman *et al.*, 1982; Webb *et al.*, 1992; Sweeney et O'Callaghan, 1995). Ainsi, chez les ovins, durant la période ancestrale, il y a absence d'ovulation et de réceptivité sexuelle.

Heureusement, cet état «d'infertilité temporaire» est réversible. En effet, lors de la transition entre la période d'ancestrus et la période de reproduction, la réactivation de l'axe hypothalamo-hypophysaire et de la pulsativité de GnRH favorise la reprise de l'activité sexuelle (Legan et Karsch, 1979; Lincoln et Short, 1980). Lors des périodes de transition entre la saison oestrale et ancestrale, on peut souvent noter la présence de cycles sexuels courts, d'ovulations silencieuses (ovulations sans comportement de chaleur) et de chaleurs silencieuses (comportement oestral sans ovulation). Ceci résulte du manque de synchronisme entre les différents événements hormonaux essentiels pour mener à l'ovulation et compléter les cycles de façon normale.

En plus d'affecter l'activité de reproduction des brebis, les variations annuelles de la durée du jour pourraient également affecter le taux d'ovulation et la taille de portée. En effet, Notter (2000) a observé que le nombre d'agneaux nés était supérieur lorsque les brebis agnelaient durant l'hiver et le printemps (mises bas de décembre à mai). Ainsi, le taux d'ovulation serait supérieur en saison sexuelle lorsque les jours sont courts et diminuerait au printemps et en été avec l'allongement de la durée journalière (Quirke *et al.*, 1988; Forcada *et al.*, 1992). Notter et Copenhaver (1980) ont observé une baisse de 0.33 à 0.50 agneaux nés par brebis lorsque ces dernières agnelaient en automne. Cette baisse pourrait être attribuable à différents facteurs, dont les températures plus élevées généralement observées en contre-saison sexuelle. Il est reconnu que des températures élevées peuvent augmenter la mortalité embryonnaire (Dutt, 1964).

2.1.3. Les variations annuelles de la reproduction chez le bélier

Chez les béliers, des variations saisonnières de l'activité sexuelle sont également présentes, mais de façon moins marquée que chez les brebis (Lincoln *et al.*, 1990; Lincoln, 1998; Thiéry *et al.*, 2002). Bien que les mâles soient potentiellement capables de se reproduire toute

l'année, leur activité sexuelle, endocrinienne et spermatogénique, baisse fortement d'intensité au printemps et en été (Colas, 1980; Colas *et al.*, 1984; Pelletier et Almeida, 1987). Les jours longs (JL) ou croissants ont un effet inhibiteur sur l'axe hypothalamo-hypophyso-testiculaire. En effet, au printemps et en été, on observe une baisse de la sécrétion de testostérone, de FSH et de LH (Langford *et al.*, 1987; Pelletier et Almeida, 1987), une augmentation importante des anomalies morphologiques des gamètes (Colas, 1980) ainsi qu'une chute considérable de la quantité de spermatozoïdes dans la semence (Dacheux *et al.*, 1981).

Les jours courts (JC) sont par ailleurs stimulateurs de l'activité sexuelle chez les mâles. Ainsi, à l'approche de la saison automnale et durant la fin de saison estivale, on observe une stimulation de l'activité sexuelle chez les mâles. En effet, durant cette période de l'année, on note une hausse de la fréquence de sécrétion de LH et de testostérone ainsi qu'une augmentation de la croissance testiculaire (Lindsay *et al.*, 1984). Les béliers de la plupart des races ovines exhibent des variations saisonnières de l'activité sexuelle. Chez les béliers, le poids testiculaire est généralement maximal lors de la saison de reproduction et minimal à la fin de l'hiver (Figure 2.3). Puisque les variations observées au niveau de la taille testiculaire sont variables selon les saisons, ce paramètre est souvent considéré comme une variable représentative de la présence d'une activité saisonnière chez les béliers. Cependant, d'autres études démontrent que l'initiation de la croissance et de la régression testiculaire débute à des moments variables entre les races (Pelletier et Ortavant, 1970; Lincoln et Short, 1980; Dufour, 1974; Pelletier et Almeida, 1987). Des variations individuelles peuvent également être observées à l'intérieur d'une même race (Colas, 1980).

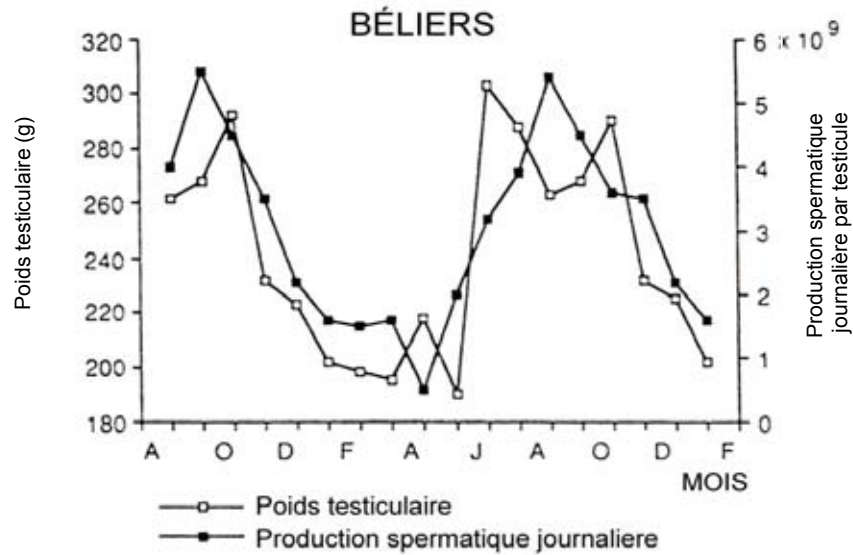


Figure 2.3. Variation saisonnière du poids testiculaire et de la production spermatique chez les béliers de race Île-de-France.

Adaptée de Chemineau *et al.* (1992a)

2.2. Facteurs environnementaux et endogènes contrôlant la reproduction saisonnière

2.2.1. Action de la lumière sur la saisonnalité

La photopériode est sans aucun doute le signal environnemental le plus important pour synchroniser les changements physiologiques et la reproduction des ovins et ce, tant chez les mâles que chez les femelles. Il a été clairement établi que l'activité sexuelle saisonnière des ovins était contrôlée essentiellement par les variations annuelles de la photopériode (Colas *et al.*, 1980; Thimonier et Mauléon, 1969; Ebling *et al.*, 1988; Malpaux *et al.*, 1989). Ainsi, chez les animaux saisonniers, la photopériode serait le facteur le plus important permettant aux animaux de réguler le moment de la transition entre les périodes d'œstrus et d'anœstrus et de synchroniser le moment de la reproduction pour que la mise bas survienne au moment le plus propice (Yeates, 1949; Hafez, 1952; Legan et Karsch, 1983). Les recherches ont permis de démontrer que la mélatonine (MEL), une hormone sécrétée par la glande pinéale, était l'hormone responsable de la «traduction» du message lumineux chez les animaux.

Chez les animaux, l'information lumineuse est perçue par la rétine de l'œil. Le message lumineux est ensuite traduit en signal neuronal et dirigé, par l'intermédiaire de plusieurs relais

nerveux (noyaux suprachiasmatiques et paraventriculaires, ganglion cervical supérieur), vers la glande pinéale, aussi appelée éphiphyse (Chemineau *et al.*, 1992a; 1993). Au niveau de la pinéale, le signal lumineux régule ensuite la sécrétion de MEL selon la photopériode en modulant l'activité de certaines enzymes, dont la N-acétyl-transférase (Chemineau *et al.*, 1992a, 1993; Sweeney et O'Callaghan, 1995).

La perception de l'obscurité, par les récepteurs adrénérgiques au niveau des pinéalocytes (cellules sécrétrices de la glande pinéale), entraîne la synthèse et la libération de MEL. Cette hormone est donc sécrétée uniquement durant les périodes de noirceur (Figure 2.4). La concentration de MEL augmente progressivement dans les 2 à 10 minutes suivant le début de la période d'obscurité et demeure à des niveaux de concentration nocturnes jusqu'à l'ouverture des lumières (Rollag *et al.*, 1978). Durant la nuit, la concentration de MEL plasmatique peut atteindre 100 à 300 pg/ml, tandis que durant la journée, ces concentrations chutent précipitamment et sont généralement sous 30 pg/ml (Notter, 2002). Suite à l'ouverture des lumières, les concentrations de mélatonine plasmatique chutent rapidement, pour revenir à des concentrations diurnes en seulement 5 à 10 minutes (Rollag *et al.*, 1978). Le patron nocturne de sécrétion de MEL a été observé dans plusieurs études tant en condition artificielle que naturelle (Bittman *et al.*, 1983b; Bittman et Karsch 1984; Keeneway *et al.*, 1982, 1983; English *et al.*, 1987a). La lumière a ainsi un effet inhibiteur direct sur la sécrétion de MEL (Earl, 1985). Par ailleurs, la durée de sécrétion de MEL est directement proportionnelle à la durée de la nuit (Keeneway *et al.*, 1983; Arendt, 1986 ; Arendt *et al.*, 1988). Ainsi, lorsque les nuits sont longues (période de JC) la sécrétion de MEL est longue et c'est la durée de sécrétion de cette hormone qui permet aux animaux de reconnaître la durée du jour (Karsch *et al.*, 1988).

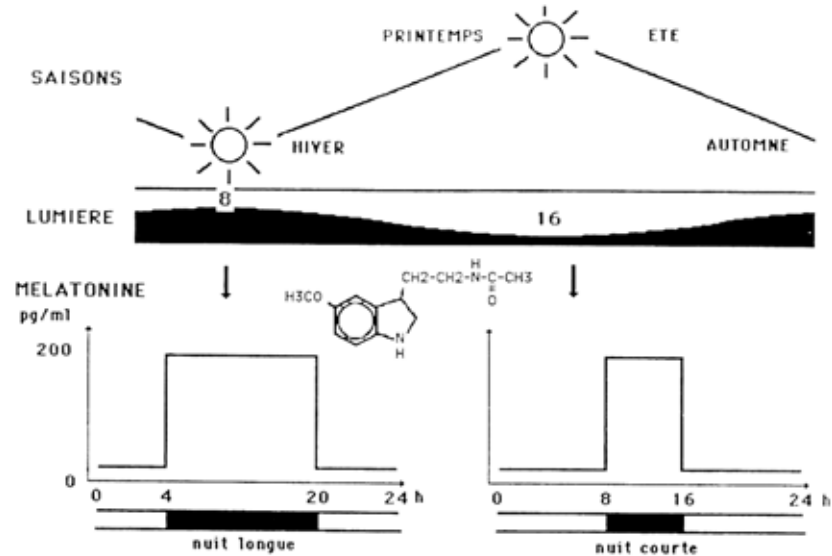


Figure 2.4. Patron de sécrétion de la mélatonine en fonction de la durée nocturne.

Tirée de Chemineau *et al.* (1992b)

La présence d'une glande pinéale fonctionnelle est importante pour que le message photopériodique soit perçu. Ainsi, la pinéalectomie ou la dénervation de la glande pinéale détruit la capacité de percevoir les variations lumineuses de l'environnement (Arendt *et al.*, 1988). Cet état entraîne des modifications du comportement, de la physiologie et de la reproduction chez les animaux saisonniers.

Ainsi, la MEL est considérée comme un messager permettant au système nerveux central d'interpréter le signal photopériodique externe. Puisque les concentrations circulantes de MEL reflètent les variations nocturnes de l'environnement, on peut observer des changements saisonniers importants de sécrétion de cette hormone. Les caractéristiques de sécrétion de MEL varient donc avec les variations annuelles de la photopériode. La glande pinéale et la MEL font donc partie du chemin neuroendocrinien contrôlant le système reproductif des animaux saisonniers (Sweeney et O'Callaghan, 1995).

Bien que l'influence de la durée lumineuse sur la reproduction des animaux saisonniers soit bien démontrée, l'intensité lumineuse optimale à laquelle les sujets devraient être exposés en conditions artificielles n'est pas encore connue. Afin d'inhiber la sécrétion de MEL durant la

journée, les animaux doivent être exposés à une intensité lumineuse minimale et perceptible. Chez les béliers, Arendt et Ravault (1998) ont démontré que la sécrétion nocturne de MEL pouvait être supprimée de manière significative par un flash lumineux¹⁰ d'une intensité de 1.0 lux, 25.1 lux et 88.6 lux, mais pas par une intensité de 0.15 lux. Chez les chevaux, Chemineau *et al.* (1996) ont observé qu'une intensité lumineuse de 3 lux pouvait inhiber la sécrétion de MEL. De plus, chez cette espèce de JL, l'activité ovarienne pouvait être stimulée par une intensité lumineuse aussi faible que 10 lux. Casamassima *et al.* (1993) ont découvert que le niveau d'intensité lumineuse (10, 100, 500 ou 1000 lux) avait un impact significatif sur le poids vif des agneaux, la consommation d'eau et de nourriture, les périodes d'activité et la présence de comportements anormaux. Globalement, dans cette étude, les auteurs avaient noté que l'intensité de 500 lux avait favorisé un meilleur poids à l'abattage, un meilleur gain, une meilleure conversion alimentaire que les autres intensités. D'autres études recommandent d'exposer les ovins à des intensités minimales de 100 lux afin qu'ils puissent bien percevoir le contraste entre le jour et la nuit pour ainsi répondre efficacement à un traitement photopériodique (Forbes, 1982). Cependant, ces recommandations ne sont pas bien appuyées par des résultats de travaux.

2.2.2. Hypothèse d'un effet indirect de la lumière sur la saisonnalité

Chez les brebis, il est important que la séquence des événements hormonaux soit complète et normale afin de mener à l'ovulation et à la réceptivité sexuelle avec comportement de chaleur. En cas contraire, les cycles hormonaux sont arrêtés et les animaux se retrouvent en période anœstrale. L'absence du pic de LH préovulatoire semble être l'élément déterminant menant à l'anœstrus. Les scientifiques ont observé que lors de la saison sexuelle, la sécrétion d'œstradiol stimulait la venue du pic de LH, alors qu'en contre-saison cette augmentation était accompagnée d'une chute rapide de la concentration de LH dans la circulation. C'est pourquoi Hoffman (1973) ont proposé que les variations saisonnières de l'activité sexuelle pouvaient être induites par des changements de la sensibilité de l'hypothalamus à l'action de l'œstradiol. Des chercheurs ont donc émis l'hypothèse que la lumière pouvait avoir un effet indirect sur les mécanismes physiologiques liés à la reproduction chez les ovins.

¹⁰ Courte période d'éclairement donnée durant la période de noirceur. Généralement le flash lumineux est d'une durée approximative d'une heure et est utilisé en soirée.

L'hypothèse de la rétroaction négative de l'œstradiol fut mise en évidence pour la première fois par Legan *et al.* (1977). Afin d'étudier ce phénomène, des brebis exposées à la lumière naturelle furent ovariectomisées (ovx) et traitées ou non avec des implants relâchant des doses physiologiques constantes d'œstradiol. Les auteurs notèrent (Figure 2.5) que les brebis ovx et traitées à l'œstradiol (ovx + E) présentaient des concentrations sériques de LH relativement élevées d'octobre à janvier qui chutaient ensuite à des niveaux indétectables de février à août, soit jusqu'à l'automne suivant. De même, chez ces femelles, l'activité sexuelle, détectée par l'augmentation de la concentration et de la pulsativité de LH, survenait au même moment que les femelles intactes qui cyclaient en automne et en hiver. Chez les brebis ovx ne recevant pas de traitement d'œstradiol, les concentrations sériques de LH variaient peu dans le temps (Figure 2.5). Ceci démontrait que l'œstradiol pouvait jouer un rôle négatif très important sur la pulsativité de LH durant les JL. De plus, ces variations de la sensibilité à l'œstradiol coïncidaient étroitement avec les transitions entre la saison de reproduction et l'anœstrus; les variations de la sensibilité à l'œstradiol pouvaient donc être sous contrôle photopériodique (Legan et Karsch, 1979).

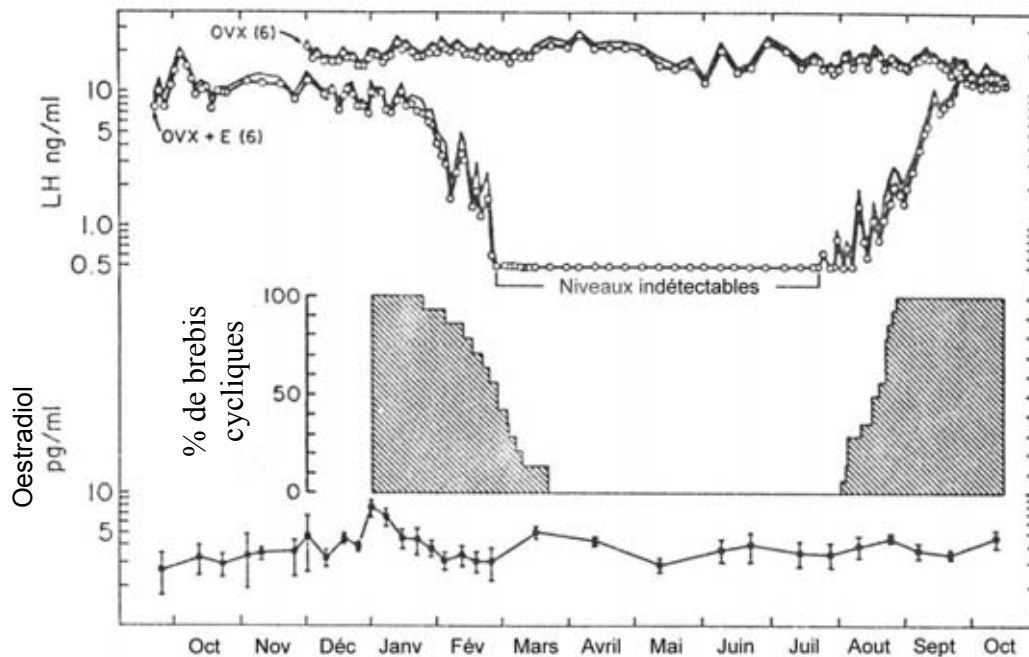


Figure 2.5. Variations saisonnières de l'activité sexuelle des brebis en réponse à la variation de la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de LH.

Adaptée de Legan et Karsch, (1977).

Ainsi, ces auteurs démontrèrent que les variations annuelles de la photopériode avaient un effet indirect sur la reproduction en modifiant la sensibilité de l'hypothalamus à l'action négative de l'œstradiol. Ainsi, suite à la régression du CL du dernier cycle oestral de la saison de reproduction, l'augmentation de la pulsativité de LH et de la sécrétion d'œstradiol par les follicules en croissance aurait un effet négatif sur hypothalamus, qui deviendrait plus sensible à l'effet de l'œstradiol à l'approche de la contre-saison. Cet effet de rétroaction de l'œstradiol aurait ensuite pour effet d'inhiber la sécrétion de GnRH, de LH et également d'œstradiol, bloquant ainsi le pic de LH préovulatoire, l'ovulation et causant l'arrêt de la saison sexuelle des animaux qui retourneraient alors en période d'anoestrus (Figure 2.6).

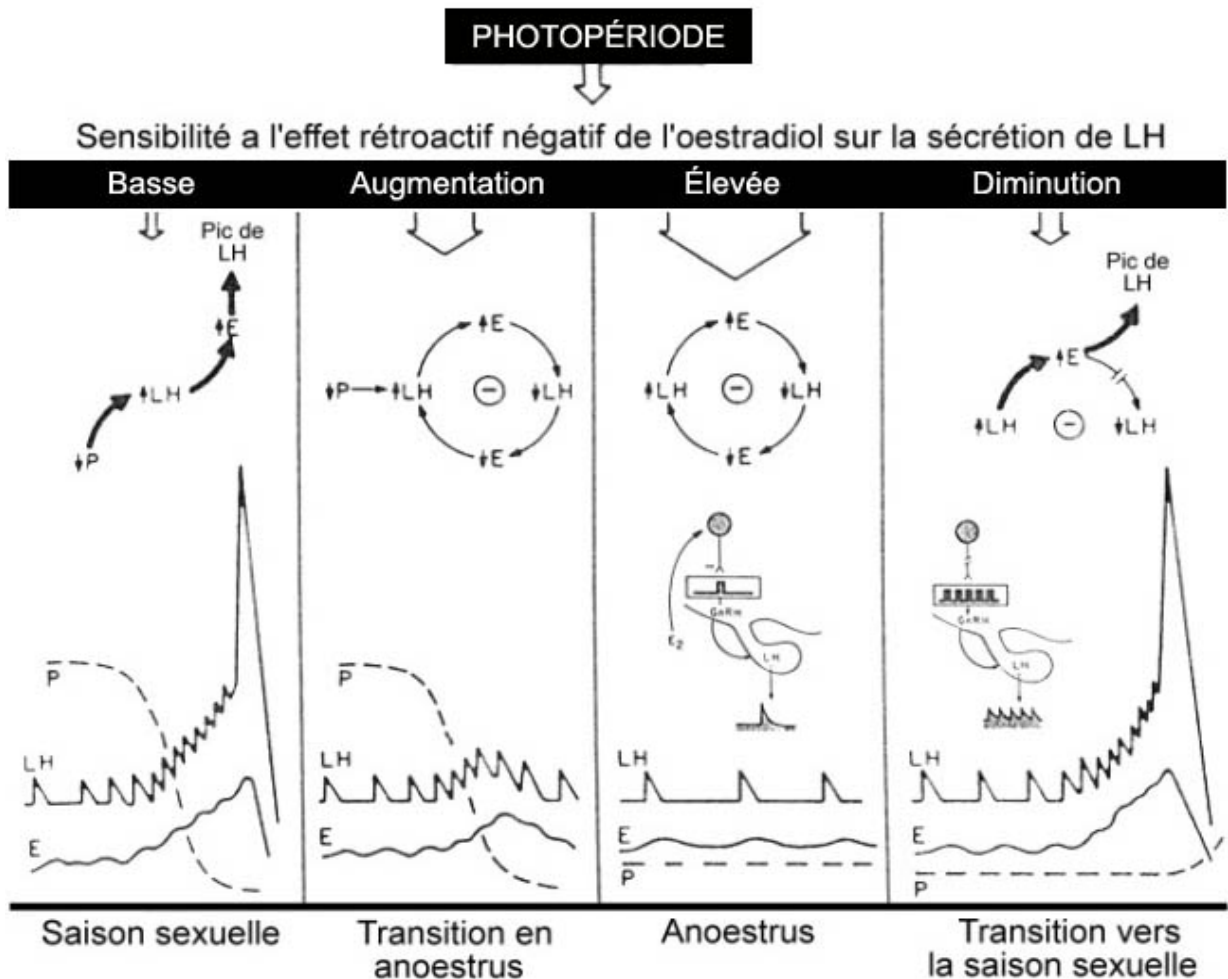


Figure 2.6. Hypothèse de l'action de la photopériode sur la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de LH.

Adaptée de Karsch *et al.*, (1980)

À l'approche de la saison sexuelle, la sensibilité de l'hypothalamus à l'effet négatif de l'œstradiol serait progressivement levée, permettant la reprise des événements physiologiques menant à l'ovulation (Karsch *et al.*, 1980; Legan et Karsch, 1979).

2.2.3. Hypothèse d'un effet direct de la lumière sur la saisonnalité

D'autres chercheurs ont cependant émis l'hypothèse que la lumière pouvait avoir un effet direct sur les mécanismes physiologiques liés à la reproduction des ovins. En effet, certaines études mentionnent que durant l'automne, soit lorsque la durée de sécrétion de MEL est longue, l'activité sécrétrice des cellules GnRH pouvait être stimulée. La stimulation de l'activité de ces cellules augmenterait leur activité de décharge pulsatile, ce qui aurait pour effet d'augmenter la fréquence de sécrétion de LH et de FSH par l'hypophyse et, par conséquent, favoriserait la reprise de l'activité sexuelle (Chemineau *et al.*, 1992b; Thiéry *et al.*, 2002). En condition artificielle, il a été démontré qu'un long message quotidien de MEL stimulait la sécrétion pulsatile de GnRH après environ 40 à 60 jours chez les brebis (Malpaux *et al.*, 1996). Bien que la sécrétion de MEL soit de plus longue durée en JC et que cette augmentation coïncide avec la période d'activité sexuelle des ovins, les mécanismes exacts de l'effet de ce messager lumineux sur l'activité de reproduction ne sont toujours pas encore bien élucidés.

La démonstration de l'effet direct de la MEL sur l'activité sécrétrice des cellules GnRH a conduit à l'hypothèse d'un effet direct de la photopériode, indépendant de l'œstradiol, sur la sécrétion de LH par l'hypothalamus (Goodman *et al.*, 1982). Ainsi, chez des brebis ovariectomisées (ovx) et non traitées à l'œstradiol, on a observé que l'exposition à des JL avait un effet direct, indépendant de la rétroaction négative stéroïdienne, sur la baisse de pulsatilité de LH. Ainsi, la photopériode pourrait avoir un effet direct sur la reprise et l'arrêt de l'activité sexuelle saisonnière par l'entremise de son messager, la mélatonine. Cependant, plusieurs auteurs ont mentionné que les changements dans le patron de la pulsatilité de sécrétion de LH étaient relativement subtils et que ce phénomène physiologique, encore incompris, pouvait être mineur (Meyer et Goodman, 1986; Goodman, 1988a,b; Whisnant et Goodman, 1990; Gallegos-Sanchez *et al.*, 1998; Thiéry *et al.*, 2002). D'autres auteurs ont cependant observé

que l'effet direct de la lumière était notable chez les mâles. Ainsi chez les béliers, les JL inhiberaient l'élévation des concentrations de LH suite à la castration (Lincoln et Short, 1980). Finalement, chez les mâles et les femelles, selon Goodman (1988a), la photopériode pourrait exercer un effet indépendant et dépendant des stéroïdes sur la sécrétion de LH.

2.3. Effet de la photopériode sur la reproduction de la brebis

Tel que mentionné précédemment, ce sont les variations annuelles de la durée du jour qui déterminent l'arrêt et le début de la saison sexuelle chez les ovins. Ainsi, en conditions naturelles ou artificielles, les JC ou décroissants sont stimulateurs de l'activité sexuelle alors que les JL sont inhibiteurs (Legan et Karsch, 1980; Lincoln et Short, 1980). De façon générale, un JC peut être défini comme un jour dont la durée lumineuse est de moins de 12 h (Chemineau *et al.*, 1992b). Cependant, bien que les JC soient stimulateurs de l'activité sexuelle une exposition prolongée à une photopériode de JC ne permet pas d'abolir les variations saisonnières de l'activité sexuelle. Ainsi, plusieurs études ont présenté l'évidence qu'un rythme de reproduction endogène était présent chez les ovins (Legan et Karsch, 1983).

2.3.1. Le rythme de reproduction endogène chez la brebis

L'évidence de la présence d'un rythme endogène de reproduction a été mise en évidence par la réalisation d'expériences qui utilisaient des femelles qui ne pouvaient pas percevoir les variations lumineuses de leur environnement. Ainsi, Legan et Karsch (1983) notèrent que des brebis ovariectomisées et ayant subi une énucléation bilatérale des yeux, présentaient des variations annuelles marquées de la sécrétion de LH. Chez ces femelles, la sécrétion de LH était plus élevée en automne et en hiver et diminuait de manière importante au printemps et en été. Des brebis aveugles, dont les ovaires étaient intacts, présentaient également des variations identiques de l'activité saisonnière ovarienne (Legan et Karsch 1983). Des résultats similaires furent observés chez des femelles qui avait subi l'ablation de la glande pinéale (Bittman *et al.*, 1983a; Karsch *et al.*, 1986). Ces études démontraient que la reproduction saisonnière des ovins était sous le contrôle d'un rythme endogène, qui pouvait être indépendant de l'information photopériodique externe. De plus, ce processus endogène semblait résulter de la présence d'un *rythme circannuel de reproduction*, c'est à dire d'un rythme endogène entraînant la reproduction des femelles à un intervalle d'environ 365 jours (Robinson et Karsch, 1988;

Sweeney et O'Callaghan, 1995). Cependant, dans ces études, les auteurs indiquaient que des facteurs externes, comme la présence de phéromones mâles ou de brebis en oestrus, pouvaient avoir synchronisé la reproduction de ces brebis (Legan et Karsch, 1983).

L'expression de ce rythme endogène est également observée chez des animaux pouvant percevoir la lumière. Ainsi, des brebis maintenues sous une photopériode constante de JC durant une période prolongée, démontrent des cycles d'activité sexuelle espacés d'environ 10 à 12 mois et entrecoupés de longues périodes d'inactivité sexuelle (Ducker *et al.*, 1973; Howles *et al.*, 1980, 1982; Karsch *et al.*, 1989; Jansen et Jackson, 1993). Ces femelles, bien que capables de percevoir la lumière, présentent également un rythme de reproduction circannuel endogène. Cependant, dans ces études, les auteurs notèrent que ces périodes de variations de l'activité sexuelle étaient désynchronisées entre individus. Ainsi, les épisodes d'activité ovarienne survenaient de façon aléatoire chez plusieurs femelles (Jackson *et al.*, 1990). De plus, les moments d'intensification de l'activité sexuelle ne correspondaient pas au patron reproductif normal de brebis exposées à la photopériode naturelle (Robinson et Karsch, 1988). Ces phénomènes furent également observés chez les brebis pinéalectomisées et chez les femelles aveugles (Legan et Karsch 1983; Bittman *et al.*, 1983a).

2.3.2. L'état photoréfractaire chez la brebis

Les découvertes précédentes démontrèrent que la perception de l'information lumineuse extérieure était indispensable à la synchronisation du rythme de reproduction endogène des ovins (Almeida et Lincoln, 1984). De plus, les variations de l'activité sexuelle observées chez les brebis exposées aux JC présentèrent l'évidence d'un « état réfractaire à la photopériode ». C'est-à-dire que même si ces femelles étaient exposées à une lumière stimulant leur activité sexuelle (JC), après un certain moment d'exposition, elles ne « répondaient » plus à ce stimulus et retournaient en période d'anœstrus (Robinson et Karsch, 1984; Karsch et Waynes, 1988).

Le développement de l'état réfractaire à la lumière a été mis en évidence lorsque Robinson *et al.* (1985) tentèrent de déterminer si les brebis avaient besoin de percevoir l'augmentation ou la diminution de la durée du jour pour initier et arrêter leur saison de reproduction. Afin de

déterminer si les femelles avaient besoin de percevoir les jours décroissants de l'été et de l'automne pour initier leur activité sexuelle, des brebis Suffolk ovx et traitées à l'œstradiol ont été maintenues, à partir du solstice d'été sous une photopériode constante de JL. L'activité reproductrice de ces brebis, mesurée par l'augmentation de la concentration sérique de LH, commença approximativement au même moment (28 septembre \pm 5 jours) que chez les femelles ovx traitées à l'œstradiol gardées sous lumière naturelle simulée (2 octobre \pm 8 jours) ou photopériode naturelle (30 septembre \pm 2 jours) et que chez les femelles intactes exposées à la lumière naturelle (28 septembre \pm 3 jours). Cela démontrait que les Suffolk n'avaient pas besoin de percevoir la diminution de la durée du jour pour initier leur période de reproduction. Ces notions sont présentées à la Figure 2.7. Des phénomènes similaires ont été observés dans plusieurs autres études, notamment chez les Dorset à cornes, les Welsh Mountain (Worthy *et al.*, 1985), les Galway et les Finnois (O'Callaghan *et al.*, 1992).

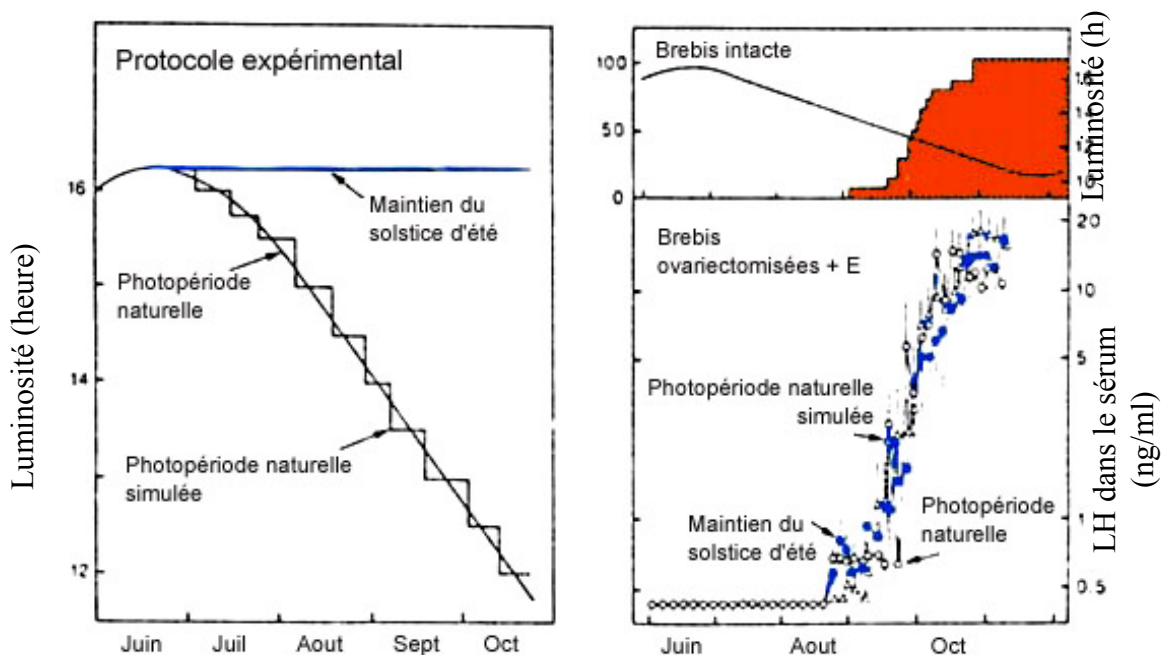


Figure 2.7. État réfractaire aux JL et initiation de l'activité de reproduction chez les brebis.

À gauche : protocole expérimental. En haut à droite, la zone hachurée représente l'activité ovarienne des brebis intactes. En bas à droite, les concentrations sériques de sécrétion de LH des brebis ovx et traitées à l'œstradiol sous trois traitements lumineux.

Adaptée de Robinson *et al.* (1985)

Une étude relativement similaire démontra que les brebis n'avaient pas besoin de percevoir l'augmentation de la durée du jour pour retourner en période d'œstrus (Robinson et Karsch, 1984). Ainsi, chez des femelles Suffolk ovx, traitées à l'œstradiol et placées sous une photopériode de JC constants à partir du solstice d'hiver, l'activité reproductrice se terminait approximativement au même moment (26 janvier \pm 6 jours) que chez des femelles ovx traitées à l'œstradiol sous lumière naturelle simulée (24 janvier \pm 5 jours) ou sous photopériode naturelle (18 février \pm 3 jours) et que chez les femelles intactes exposées à la lumière naturelle (10 février \pm 3 jours). Dans cette étude, les auteurs observèrent que les femelles cessaient leur activité de reproduction après environ 70 jours d'activité sexuelle. Cela démontrait que les brebis n'avaient pas besoin d'être exposées à l'augmentation de la durée du jour de l'hiver et du printemps pour cesser leur activité reproductrice (Figure 2.8). Ce phénomène fut par ailleurs observé dans plusieurs autres études (Newton et Betts, 1972; O'Callaghan *et al.*, 1992).

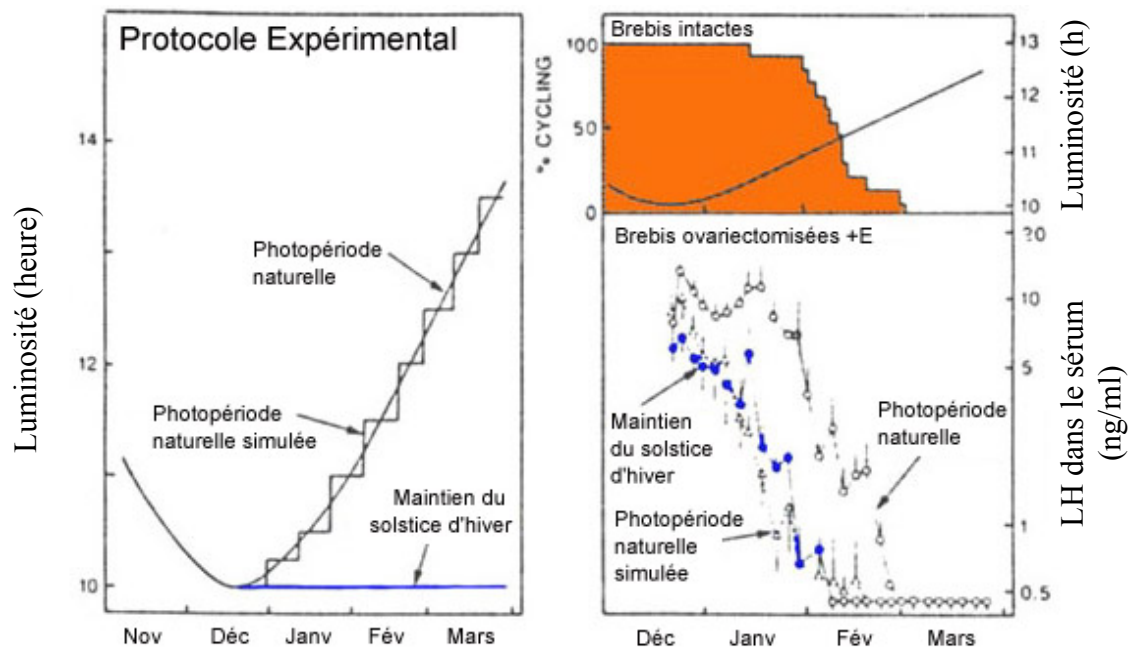


Figure 2.8. État réfractaire aux JC et arrêt de l'activité sexuelle chez les brebis.

À gauche : protocole expérimental. En haut à droite, la zone hachurée représente l'activité ovarienne des brebis intactes. En bas à droite, les concentrations sériques de sécrétion de LH des brebis ovx et traitées à l'œstradiol sous trois traitements lumineux.

Adaptée de Robinson et Karsch (1984)

Toutes ces études démontrèrent que les JC et les JL n'avaient pas toujours des effets stimulateurs et inhibiteurs sur l'activité de reproduction des ovins. De même, elles présentaient l'évidence que les animaux n'avaient pas besoin de percevoir ces variations photopériodiques pour passer d'un état « reproductif » à un état de repos sexuel. Ces découvertes permirent néanmoins de déterminer que le développement d'un état réfractaire à la lumière pouvait expliquer les transitions entre les périodes d'œstrus et d'œstrus. Les études de Robinson et Karsch (1984) et de Robinson *et al.* (1985) proposèrent que le développement de l'état réfractaire aux JL et aux JC pouvaient être en partie responsable de l'initiation de l'activité reproductive des femelles en automne et de l'arrêt de la reproduction saisonnière en hiver et au printemps. Les ovins semblent capables de sortir par eux-mêmes de cet état photoréfractaire et ce, même sans aucune variation photopériodique dans leur environnement. Cette capacité de passer d'un état d'œstrus à un état d'œstrus lors de conditions réfractaires, pourrait expliquer les variations cycliques de l'activité oestrale des moutons élevés sous photopériode constante (Ducker *et al.*, 1973; Almeida et Lincoln, 1984).

En conditions artificielles, les études ont démontré que le moment du développement de l'état réfractaire pouvait varier entre les races (Minton, 1990; O'Callaghan *et al.*, 1992). Le développement d'un état réfractaire à une photopériode constante est variable entre les études. Cependant, chez les ovins cet état semble s'installer après environ 100 à 200 jours de traitement lumineux constant et semble varier selon la race (Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1988b; Malpaux *et al.*, 1996; Khalid et Jackson, 1991; Bocquier *et al.*, 1997; O'Callaghan *et al.*, 1991a). D'un point de vue adaptatif, le développement de l'état réfractaire à la lumière permettrait aux ovins d'anticiper les variations naturelles de la durée du jour et ainsi de synchroniser leur rythme de reproduction circannuel (Lincoln et Short 1980).

2.3.3. Historique photopériodique et variations saisonnières chez la brebis

La découverte de l'état photoréfractaire permit de découvrir que les animaux avaient réellement besoin de percevoir les variations lumineuses de leur environnement afin de se créer un «historique photopériodique». L'historique photopériodique peut être défini par la direction du changement lumineux qui est perçu par les bêtes ou, de façon plus simple, par la

perception de périodes de JL puis de périodes de JC. Ainsi, les variations annuelles de la photopériode sont enregistrées dans cet historique photopériodique et permettent à l'animal de synchroniser son horloge biologique interne afin que la reproduction survienne au moment propice, soit à l'automne.

Chez les ovins, la perception d'un JL ou d'un JC s'effectue grâce à la durée de sécrétion de MEL durant la phase nocturne (Karsch *et al.*, 1988), mais également par la direction du changement lumineux. Ainsi, Robinson et Karsch (1987) avaient démontré que les animaux pouvaient percevoir une exposition de 13 h de lumière comme une période de JL, s'ils avaient été au préalable exposés à une période de 10 h de lumière. De même, cette période de 13 h de lumière était perçue comme une exposition à des JC si, au préalable, les animaux avaient été exposés à 16 h de lumière. Ceci démontrait donc que les variations de la durée de sécrétion de MEL entre les périodes de JL et de JC permettaient aux animaux de percevoir la durée lumineuse à laquelle ils étaient exposés et d'initier ou d'arrêter leur activité sexuelle. Cette perception des différentes périodes de luminosité s'inscrit dans l'historique photopériodique des ovins pour réguler leur activité reproductrice. En ce sens, plusieurs auteurs concluent que la saison de reproduction des ovins des zones tempérées est régulée par les changements dans la direction de la photopériode (ex : JC vers JL; diminution ou augmentation de la durée lumineuse) plutôt que dans la durée absolue de la période diurne (Lindsay *et al.*, 1984; Robinson et Karsch, 1987; Malpaux *et al.*, 1989).

En conditions naturelles, ce sont les variations annuelles de la durée du jour qui permettent aux animaux de créer leur historique photopériodique. Ainsi, la synchronisation de la reproduction saisonnière automnale résulte d'une exposition à une séquence lumineuse de jours croissants avant le solstice d'été et à une réduction de la durée journalière par la suite (Sweeney *et al.*, 1995). En conditions artificielles, il a été démontré que l'alternance entre les périodes de JL et de JC permet de créer un historique photopériodique qui synchronise le rythme de reproduction endogène chez les ovins (Chemineau *et al.*, 1988).

L'exposition à des JL serait le principal indice photopériodique permettant aux animaux de synchroniser leur rythme de reproduction circannuel (Malpaux *et al.*, 1989; Wayne *et al.*,

1990). Ainsi, dans la construction de l'historique photopériodique, la présence d'une période de JL est primordiale pour synchroniser la reproduction annuelle. Les JL jouent donc un rôle bien plus important que la simple inhibition de l'activité sexuelle des animaux saisonniers. En effet, le rôle des JL serait d'entraîner le rythme endogène afin que la saison de reproduction débute au moment opportun (Waynes *et al.*, 1990). De plus, puisqu'il avait déjà été démontré que les animaux n'avaient pas besoin de percevoir la réduction de la durée du jour pour initier leur activité de reproduction, Malpaux et Karsch (1990) démontrèrent que l'exposition à une période de JC était essentielle au maintien d'une durée normale de la saison de reproduction. Ainsi, sous lumière naturelle, la diminution progressive de la lumière à l'automne, associée à l'allongement de la durée de sécrétion nocturne de MEL, permettrait aux animaux d'exprimer une saison de reproduction de longueur normale (Malpaux *et al.*, 1988b).

Ces nouvelles définitions du rôle des JC et des JL permirent de découvrir qu'il était possible de manipuler le rythme de reproduction endogène des bêtes en utilisant des périodes d'alternance lumineuse pour «briser» l'état réfractaire des animaux à la lumière. Cependant, les études démontrèrent que ces périodes de JL et de JC ne pouvaient pas être imposées à n'importe quel moment dans l'année. Ainsi, dans l'élaboration d'un programme photopériodique, certaines périodes critiques d'exposition aux durées lumineuses doivent être considérées afin d'obtenir une synchronisation efficace de la reproduction des femelles. En effet, plusieurs études démontrèrent que le contrôle de certaines portions du cycle photopériodique annuel pouvaient permettre de synchroniser le rythme endogène de reproduction des ovins (Robinson *et al.*, 1988; Malpaux *et al.*, 1989). En effet, l'exposition des animaux au cycle annuel complet de photopériode n'aurait peut-être pas besoin d'être requis pour initier l'activité de reproduction des femelles. L'exposition à des JL durant un moment spécifique de l'année pouvait donc constituer un signal photopériodique suffisant pour synchroniser l'activité de reproduction des femelles et induire une période d'activité sexuelle à un moment où elle était naturellement inhibée (Karsch *et al.*, 1988; Robinson *et al.*, 1988; Woodfill *et al.*, 1994).

Les recherches réalisées par Sweeney *et al.* (1995a, 1997a et 1997b) permirent de découvrir que lorsque les JL étaient appliqués à un moment spécifique durant l'année, ce traitement lumineux permettait de «lever» artificiellement l'état réfractaire aux JC et de resensibiliser

l'axe neuroendocrinien à une exposition subséquente aux JC. Ces recherches ont été effectuées au Collège de Dublin en Irlande (53°18'N). Ainsi, ils notèrent que l'exposition à une séquence artificielle photopériodique de JL, suivi de JC entre l'équinoxe d'automne (21 septembre) et le solstice d'hiver (21 décembre), était complètement inefficace pour synchroniser l'activité de reproduction chez les femelles. Cependant, lorsque les brebis étaient exposées à ce traitement entre le solstice d'hiver et le solstice d'été, leur activité de reproduction était stimulée et ce traitement causait une avance significative de leur saison de reproduction par rapport aux femelles sous lumière naturelle. Ainsi, ces auteurs proposèrent que chez les femelles exposées à la lumière naturelle, l'axe reproductif neuroendocrinien était insensible aux JL entre l'équinoxe d'automne et le solstice d'hiver, dû principalement à la présence d'un historique photopériodique naturel et au développement d'un état réfractaire aux JL. L'axe reproductif neuroendocrinien redeviendrait peu à peu sensible à l'effet inductif d'un traitement de JL suivi de JC aux environs du solstice d'hiver (Sweeney *et al.*, 1997b).

Par ailleurs, certaines études ont démontré que la durée de l'exposition à une séquence de JL pouvait affecter l'efficacité du traitement lumineux sur la réponse reproductive des ovins. En effet, Khalid et Jackson (1991) ont observé qu'une période d'exposition d'environ 60 jours de JL, donnée aux environs du solstice d'hiver, était pleinement suffisante pour lever l'état réfractaire aux JC chez des brebis Suffolk. Cependant, dans cette étude, ils avaient noté qu'une exposition à seulement 30 jours de JL étaient partiellement efficaces pour lever l'état réfractaire et resensibiliser les animaux aux JC. Sweeney *et al.* (1995a) avaient par ailleurs noté qu'une exposition à une période de seulement 35 jours de JL suivi d'une période de JC, donnée après le solstice d'hiver, permettait d'avancer significativement la saison de reproduction des brebis Galway. Ainsi, l'efficacité d'un traitement de JL visant à lever l'état réfractaire aux JC et à synchroniser le moment de la reproduction pourrait varier entre les races (Amir et Zaralis, 1990).

2.3.4. Induction artificielle de l'activité ovulatoire par la photopériode

Dans l'élaboration de programmes photopériodiques visant à contrôler la reproduction des ovins, l'alternance entre les périodes de JL et de JC pourrait donc être considérée comme la «clé» permettant de manipuler le rythme endogène des animaux, l'exposition aux JL étant

nécessaire afin de restaurer l'effet inductif des JC sur l'activité sexuelle des femelles et pour prévenir l'état réfractaire (Chemineau *et al.*, 1992a,b). En conditions artificielles, l'alternance photopériodique permet de contrôler l'état réfractaire et de constituer un historique photopériodique « artificiel » permettant de synchroniser la reproduction des animaux au moment désiré.

Les études ont permis de découvrir qu'une exposition à une séquence photopériodique alternant les JL avec les JC, permettait d'induire l'activité oestrale et ovarienne à un moment bien précis après le début des JC. Afin de déterminer l'intervalle moyen entre le début des JC et l'initiation de l'activité ovulatoire, Chemineau *et al.* (1988) exposèrent des brebis de race Île-de-France à des cycles alternatifs continus de trois mois de JL (16 h) et de trois mois de JC (8 h). L'activité ovulatoire fut contrôlée par ces changements lumineux. Ainsi, ce traitement photopériodique permis d'obtenir deux périodes d'activité ovulatoire durant l'année, comparativement à une seule période pour les femelles du groupe témoin sous lumière naturelle. De plus, cette séquence lumineuse favorisa l'induction de deux à trois cycles ovulatoires par période d'activité sexuelle chez les femelles. Ce type de traitement lumineux permettait donc d'induire la cyclicité chez les femelles et ce, même en contre-saison sexuelle. Dans les deux périodes d'activité ovulatoire, l'intervalle entre l'exposition aux JC et le début de l'activité ovarienne était de 53 ± 4 jours et de 52 ± 4 jours. Ainsi, ces résultats permirent de déterminer qu'un traitement alternatif de trois mois de JL et de trois JC permettait de stimuler l'activité ovarienne approximativement 50 jours après le passage en JC chez les brebis Île-de-France et d'inhiber l'activité sexuelle de ces femelles environ 20 à 35 jours après le passage en JL (Chemineau *et al.*, 1988). D'autres chercheurs ont observé qu'un traitement de MEL, mimant un traitement de JC, permettait également d'induire l'activité sexuelle chez des brebis, le pic de réponse survenant environ 50 à 70 jours après le début du traitement (Staples *et al.*, 1992).

Des résultats relativement similaires furent observés dans d'autres études utilisant des brebis ovariectomisées et traitées à l'œstradiol et des brebis intactes. Dans ces études, l'alternance entre les périodes de JL et de JC (ou de traitement de MEL mimant des JC) favorisait l'induction de l'activité sexuelle après environ 50 à 80 jours d'exposition aux JC (Ravault et

Thimonier, 1988; Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1988b). Dans l'étude de Ravault et Thimonier (1988), des brebis intactes de race Île de France avaient été exposées durant un an à des périodes alternant trois mois de JL à trois mois de JC. Les résultats démontrèrent que les brebis présentaient une activité ovulatoire environ 50 jours après le passage en JC et que cette réponse reproductive était inhibée environ 35 jours après le retour en JL. Dans l'étude de Karsch *et al.* (1986), des brebis Suffolk ovx et traitées à l'oestradiol présentaient des signes d'activité sexuelle, perceptibles par une élévation de la sécrétion de LH, environ 50 jours après le début des JC. Les concentrations les plus élevées de LH avaient été notées 70 jours après le début des JC, pour demeurer élevées jusqu'à 110 jours après le début de l'exposition à la photopériode courte. Les auteurs avaient par ailleurs noté que les concentrations de LH devenaient imperceptibles après 150 jours d'exposition à la luminosité constante de JC, ce qui suggérait l'atteinte de l'état photoréfractaire par ces animaux. Des résultats similaires furent observés dans l'étude de Malpaux *et al.* (1988b) sur des brebis Suffolk ovx et traitées à l'oestradiol. Les auteurs observèrent une forte hausse de sécrétion de LH et de FSH environ 70 à 80 jours après le début de l'exposition aux JC.

La période de latence entre le début de l'exposition aux JC et l'initiation de l'activité sexuelle pourrait également être influencée par la race et l'individu (Goodman *et al.*, 1988b; Amir et Zaralis, 1990). En ce sens, Staples *et al.* (1992) avaient noté que des brebis moins saisonnières répondaient plus rapidement et plus efficacement à un traitement de MEL que les races très saisonnières telles que certaines races anglaises (Romney, Corriedale).

Ces découvertes ont permis de savoir à quel moment des femelles soumises à des traitements photopériodiques alternatifs commençaient à cycler suite à l'exposition à une période de JC. La connaissance du moment où l'activité ovulatoire des brebis devient maximale permet ainsi de déterminer la période idéale d'introduction des béliers afin d'optimiser les résultats de fertilité.

Thimonier (1989) avait observé qu'il était difficile de contrôler l'activité ovulatoire de femelles exposées à des cycles photopériodiques courts alternant les périodes de JL et de JC en continu à de courts intervalles de 1, 2 ou 3 mois. Dans cette étude, les auteurs avaient noté que ces

traitements lumineux causaient une augmentation significative de la durée de l'activité ovulatoire chez toutes les brebis traitées comparativement aux brebis sous lumière naturelle. Cependant, les auteurs avaient observé la présence de périodes d'anœstrus chez les femelles exposées aux cycles courts (Thimonier, 1989, cité par Chemineau *et al.*, 1992a). O'Callaghan *et al.* (1989) observèrent que des brebis Galway exposées à des cycles alternatifs courts (1 mois de JL / 1 mois de JC) présentaient des cycles ovulatoires anormaux et séparés par de longues périodes d'inactivité sexuelle. De plus, les périodes d'activité sexuelle étaient fortement asynchronisées entre les femelles traitées, ce qui laissait supposer la reprise d'un cycle endogène chez ces dernières. Ces études démontrent que les cycles photopériodiques de durée courte (moins de 3 mois de JL alterné aux JC), ne permettent pas de contrôler efficacement l'activité de reproduction chez les brebis.

En conditions naturelles, les animaux ont besoin de percevoir les variations graduelles de l'augmentation et de la diminution de la durée nocturne et diurne pour synchroniser leur rythme endogène (Sweeney et O'Callaghan, 1995). Cependant, en conditions artificielles, les animaux n'auraient pas besoin de percevoir ces changements graduels de photopériode. En effet, en conditions artificielles, Hart (1950) ont démontré que des changements brusques de durée lumineuse entre les périodes de JL et de JC étaient aussi efficaces que les changements graduels sur l'induction de l'activité reproductrice de femelles Suffolk. Cependant, Ducker *et al.* (1970) avaient observé que l'écart entre la période de JL et de JC devait être suffisante (plus de 3 h d'écart entre les périodes de traitement lumineux) afin de synchroniser plus efficacement le début de l'activité œstrale suite au passage en JC. Dans cette étude, les auteurs avaient noté que des brebis exposées à une période de JL de 18h15 de lumière (18h15L:5h45N¹¹) puis exposées à différentes séquences de JC, initiaient leur activité de reproduction plus rapidement lorsque l'écart entre la période de JL et de JC était plus important. En effet, l'intervalle entre le début des JC et le début de l'activité ovulatoire était significativement plus court lorsque la diminution des JL vers les JC était respectivement de 11h45 (6h30L:17h30N) comparativement à 7h45 (10h30L:13h30N) ou à 3h45 (14h30L:9h30N). Ces résultats suggéraient que plus l'écart entre les JL et les JC était grand,

¹¹ Séquence lumineuse comprenant 18 heures et 15 minutes de lumière durant le jour et 5 heures et 45 minutes de noirceur durant la nuit.

plus courte était l'initiation de l'activité oestrale. De plus, dans l'étude de Ducker *et al.* (1970) les diminutions abruptes de JL vers les JC (3h45, 7h45 et 11h45) avaient permis d'initier l'activité de reproduction au même moment que des diminutions graduelles de durée similaire. Ces résultats suggèrent que des variations abruptes de la durée lumineuse entre les périodes de JL (16 à 18 h) et de JC (8 à 10 h) peuvent être utilisées afin d'induire l'activité de reproduction chez les ovins. En pratique, l'utilisation de ce type de changement lumineux est également beaucoup plus simple d'utilisation.

2.3.5. Induction artificielle de l'activité ovulatoire par des traitements de mélatonine

Plusieurs études ont démontré que l'administration exogène de MEL, à des doses physiologiques, pouvait mimer l'effet des JC chez des animaux pinéalectomisés ou intacts (Bittman *et al.*, 1983b, 1984; Arendt *et al.*, 1986, 1988). L'administration exogène de MEL peut être réalisée par l'utilisation d'implants sous-cutanés (English *et al.*, 1986), par l'ajout de l'hormone dans l'alimentation (Chemineau *et al.*, 1992a), par l'utilisation d'éponges vaginales (Nowak et Rodway, 1985) et par l'utilisation de capsules solubles intra-ruminales (Poulton *et al.*, 1987b). L'efficacité de ces différents modes d'administration serait relativement similaire (Chemineau *et al.*, 1988). Les animaux traités à la MEL peuvent être maintenus à l'extérieur même lors des périodes de JL car ils reçoivent un message endocrinien similaire à des JC (O'Callaghan *et al.*, 1991b). Ce type de traitement est utile dans les systèmes où les animaux sont élevés au pâturage ou lorsqu'ils ne peuvent être élevés à l'intérieur de bâtiments isolés de la lumière. L'utilisation de la mélatonine est cependant proscrite au Canada.

2.4. Programmes photopériodiques réalisés chez les brebis

2.4.1. Programmes photopériodiques réalisés en contre-saison

Chez la brebis, le principal objectif d'un traitement photopériodique vise à contrôler le rythme endogène circannuel des femelles et à synchroniser l'apparition de leur comportement oestral au moment voulu. Afin d'atteindre ces objectifs, le principe général consiste à exposer les femelles à une période de JL suivie d'une période de JC ou de jours décroissants au printemps. Tel que mentionné précédemment, ce type de séquence lumineuse permet généralement de contourner l'état réfractaire à la photopériode et de stimuler l'activité ovarienne à un moment

où elle est habituellement inhibée. La plupart des essais réalisés chez les brebis ont tenté d'avancer la saison sexuelle naturelle ou d'induire une activité sexuelle intense en contre-saison.

Chemineau *et al.* (1988) avaient démontré que, suite à un traitement d'environ trois mois de JL, l'activité ovulatoire des brebis pouvait être stimulée approximativement 40 à 50 jours après l'exposition aux JC. Plusieurs auteurs ont utilisé ce type de traitement pour induire l'activité de reproduction des femelles en contre-saison. Dans plusieurs de ces études, décrites un peu plus loin, le traitement de JC a été remplacé par un traitement de MEL, mimant l'effet d'un JC chez la brebis (Stellflug et Nett, 1988; Williams et Ward, 1988; Sweeney et O'Callaghan, 1996; Donovan *et al.*, 1994). En général, le remplacement des JC par la MEL semble avoir induit l'activité ovulatoire des femelles de façon relativement similaire à un traitement «classique» utilisant la succession de JL et de JC.

Stellflug et Nett (1988) ont étudié l'effet d'un traitement de JL et de MEL (JL-MEL) ou d'un traitement de JL suivi de lumière naturelle (JL-Lum) sur l'induction de l'activité sexuelle de brebis Polypay vers la fin de la saison de reproduction (janvier-avril) et en contre-saison (avril-juin). Cette étude a été réalisée aux États-Unis, à Dubois dans l'état de l'Idaho (44° 5,1'N). L'objectif était d'évaluer si ces traitements pouvaient contourner l'état réfractaire aux JC durant le printemps et stimuler l'activité de reproduction des femelles en anœstrus *post-partum*. Afin d'induire l'activité ovulatoire vers la fin de la saison sexuelle, les brebis ont été exposées à 67 jours de JL (20L:4N) du 21 octobre au 27 décembre. Ensuite, une partie de ces femelles a été exposée à la lumière naturelle alors qu'un second groupe a reçu un traitement de MEL exogène (10 mg/tête dans l'aliment) pendant 100 jours (fin le 6 avril). Les brebis étaient sevrées après 30 jours de lactation et immédiatement placées avec des béliers (saillies en fin de saison sexuelle du 27 janvier au 9 avril). Les saillies débutaient environ 30 jours après la fin du traitement de JL. Pour ce qui concerne l'induction de l'activité sexuelle dans la période de contre-saison, des traitements relativement similaires furent utilisés. Les brebis étaient exposées aux JL (20L:4N) du 1^{er} janvier au 11 mars (69 jours de JL). Une partie des femelles recevait par la suite un traitement de MEL exogène (10 mg/tête dans l'aliment) pendant 90 jours (fin le 10 juin) et les autres femelles étaient exposées à la lumière naturelle. Les saillies

débutaient environ 35 jours après la fin du traitement de JL, soit du 18 avril au 10 juin. Pour les saillies réalisées de février à avril, les traitements de JL-MEL et de JL-Lum ont eu tendance ($P=0.06$) à donner des résultats de fertilité supérieurs au groupe témoin exposé à la lumière naturelle (54 %, 45 % et 24 %, respectivement pour les traitements de JL-MEL, JL-Lum et témoin). Pour les saillies réalisées en contre-saison, le traitement de JL-MEL a permis d'obtenir un taux de fertilité significativement supérieur aux brebis recevant uniquement la séquence de JL ou exposées à la lumière naturelle (54 %, 10 % et 6 %, respectivement). Les auteurs conclurent que l'exposition à un traitement de MEL favorisait une meilleure réponse au traitement lumineux de JL en pleine contre-saison. Dans cette étude, bien que les traitements expérimentaux ont permis d'obtenir des taux de fertilité significativement supérieurs aux brebis exposées à la lumière naturelle, ces performances de fertilité peuvent être considérées faibles.

Williams et Ward (1988) réussirent à obtenir des résultats de fertilité très intéressants lors de saillies en contre-saison (juillet) chez des femelles croisées Suffolk. Cette étude a été réalisée en Angleterre ($51^{\circ} 42'N$). Dans cette étude, des femelles étaient exposées à environ 50 jours de JL (18L:6N du 24 février au 13 avril) et étaient par la suite exposées à un traitement d'environ 90 jours de JC (9L:15N du 13 avril au 11 juillet) ou de MEL (3 mg/tête dans l'alimentation à 16h00). Les brebis étaient sevrées en juin et elles étaient aussitôt exposées à des béliers vasectomisés pour une période d'environ 35 jours, soit du 5 juin au 11 juillet. À la fin des traitements de JC ou de MEL, les brebis ont été retournées au pâturage, sous la lumière naturelle. Des béliers intacts étaient introduits dans les groupes de femelles au pâturage en juillet pour la saillie, soit dès la fin du traitement de JC (11 au 28 juillet). Les saillies débutaient environ 90 jours après le début du traitement de JC. Ces deux traitements photopériodiques permirent d'augmenter de manière significative le pourcentage de fertilité par rapport aux femelles du groupe témoin exposées à la lumière naturelle (66.7 %, 85.7 % et 0.0 %, respectivement pour les traitements JL-JC, JL-MEL et lumière naturelle). Bien que les performances du groupe exposé au traitement JL-MEL furent supérieures au groupe exposé au traitement JL-JC, cette différence ne fut pas significative. Les traitements ne causèrent aucun effet significatif sur la prolificité.

En 1994, Donovan *et al.* (1994) étudièrent l'effet de différents traitements lumineux combinant ou non l'utilisation de JL et de MEL. Cette recherche a été réalisée au Collège de Dublin en Irlande (53° 18'N). Quatre groupes de femelles étaient à l'étude : un groupe témoin était exposé à la lumière naturelle, un second groupe était exposé à la lumière naturelle et recevait un traitement de MEL à partir de l'agnelage (mars). Les deux autres groupes étaient exposés à un traitement de 44 jours de JL (18L:6N), débutant avant la mise bas, puis recevaient un implant de MEL après l'agnelage (44JL+MEL). Un de ces deux groupes était exposé à un bélier vasectomisé à partir du solstice d'été, soit le 21 juin (44JL+MEL+effet bélier). Le début de l'activité reproductrice était déterminé par la concentration en progestérone sérique mesurée une fois par semaine à partir du 1^{er} juin. Les brebis du groupe témoin et les femelles recevant le traitement de MEL seulement débutèrent leur saison de reproduction approximativement au même moment (21 septembre \pm 50 jours et 13 septembre \pm 77 jours, respectivement). Le traitement de JL et de MEL permis d'avancer significativement le début de l'activité ovulatoire par rapport au groupe témoin (6 septembre \pm 93 jours). La Figure 2.9 présente le schéma expérimental des différents traitements évalués. Les auteurs notèrent que le traitement de 44JL+MEL+effet bélier permis d'avancer significativement l'activité ovulatoire par rapport à tous les autres traitements évalués (29 juillet \pm 77 jours). Ainsi, ces auteurs démontrèrent que l'effet bélier pouvait améliorer la réponse ovulatoire en contre-saison suite à un traitement photopériodique combinant les JL et la MEL. On peut toutefois noter que malgré une exposition à des JL et à un traitement de MEL, le pic d'activité sexuelle des brebis du groupe 44JL+MEL+effet bélier débuta plus de 140 jours après le début du traitement de MEL. Selon ce qui était noté dans la littérature, ce type de traitement aurait dû favoriser l'initiation de l'activité sexuelle environ 50 à 70 jours après le début du traitement de MEL. Les auteurs conclurent qu'un traitement de JL suivi d'un traitement de MEL pouvait favoriser l'initiation de l'activité sexuelle en contre-saison, à condition que ce traitement de JL soit d'une durée suffisamment longue. Ainsi, les chercheurs mentionnèrent que l'exposition à une période de JL d'une durée supérieure à 44 jours aurait pu améliorer la réponse ovulatoire des brebis exposées au traitement de 44JL+MEL, de même qu'au groupe soumis au traitement 44JL+MEL+effet bélier. Ce paramètre avait par ailleurs été soulevé dans une étude réalisée par Malpaux *et al.* en 1989.

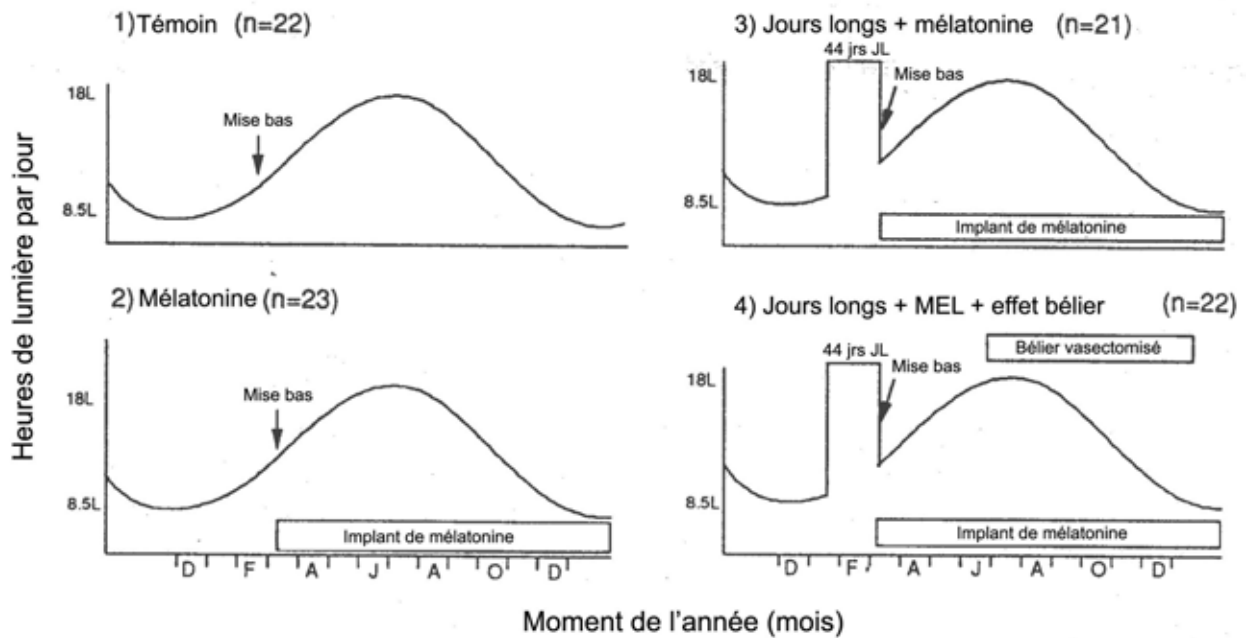


Figure 2.9. Protocole photopériodique mesurant l'effet d'un traitement de 44 jrs de JL en hiver, suivi d'un traitement de mélatonine au printemps (avec ou sans effet bélier), sur la cyclicité des brebis en contre-saison

Adaptée de Donovan *et al.* (1994)

Des résultats similaires furent obtenus dans une expérience réalisée par Sweeney et O'Callaghan (1996). Ces chercheurs étudièrent l'effet de la longueur de différents traitements photopériodiques et de l'effet bélier, sur les performances reproductives en contre-saison de femelles ayant un génotype prédominant Suffolk (une race très saisonnière sous cette latitude). Cette étude a été réalisée au Collège de Dublin, en Irlande (53° 18'N). Dans cette recherche, les JC étaient simulés à l'aide d'un traitement de MEL exogène. Quatre groupes de brebis en gestation agnelant en mars étaient à l'étude. Un groupe témoin était exposé à la photopériode naturelle. Deux autres groupes recevaient un traitement de 44 ou de 90 jours de JL (16L:8N) avant l'agnelage, suivi d'un traitement de MEL après l'agnelage. Finalement, le quatrième groupe était exposé à 90 jours de JL, à un traitement de MEL, puis un bélier vasectomisé était introduit au mois d'avril (Figure 2.10).

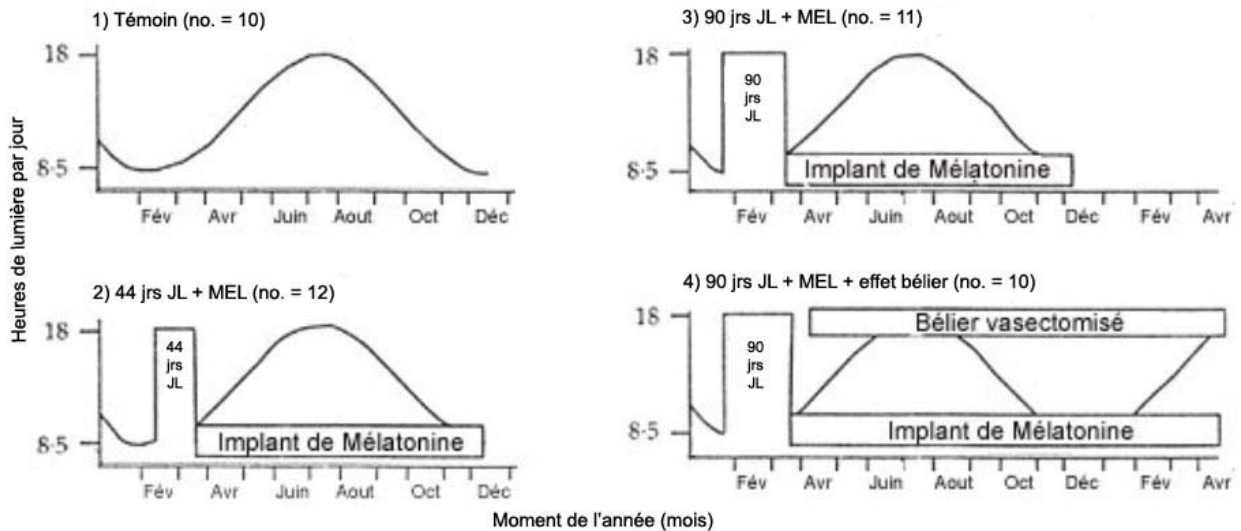


Figure 2.10. Protocole photopériodique mesurant l'effet d'un traitement de 44 ou 90 jours de JL (donné après le solstice d'hiver), suivi d'un implant de mélatonine au printemps, sur la cyclicité des femelles en contre-saison.

Adaptée de Sweeney et O'Callaghan (1996)

La progestérone était mesurée afin de déterminer la cyclicité des brebis. Le traitement qui intégrait un bélier vasectomisé permis d'avancer significativement la période de reproduction de près de 10 semaines par rapport au groupe témoin exposé seulement à la lumière naturelle (25 juillet \pm 28 jours et 8 octobre \pm 68 jours, respectivement). La durée de la saison de reproduction des brebis recevant le traitement de 90JL+MEL+effet bélier fut également plus longue que celle des brebis du groupe témoin (210 jours vs 158 jours, respectivement) et ce, sans différence dans le moment de l'arrêt de la saison de reproduction à l'automne (Figure 2.11). Aucune différence significative ne fut observée entre le traitement de 44JL+MEL et de 90JL+MEL pour le début de la période sexuelle. Dans ces deux groupes environ 40 à 50 % des femelles commencèrent à cycler au même moment que les femelles recevant le traitement de 90JL+MEL+effet bélier, soit aux environs du mois de juillet. Le reste des femelles de ces deux groupes démontrèrent un pic de cyclicité sexuelle, environ au même moment que les brebis du groupe témoin (20 août \pm 147 jours pour le traitement 44JL+MEL et 4 octobre \pm 133 jours pour le traitement 90JL+MEL). Bien que le traitement de 90JL+MEL+effet bélier permis d'avancer la période d'activité sexuelle des brebis, l'activité ovulatoire débuta tardivement par rapport au début du traitement de MEL, soit plus de 100 jours après la pose des implants. Les

auteurs ont expliqué que ce phénomène pouvait être attribuable, en grande partie, à l'état physiologique des brebis utilisées dans l'étude qui étaient en lactation.

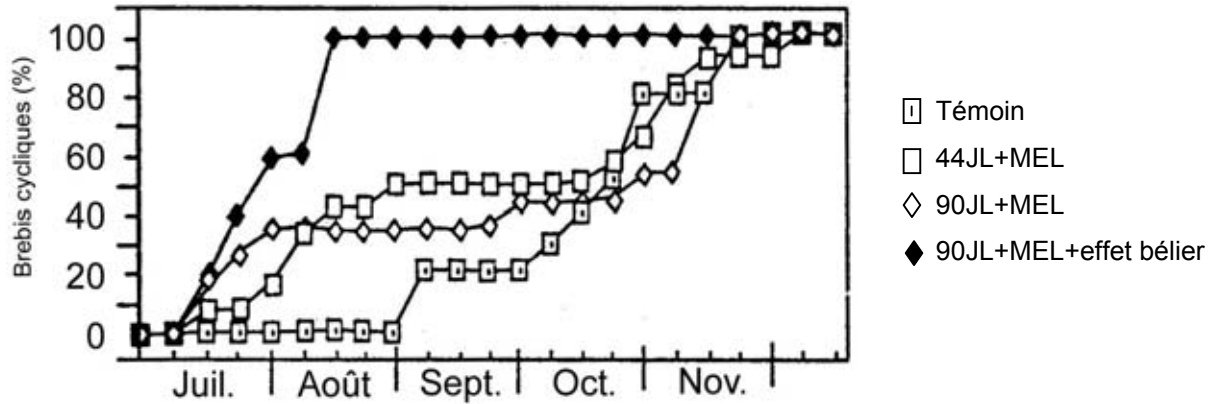


Figure 2.11. Initiation de l'activité ovulatoire chez des brebis exposées à la lumière naturelle ou à des traitements de 44JL+MEL, de 90JL+MEL ou de 90JL+MEL+effet bélier.

Adaptée de Sweeney et O'Callaghan (1996)

Sur une période de trois ans, Castonguay et Lepage (1998) étudièrent l'effet d'un traitement photopériodique visant à induire l'activité de reproduction de troupeaux constitués de bêtes de différentes races. Ce programme exposait les brebis à trois mois de JL (16L:8N) à partir du mois de novembre, puis à trois mois de JC (8L:16N) de février à avril. Les béliers étaient introduits le 1^{er} avril, soit environ 60 jours après le début des JC, pour une période de 45 jours. Les résultats de fertilité obtenus furent de 70.4 %, 86.3 % et 70.6 % pour les 3 années d'expérimentation. Les résultats ne furent cependant pas comparés à des femelles sous lumière naturelle vu l'absence d'un groupe témoin.

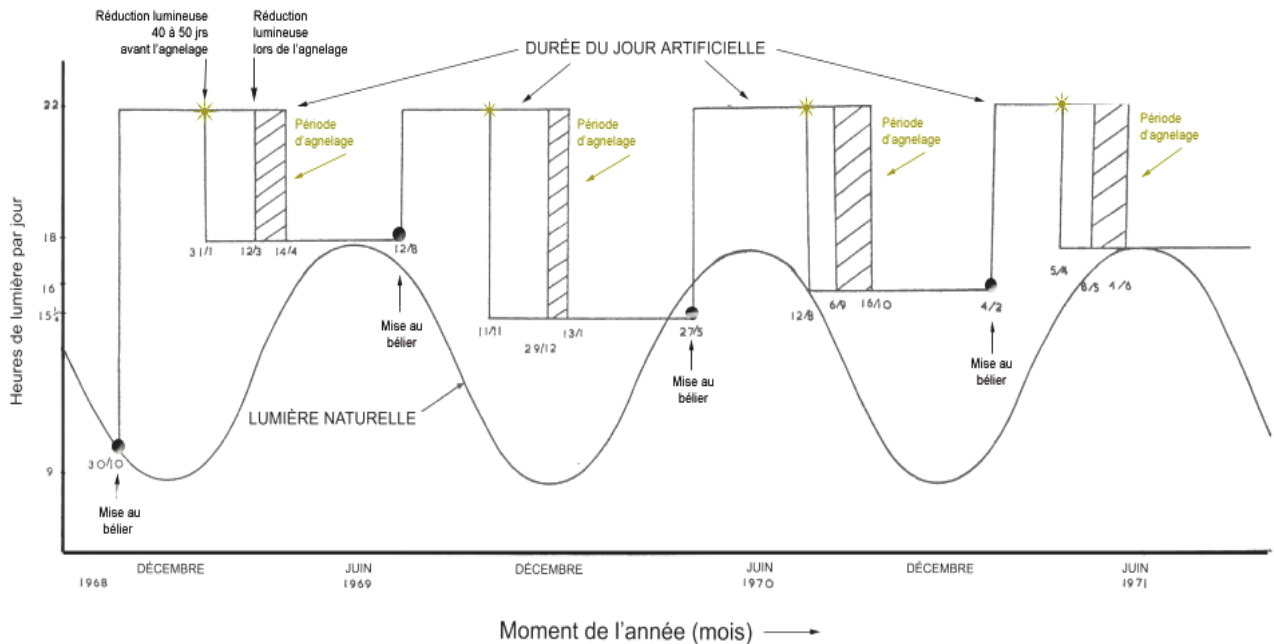
2.4.2. Programmes photopériodiques réalisés sur une base annuelle

Les programmes photopériodiques présentés dans la littérature sont souvent appliqués sur une seule période de l'année et visent la synchronisation des femelles en contre-saison. D'un point de vue pratique, ces programmes sont utiles afin d'obtenir des agnelages durant l'automne. Cependant, lorsque le but de l'élevage est d'échelonner la production d'agneaux à longueur d'année, l'ensemble des femelles de l'élevage ne peuvent être exposées à ce régime lumineux. En effet, une séquence de JL suivi de JC au printemps, synchronise le rythme de reproduction endogène de toutes les femelles exposées à ce type de traitement lumineux. Ainsi, les

producteurs souhaitant utiliser cette technique pour désaisonner une portion de leur troupeau doivent obligatoirement isoler une partie de leur femelle afin de ne pas affecter celles qu'ils ne souhaitent pas faire saillir au printemps. Les traitements photopériodiques intégrant une séquence de JL suivi de JC au printemps, permettent donc d'effectuer des accouplements à un moment bien précis en contre-saison et ce, uniquement sur les femelles ayant reçue le traitement lumineux. C'est pourquoi l'utilisation de traitements hormonaux s'avère parfois nécessaire afin d'étaler la production à plusieurs moments dans l'année. Dans la documentation, quelques auteurs ont tenté de contrôler la reproduction des femelles sur une base annuelle uniquement par l'utilisation de traitements photopériodiques. Ces traitements sont souvent constitués de cycles alternatifs continus de JL et de JC et visent une régie intensive de trois agnelages en deux ans.

Ducker et Bowman (1972) furent parmi les premiers auteurs à tenter de suivre une régie d'agnelages intensive par l'utilisation de la photopériode. Cette recherche a été réalisée à l'Université Reading à Berkshire, Angleterre (51° 27' N). Dans cette étude, qui a duré environ trois ans, des brebis Dorset à cornes et Clun Forest étaient élevées dans des bâtiments ouverts, donc sous lumière naturelle. Durant l'étude, trois périodes de saillies sous photopériode ont été étudiées (Figure 2.12). Pour synchroniser le début de l'étude, toutes les brebis ont subi un traitement de progestagènes (éponges vaginales) en novembre en lumière naturelle. Les autres périodes de saillies ont eu lieu sous traitement lumineux et ont été réalisées durant les mois de juillet, d'avril et décembre. Au moment de la saillie, la durée lumineuse était élevée abruptement à 22 h de lumière par jour. Cette séquence de JL était maintenue jusqu'à la mise bas dans un premier groupe (environ 145 jours d'exposition aux JL) et elle était interrompue environ 40 à 50 jours avant l'agnelage dans un second groupe (environ 100 jours d'exposition aux JL). Lors de l'arrêt du traitement de JL, les animaux étaient exposés à la lumière naturelle pour une période minimale de 100 jours. Ainsi, dans cette étude, la lumière naturelle agissait à titre d'un traitement de JC (JC-naturels). Durant le projet, le passage des JL (22L:2N) à la lumière naturelle survint à 4 moments, soit lorsque la durée du jour était de 18h30, de 15h15, de 16h00 et de 18h30. Des béliers vasectomisés étaient introduits avec les brebis environ 15 jours après l'agnelage, le sevrage avait lieu après environ six semaines de lactation et des béliers étaient introduits dans les groupes pour la saillie tout de suite après le sevrage. Les

béliers étaient exposés à la lumière naturelle et ne recevaient aucun traitement lumineux. Au moment de la saillie, les brebis étaient à nouveau exposées à 22 h de lumière. Sur une période d'environ trois ans d'expérimentation, l'utilisation de ce programme photopériodique a permis d'obtenir des agnelages à un intervalle moyen d'environ 7 ½ mois.



Adaptée de Ducker et Bowman (1972)

Les auteurs n'observèrent aucune différence significative de fertilité entre les races et les traitements lumineux. De plus, les auteurs n'observèrent pas de différence significative entre les différents moments de saillie durant l'expérimentation. Le tableau suivant présente les taux de fertilité obtenus durant l'étude, exprimé en pourcentage de brebis mettant bas suite au traitement ainsi que le nombre d'agneaux nés par brebis agnelée.

Tableau 2.1. Taux de fertilité à l'agnelage et nombre d'agneaux nés/brebis agnelée pour des femelles de race Clun Forest et Dorset exposées au protocole expérimental de photopériode de Ducker et Bowman (1972).

Traitement	Race	1e période de saillies *		2e période de saillies		3e période de saillies		4e période de saillies	
		% fertilité	Nb nés	% fertilité	Nb nés	% fertilité	Nb nés	% fertilité	Nb nés
Réduction lumineuse 40 à 50 jours avant l'agnelage	Clun Forest	82	1,6	88	1,3	63	1,1	71	1,2
	Dorset	81	1,8	87	1,4	86	1,3	83	1,4
Réduction lumineuse lors de la mise bas	Clun Forest	75	1,7	82	1,2	73	1,1	91	1,0
	Dorset	92	1,5	100	1,5	73	1,3	89	1,4

* Période de saillie synchronisée par un traitement hormonal

Adapté de Ducker et Bowman (1972)

Les auteurs notèrent cependant une légère baisse de fertilité au troisième cycle de mise bas. De plus, une tendance à la baisse du nombre d'agneaux nés par brebis était observable pour chaque cycle successif d'agnelage. Cette baisse du taux de prolificité fut en partie expliquée par l'âge des femelles qui était assez élevé à la fin de l'expérience (8 à 9 ans). La durée lumineuse des JC, qui était relativement élevé lors du passage des JL aux JC-naturel, a également été soulevé comme un facteur potentiel pouvant avoir affecté négativement le taux d'ovulation des femelles. Les chercheurs proposèrent également que des brebis synchronisées avec des traitements lumineux présentaient des taux de conception inférieurs à ceux généralement observés chez des femelles accouplées durant la saison naturelle de reproduction. Cette observation avait par ailleurs été soulevée par Yeates en 1949. Finalement, les auteurs ont conclu que ce type de protocole permettait de contrôler l'activité de reproduction des femelles et qu'une réduction de la durée du jour, même durant la gestation, pouvait stimuler l'activité de reproduction chez des brebis en phase *post-partum*.

Par la suite, Vesely et Bowden (1980) ont étudié l'effet d'un traitement lumineux alternatif donné à des brebis de race Rambouillet et Suffolk. Cette étude a été réalisée au Centre de recherche d'Agriculture Canada à Lethbridge (Alberta), au Canada (49° 43'N). Dans cette étude, la régie d'agnelage était intensive (cycles de production courts de 212 jours entre les mises à l'accouplement) et le programme photopériodique était donné en continu afin d'induire

l'activité de reproduction à tous les sept mois et ce, sur six cycles de reproduction successifs (Figure 2.13). Le traitement photopériodique était constitué d'une séquence alternative de 106 jours de JL (16L:8N) et de 106 jours de JC (8L:16N). Les performances reproductives des femelles soumises à ce traitement lumineux étaient comparées à celles d'un groupe de femelles exposées à la lumière naturelle. Les béliers étaient introduits au même moment dans les deux groupes pour une période de 32 jours. Dans le traitement lumineux, les mâles étaient introduits 65 jours après le début des JC et ce, pour une période de 32 jours. Les périodes de saillies ont eu lieu en novembre, en juin, en janvier, en juillet, en mars et en octobre. Les agnelages pouvaient débuter deux jours avant la fin des JL et se déroulaient durant la période de JC. Les agneaux étaient sevrés hâtivement, soit à l'âge moyen de 30 jours (variation de 15 à 47 jours). Les accouplements avaient lieu à intervalle de 212 jours.

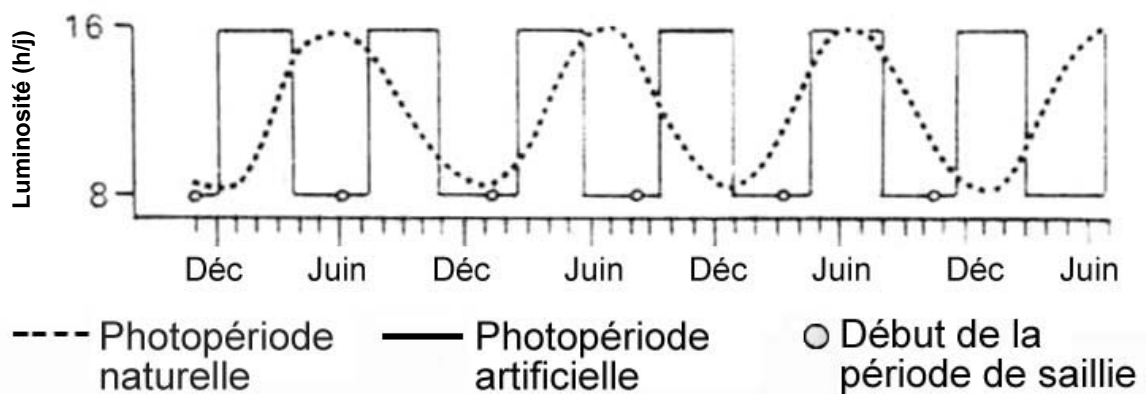


Figure 2.13. Protocole photopériodique continu alternant des séquences de 106 jours de JL (16L :8N) et de 106 jours de JC (8L :16N).

Adaptée de Vesely et Bowden (1980)

Aucune différence significative ne fut observée pour le taux de fertilité moyen global entre les femelles du groupe témoin et les femelles exposées au traitement lumineux (65 % vs 76 %). Cependant, le taux de fertilité du groupe témoin fut significativement inférieur aux femelles traitées lors des saillies de juin. Le traitement lumineux alternatif a permis d'améliorer la prolificité de façon significative par rapport au groupe témoin. Pour le traitement photopériodique, les résultats de fertilité ont été sensiblement égaux entre les différents cycles de reproduction. Une tendance à la baisse du taux de conception fut cependant notée. Bien que

ces taux décroissants aient été expliqués par la reprise du rythme endogène, les faibles intervalles *post-partum*¹² des brebis auraient également pu nuire aux résultats de fertilité (intervalle *post-partum* variant de 43 à 98 jours). Les chercheurs avaient également noté que la condition de chair de certaines brebis était faible. Un cycle reproductif de 212 jours pourrait donc être trop court pour respecter la physiologie des femelles. Dans l'étude réalisée par Vesely et Bowden (1980), les béliers étaient exposés à la lumière naturelle et ne recevaient aucun traitement lumineux. Les auteurs mentionnèrent finalement que la préparation photopériodique des mâles aurait pu avoir une influence non négligeable sur les résultats de fertilité.

Hackett et Wolynetz (1982) ont appliqué un traitement photopériodique qui alternait les JL (18L:6N) aux JC (10L:14N) à tous les quatre mois. Cette étude s'est déroulée au Centre de recherche sur les animaux à Ottawa (45° 22'N) et fut réalisée avec des brebis de races Arcott Rideau, Arcott Outaouais et Arcott Canadien¹³. Les femelles exposées à ce traitement lumineux étaient comparées à un groupe témoin qui était exposé à une photopériode constante de JC (10L:14N). Cette expérience visait à produire 3 agnelages en 2 ans. Pour le groupe qui était sous traitement lumineux alternatif, les changements photopériodiques étaient effectués le 1^{er} mai, le 1^{er} septembre et le 1^{er} janvier. En théorie, ce programme lumineux devait permettre d'induire la cyclicité des femelles 40 jours après la mise bas. Cependant, aucune femelle ne fut accouplée durant ce court intervalle *post-partum*. Les saillies avaient lieu à la mi-janvier, au début du mois de mai et au début du mois de septembre, soit durant la période de JL. Les saillies débutaient environ 10 à 15 jours après le début de la période de JL. La période d'accouplement était d'une durée de 23 jours, ce qui ne permettait de couvrir qu'une seule chaleur chez les brebis. Les béliers utilisés étaient exposés aux mêmes traitements que les brebis. Un groupe de mâles était donc sous la photopériode alternative et un second groupe était sous lumière constante. Les agnelages avaient lieu durant la période de JC (Figure 2.14).

¹² Période comprise entre le dernier agnelage et la saillie fécondante.

¹³ À ce moment les races Arcott étaient encore en voie de constitution et elles n'étaient pas encore identifiées comme telles dans les articles scientifiques.

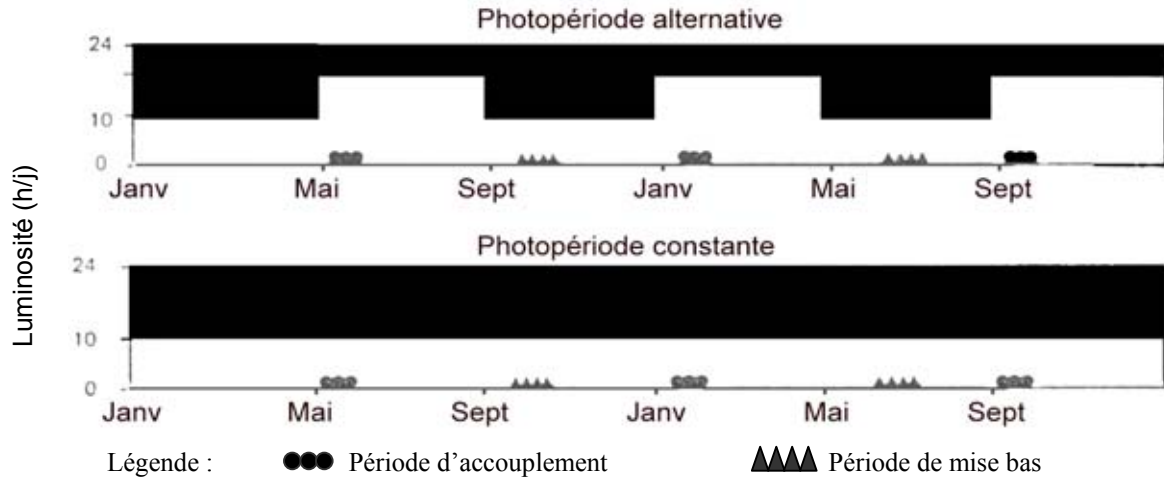


Figure 2.14. Protocole photopériodique continu alternant des périodes de 4 mois de JL (18L :6N) et de 4 mois de JC (10L :14N).

Adaptée de Hackett et Wolynetz (1982)

Au total, le programme lumineux alternatif a permis d'obtenir des résultats de fertilité et de fécondité ¹⁴ supérieurs au groupe témoin exposé à une photopériode constante. En effet, la fertilité totale du groupe exposé à la photopériode alternative fut de 71 %, comparativement à 50 % chez les femelles du groupe témoin. La fécondité moyenne fut de 129 agneaux nés par 100 brebis exposées au bélier vs 95 agneaux nés pour les groupes sous photopériode alternative et constante, respectivement. La fertilité fut variable selon les mois de saillie. En effet, aucune différence significative entre les deux traitements ne fut observable pour les saillies de janvier et de mai. Cependant, la fertilité fut significativement supérieure en septembre pour le groupe sous photopériode alternative (60 % vs 12 % pour la photopériode alternative et constante, respectivement). Il est à noter que les taux de fertilité observés pour ces deux groupes étaient relativement faibles pour des saillies réalisées en saison sexuelle (septembre). Cette baisse pouvait être attribuable à la reprise du cycle de reproduction endogène des animaux et à certaines races utilisées durant l'expérimentation. En effet, les Arcott Canadien étaient significativement moins prolifiques et tendaient à répondre moins efficacement aux traitements lumineux. Dans cette lignée paternelle, aucune différence de fertilité ne fut notée entre les deux protocoles lumineux (56 % de fertilité dans les deux

¹⁴ Fertilité : nombre de brebis agnelées / nombre de brebis exposées au bélier
 Fécondité : nombre d'agneaux nés / 100 brebis exposées au bélier

régimes lumineux), tandis que pour les deux lignées maternelles, la fertilité tendait à être supérieure sous le traitement alternatif. La prolificité ne fut pas améliorée par les traitements lumineux.

Hackett et Wolynetz réalisèrent une étude similaire en 1985. Cette recherche fut encore réalisée à Ottawa mais avec des brebis de race Finnois et de race Suffolk. Les protocoles photopériodiques étudiés étaient sensiblement les mêmes que ceux de l'étude précédente. Ainsi, les femelles étaient exposées à des séquences alternatives de quatre mois de JL et de quatre mois de JC. Cependant, dans cette étude, la période d'accouplement (durée de 23 jours) débutait dès le début du traitement de JC (10L:14N) et les agnelages survenaient durant la période de JL (18L:6N). Les changements lumineux avaient lieu le 1^{er} janvier, le 1^{er} mai et le 1^{er} juin. Le traitement lumineux alternatif permis d'obtenir des résultats de fertilité totaux significativement supérieurs au groupe exposé à la photopériode constante, soit de 66 % comparativement à 46 % pour le groupe sous traitement lumineux constant. Ces traitements lumineux ne présentèrent aucune différence significative pour les taux de prolificité. Les résultats de fertilité des brebis sous photopériode alternative furent plus élevés pour les mois de mai et de septembre seulement. En effet, pour la photopériode alternative, ils notèrent des taux de fertilité de 65 % en janvier, de 83 % en mai et de 49 % en septembre. Pour le groupe sous photopériode constante on observa des taux de 68 %, de 57 % et de 14 % pour les mois de janvier, mai et septembre, respectivement. Mis à part le taux de 83 % observé en mai pour le groupe sous photopériode alternative, il est à noter que les taux de fertilité observés pour ces deux groupes sont relativement faibles. De plus, les auteurs observèrent une importante baisse de fertilité en septembre et ce, pour les deux groupes étudiés (49 % et 14 %). Cette baisse fut expliquée par la reprise possible d'un rythme endogène, par la baisse de libido des mâles ou de la qualité des gamètes de ces derniers. Les chercheurs avaient par ailleurs noté que certaines brebis n'avaient pas bien récupéré de leur dernière gestation, principalement les brebis Suffolk. Ceci aurait également pu affecter les faibles performances obtenues. La baisse de fertilité observée aurait également pu être expliquée par le moment de l'introduction des mâles suite au passage des femelles en JC. En effet, au moment où s'est déroulée l'étude, l'intervalle entre l'exposition aux JC et le début du comportement oestral n'avait pas encore été déterminé par les chercheurs. Ce n'est que quelques années plus tard que des chercheurs découvrirent qu'une

exposition de 40 à 50 jours de JC était requise avant d'observer une activité sexuelle intense chez les brebis (Chemineau *et al.*, 1988). Cette lacune du protocole a pu entraîner les femelles à reprendre leur propre rythme de reproduction endogène, ce qui pourrait donc expliquer, en partie, la baisse progressive du taux de fertilité durant l'étude.

Une étude réalisée par Vesely et Swierstra (1985) visait à établir un programme photopériodique permettant de suivre un régime de production accéléré de trois agnelages en deux ans et ce, sans intégrer l'utilisation d'hormones exogènes. Cette étude a été réalisée au Centre de recherche d'Agriculture Canada à Lethbridge (Alberta), au Canada (49° 43'N). Les agnelages devaient avoir lieu à tous les 240 jours et se déroulaient à la fin des JC et au début des JL. Trois cycles lumineux furent sous expérimentation sur une période de près de 5 ans. Les animaux utilisés étaient de races Dorset et Finnois. Un groupe témoin, non intensif, était exposé à la photopériode naturelle et mis au bélier une fois par année à l'automne, du 15 octobre au 15 novembre, soit durant la saison naturelle de reproduction (témoin I). Un second groupe était exposé à la photopériode naturelle, mais cette fois-ci le bélier était introduit dans le groupe trois fois durant l'année (saillies naturelles), soit le 1^{er} janvier, le 1^{er} septembre et le 1^{er} mai, pour une période de 32 jours (témoin II). Le dernier groupe était exposé à une photopériode alternative de quatre mois de JL (16L:8N) et de quatre mois de JC (8L:16N) et ce, pour toute la durée de l'expérimentation. Les changements lumineux étaient réalisés le 1^{er} janvier, le 1^{er} septembre et le 1^{er} mai. Les accouplements débutaient après 87 jours d'exposition aux JC et ils se déroulaient au même moment que les femelles du groupe témoin II (Figure 2.15). Le programme lumineux alternatif permit d'améliorer, de façon significative, le taux de fertilité en contre-saison par rapport au groupe témoin II et d'obtenir un plus grand nombre de kilogrammes d'agneaux produits par brebis par année, comparativement aux deux autres groupes (243 kg, 241 kg et 266 kg, respectivement pour le groupe témoin I, le groupe témoin II et le groupe exposé à la photopériode). Globalement, les performances de fertilité furent de 92 % pour le groupe témoin I (une saillie par an à l'automne), de 66 % pour le groupe Témoin II et de 83 % pour le groupe sous contrôle lumineux. En contre-saison (saillies en mai), les taux de fertilité furent de 88 % pour le groupe sous photopériode alternative comparativement à 16 % pour le groupe témoin II exposé à la lumière naturelle. Une baisse de

fertilité significative fut observée pour un cycle de reproduction chez les brebis exposées à la photopériode alternative comparativement aux femelles sous lumière naturelle.

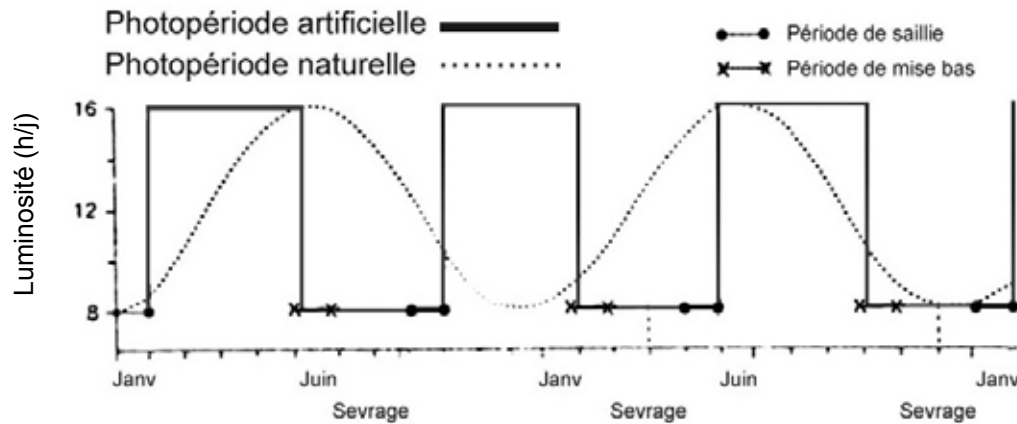


Figure 2.15. Protocole photopériodique continu alternant des périodes de 4 mois de JL (16L :8N) et de 4 mois de JC (8L :16N).

Adaptée de Vesely et Swierstra (1985)

En effet, lors du second cycle d'accouplement (septembre), les brebis exposées à la photopériode présentèrent des performances de fertilité de 66 % et de 77 %, respectivement pour les brebis croisées Dorset et Finnois. Lors de ce même accouplement, les performances du groupe témoin II étaient de 100 % et de 84 % (respectivement pour les croisées Dorset et les Finnois). En comparant le groupe sous photopériode alternative au groupe témoin I, qui ne se reproduisait qu'une seule fois durant l'année, les chercheurs notèrent que les niveaux de fertilité du groupe sous traitement photopériodique étaient toujours inférieurs au groupe témoin I. Ces différences n'étaient cependant pas significatives. Habituellement, par l'utilisation de la technique de la photopériode, il est visé d'obtenir des taux de fertilité équivalents à ceux observés lors de la saison naturelle de reproduction. Bien que le traitement lumineux alternatif favorisait un intervalle *post-partum* d'un minimum de 60 jours, les chercheurs observèrent des résultats de fertilité variables durant les trois premiers cycles de reproduction chez les brebis qui étaient exposées à la photopériode alternative. Ces résultats variables furent en partie expliqués par la baisse de condition de chair des femelles de ce groupe. Plusieurs ajustements durent être effectués durant l'expérimentation afin d'améliorer la condition de chair et le poids de ces femelles. Il est à noter que cette baisse de condition de chair ne fut pas observée dans le groupe exposé à la photopériode naturelle et même chez les

femelles du groupe témoin II qui suivaient également un rythme de reproduction accéléré. Les protocoles étudiés ne présentèrent aucune différence significative pour les taux de prolificité. Pour terminer, les auteurs mentionnèrent qu'il s'avérait nécessaire de revoir ce type de protocoles afin d'améliorer les résultats de fertilité, de respecter le statut physiologique des femelles et surtout, d'optimiser la production d'agneaux. En effet, les auteurs avaient observé que le poids des agneaux issus des brebis qui suivaient le programme de reproduction accéléré était faible. Il est à noter que les agneaux des femelles exposées au traitement lumineux alternatif étaient sevrés à un minimum de 30 jours. En pratique, ce sevrage est considéré comme précoce. En effet, généralement, il est recommandé de sevrer les agneaux vers l'âge de 50 à 60 jours. Finalement, les chercheurs avaient cité Slyter *et al.* (1983) qui mentionnaient qu'il était indispensable d'évaluer ce type de protocoles sur plusieurs cycles de reproduction, puisqu'à court terme, le traitement lumineux pouvait donner des résultats erronés. Ces auteurs avaient même mentionnés que ce type de programme devait être évalué sur plus de six cycles successifs afin d'être représentatif.

Depuis 1985, peu d'études significatives ont porté sur l'utilisation de programme lumineux visant à induire l'activité de reproduction à différents moments dans l'année chez les brebis. La majorité des travaux a porté principalement sur l'approfondissement des connaissances permettant de comprendre les mécanismes endogènes expliquant l'effet de la photopériode sur la reproduction.

2.5. Programmes photopériodiques réalisés chez les béliers

2.5.1. Objectifs des traitements lumineux chez le bélier

Tout comme les brebis, les béliers sont très influencés par les variations annuelles de la durée du jour. Bien que les JC favorisent l'activité de reproduction, les mâles ne peuvent être exposés à une photopériode constante de JC pour stimuler leur fonction sexuelle. En effet, il a été observé que des béliers, sous photopériode constante durant plusieurs années, démontraient des variations du poids testiculaire à toutes les 35 à 40 semaines, ce qui s'expliquait par le développement d'un état photoréfractaire et la reprise d'un cycle endogène (Howles *et al.*, 1982; Almeida et Lincoln, 1984). Ainsi, tout comme les brebis, les béliers présentent un rythme endogène de reproduction guidé par la photopériode. L'historique photopériodique et

l'alternance entre les périodes de JC et de JL, sont donc des composantes essentielles au contrôle de la reproduction chez les béliers. Dans ce cas, l'utilisation de programmes lumineux vise non seulement l'induction d'une activité sexuelle intense en contre-saison, mais également l'abolition des variations saisonnières de la qualité de la semence, de la circonférence scrotale et de la libido. Comme chez les brebis, le principe général permettant d'atteindre ces objectifs consiste à exposer les mâles à une alternance entre les périodes de JC et de JL.

2.5.2. Contrôle de l'activité sexuelle des béliers par la photopériode

Chez les mâles, une séquence de JL durant l'hiver suivi d'une exposition à des JC ou à un traitement de MEL (mimant des JC) au printemps, permet d'améliorer les performances reproductives chez ces derniers en contre-saison. Une étude réalisée en Angleterre (51° 43'N) par Hanif et Williams (1991) a démontré qu'il était possible d'avancer significativement l'activité sexuelle, d'augmenter la libido, l'agressivité sexuelle et l'incidence de « flehmen¹⁵ » chez des béliers Suffolk traités par la photopériode en contre-saison. Dans cette recherche, trois groupes de cinq béliers étaient à l'étude. Un premier groupe était exposé à la luminosité naturelle (Groupe A) et deux autres groupes recevaient un traitement de JL (16L:8N) donné du 26 janvier au 9 mars (42 jours de JL). À la fin du traitement de JL, un groupe était exposé à des JC (Groupe B - 9L:15N) et l'autre à un traitement de MEL (Groupe C). Les traitements de JC et de MEL étaient faits sur une période de plus de sept mois, soit du 9 mars au 16 octobre (221 jours). Les traitements photopériodiques ont permis d'augmenter de manière significative, la circonférence scrotale et la qualité de la semence comparativement aux béliers exposés à la lumière naturelle en contre-saison. La courbe de croissance testiculaire du groupe sous luminosité naturelle présente un patron normal de variation saisonnière (Figure 2.16). Chez les béliers des groupes recevant les traitements lumineux, il est possible d'observer une augmentation progressive de la croissance testiculaire au printemps, l'atteinte d'un plateau aux environs du mois de juin, puis une chute de la taille scrotale à partir du mois de juillet. Dans l'étude, les auteurs mentionnent que cette chute pouvait être attribuable à l'apparition de l'état photoréfractaire suite à une exposition prolongée aux JC (Robinson et Karsch, 1984).

¹⁵ Comportement sexuel du bélier observable par un relèvement de la lèvre supérieure. Lors de ce comportement sexuel, le bélier renifle la vulve et l'urine de la brebis, lève la tête et effectue le « flehmen » afin de détecter la présence de phéromones sexuelles.

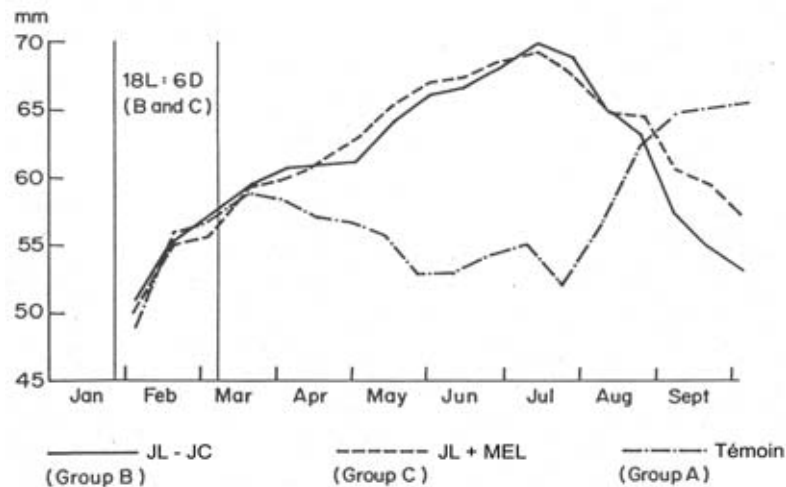


Figure 2.16 Évolution de la circonférence testiculaire chez des béliers soumis à différents traitements lumineux ou exposés à la lumière naturelle

Adaptée de Hanif et Williams (1991)

Une étude réalisée par Colas *et al.* (1987) a permis de démontrer qu'un traitement de 11 semaines de JL débutant après le solstice d'hiver (28 décembre au 10 mars), suivi d'un traitement de JC de 14 semaines se terminant en mai (11 mars au 31 mai) permet d'avancer la puberté de jeunes béliers nés en novembre. Cette étude a été réalisée en France sur de jeunes béliers Île-de-France. Un groupe de béliers était exposé à la lumière naturelle (Groupe A) et l'autre recevait un traitement lumineux (Groupe B). Le traitement de JL faisait intervenir l'utilisation du « flash lumineux ». Le flash lumineux consiste à exposer les animaux à une durée d'éclairement d'environ 8 h de lumière par jour répartie en deux moments dans la journée. Ainsi, commençant le matin, les animaux sont exposés à une première période de 7 h de lumière, puis la dernière heure est donnée 16 h après le début de la première période d'éclairement (7L:9N:1L:7N). Ce type de séquence lumineuse permet de mimer un traitement de JL de 16 h de lumière (Ortavant, 1977). La période de JC consistait à réduire progressivement la période d'éclairement de 16 h à 8 h de lumière par jour. À la fin du traitement de JC, le volume testiculaire ainsi que la circonférence scrotale était significativement supérieurs chez les mâles exposés au traitement photopériodique par rapport aux jeunes béliers exposés à la lumière naturelle (Figure 2.17). Sur cette figure, il est possible d'observer que, suite au retour sous la lumière naturelle, les béliers du groupe traité (Groupe

B) ont présenté une régression testiculaire. En effet, au mois de septembre, les béliers exposés au traitement lumineux présentaient une plus faible circonférence scrotale et un poids testiculaire inférieur aux béliers exposés à la lumière naturelle. Les auteurs mentionnent que ceci pouvait être attribuable à un effet résiduel du traitement lumineux et au développement d'un état réfractaire au traitement précédent de JC. Néanmoins, la croissance testiculaire de ces béliers revenait à la normale dès le retour de l'automne (lumière naturelle décroissante) et dépassait même celle des béliers du groupe témoin (figure 2.17).

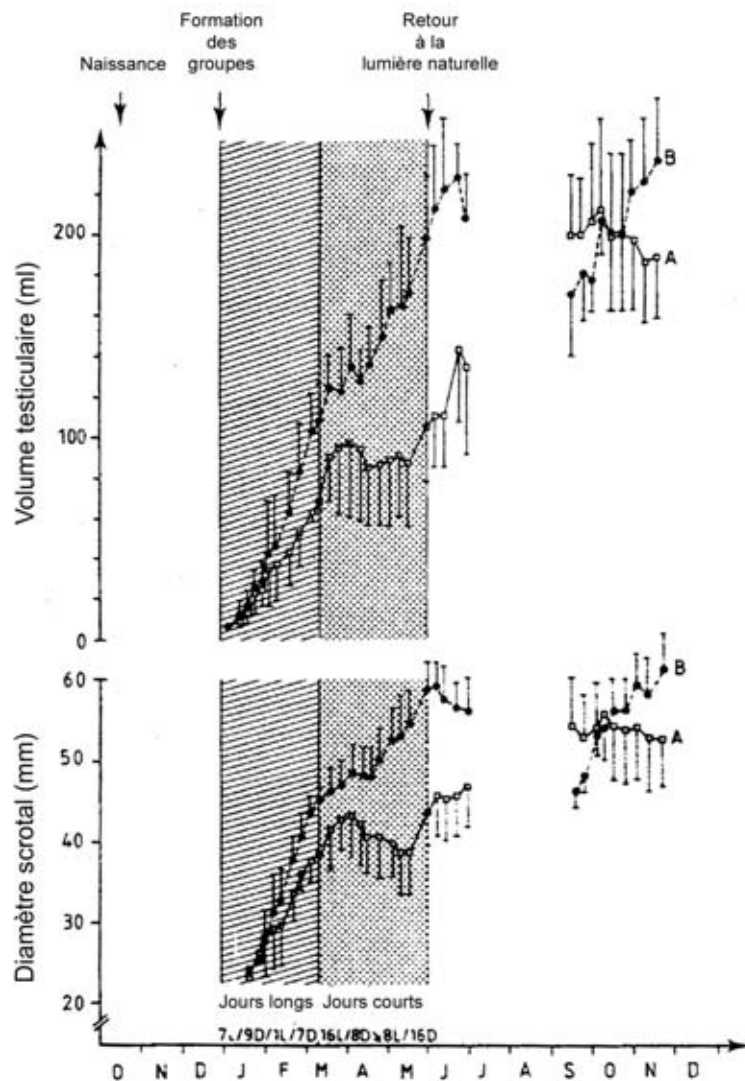


Figure 2.17. Évolution du volume testiculaire et du diamètre scrotal chez des béliers exposés à la lumière naturelle ou à un traitement lumineux alternant les JL et les JC en contre-saison.

Adaptée de Colas *et al.* (1987)

En plus d'améliorer la capacité de reproduction des béliers, les traitements photopériodiques peuvent également contribuer à améliorer les performances de fertilité des femelles. Colas *et al.* (1985) ont démontré que les mâles avaient une part de responsabilité importante sur l'obtention de bons résultats de fertilité chez les femelles. Dans cette étude, les brebis synchronisées par un traitement hormonal étaient inséminées entre les mois de janvier et d'octobre avec de la semence de béliers exposés à des traitements lumineux. Deux groupes de béliers étaient exposés à des séquences de lumière croissante et décroissante. Tous les béliers étaient préalablement exposés à la lumière naturelle puis un premier groupe était exposé à 26 semaines de jours croissants et 26 semaines de jours décroissants. L'autre groupe avait un traitement similaire mais donné à l'inverse. Les béliers étaient exposés à ce traitement à partir d'octobre. Dans cette étude, les auteurs ont noté que les jours décroissants avaient un effet positif sur la production spermatique hebdomadaire (figure 2.18).

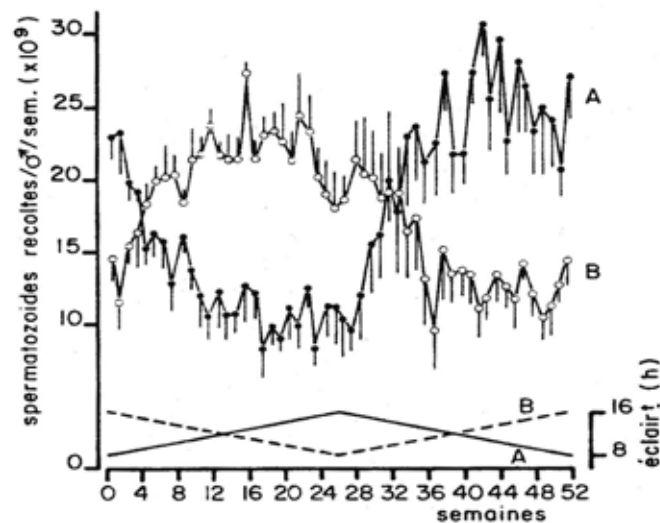


Figure 2.18. Effet de la durée d'éclairage sur la production spermatique hebdomadaire chez les béliers adultes de race Île de France.

Tirée de Colas *et al.* (1985)

Les auteurs ont noté que la fertilité des femelles inséminées avec de la semence de mâles récoltés en jours décroissants était supérieure à celle des brebis inséminées avec de la semence récoltée en jours croissants (65,7 % vs 56,7 %). Le pourcentage d'agnelage des inséminations du printemps (janvier à juin) était également supérieur chez les femelles inséminées avec la semence de béliers récoltés en jours décroissants (65,2 % vs 56,7 %). Ces résultats suggèrent que la préparation des béliers permet d'améliorer les performances de fertilité des brebis en

contre-saison, sans toutefois avoir d'effet sur la prolificité. La meilleure capacité de fécondation des spermatozoïdes expliqueraient principalement cette différence.

D'autres auteurs ont également démontré que des saillies naturelles réalisées avec des mâles traités par un régime lumineux alternant une période de JL à une période de JC au printemps (MEL) pouvait améliorer la fertilité des femelles en contre-saison. En effet, Fitzgerald et Stellflug (1991) avaient noté que ce type de traitement pouvait influencer la prolificité, la fertilité et la mortalité embryonnaire en saillies naturelles. Dans cette étude, aucune différence de fertilité n'avait été observée en saison sexuelle entre des femelles saillies avec des mâles préparés avec un traitement de photopériode ou avec des béliers exposés à la lumière naturelle. Cependant, la préparation des mâles avait causé une augmentation significative de la fertilité en contre-saison (86 % vs 59 %). Des résultats similaires furent observés par Schanbacher (1979) où l'exposition des mâles à des JC au printemps avait causé une augmentation significative de la fertilité des femelles saillies en mai (67.2 % vs 32.0 %). Les mâles pourraient ainsi être responsables d'une partie de la baisse de fertilité observée en contre saison (Colas *et al.*, 1984). Dans ces études, les performances de fertilité des brebis étaient supérieures à celles notées dans l'étude de Colas *et al.* (1985) où les femelles étaient inséminées artificiellement. Colas *et al.* (1985) avaient mentionné que les saillies naturelles faisaient intervenir plusieurs facteurs dont la libido des béliers et un nombre supérieur de spermatozoïdes par femelle lors des saillies naturelles. Ces facteurs pouvaient agir favorablement à l'obtention de meilleurs résultats de fertilité.

Cependant, bien que ces types de programmes lumineux favorisent l'amélioration des performances reproductrices en contre-saison, l'arrêt de ce type de traitements peut causer d'importantes baisses de l'activité sexuelle. En effet, à la fin d'une séquence de JL suivi de JC au printemps et du retour des mâles à la lumière naturelle en été, Colas *et al.* (1987) avaient observé une baisse rapide du volume scrotal en automne, comparativement aux mâles toujours gardés sous lumière naturelle et qui débutaient alors leur activité de reproduction saisonnière. Cette observation pouvait résulter d'un effet résiduel du traitement photopériodique JL-JC suite au retour sous la lumière naturelle.

2.5.3. Programmes photopériodiques de séquences courtes

De nombreuses études ont démontré qu'une alternance rapide et continue entre les périodes de JC et de JL permettait d'abolir les variations saisonnières de l'activité sexuelle chez le bélier. C'est le cas notamment de Pelletier et Almeida (1987) qui ont démontré que des cycles alternatifs courts d'un mois de JL et d'un mois de JC permettaient d'induire une activité de reproduction persistante chez des béliers Île-de-France. En effet, chez ces mâles, l'exposition à ce type de régime photopériodique sur une période de deux ans, a permis de maintenir le poids testiculaire à des niveaux très élevés durant toute la durée de l'expérimentation. De plus, ce programme lumineux continu permit de maintenir le volume de semence, la concentration en spermatozoïdes et le nombre de spermatozoïdes normaux et motiles à des niveaux aussi élevés que ceux normalement observés chez des béliers exposés à la lumière naturelle en saison sexuelle naturelle. Les mêmes auteurs démontrèrent que des résultats identiques pouvaient être obtenus en remplaçant les JL par des jours croissants et en remplaçant les JC par des jours décroissants. Des résultats similaires furent obtenus par d'autres auteurs, où l'utilisation de ce traitement lumineux alternatif permit de maintenir la taille scrotale pendant 14 mois chez les béliers Île-de-France (Almeida et Pelletier, 1988) et pendant 15 mois chez des béliers Suffolk (Schanbacher, 1988).

Chez les béliers, les cycles alternatifs courts (1 ou 2 mois) permettent de stimuler et de maintenir l'activité de reproduction à un niveau comparable à celui naturellement observé durant la saison de reproduction. En effet, chez des mâles exposés à des régimes lumineux alternatifs rapides (1 ou 2 mois), des auteurs ont observés que les niveaux de sécrétion et la pulsativité de LH variaient significativement avec la lumière en atteignant des valeurs plus élevées lors des JC. (Pelletier et Almeida, 1987; Almeida et Pelletier, 1988; Delgadillo et Chemineau, 1992). Cependant, ces chercheurs ont noté que les concentrations moyennes de LH et de testostérone demeuraient à de très faibles concentrations durant le traitement lumineux. Ces taux semblaient toutefois suffisants pour induire le développement testiculaire et une bonne production spermatique. Les auteurs proposèrent que chez des mâles soumis à ces traitements photopériodiques, une stimulation fréquente, mais de courte durée, des concentrations de LH par des périodes de JC favorisait une croissance testiculaire maximale. Par la suite, l'exposition aux JL inhibiteurs préviendrait la sécrétion de LH et par conséquent

une surstimulation de testostérone. En l'absence de cette surstimulation, la testostérone ne pourrait agir négativement sur l'axe hypothalamo-hypophysaire et induire une régression de la taille testiculaire. Ainsi, chez les mâles des espèces saisonnières, l'alternance rapide entre les périodes de JC et de JL empêcherait le développement d'un état réfractaire à la photopériode de s'installer chez les animaux, favorisant ainsi la persistance d'une activité de reproduction intense.

Des variations plus importantes de la qualité de la semence, du poids testiculaire et de la production spermatique ont été observées chez des béliers Île-de-France exposés à des cycles alternatifs de 3, 4 ou 6 mois (Pelletier et Almeida, 1987). Des résultats similaires ont été obtenus chez des béliers de race Arcott Rideau, Arcott Outaouais, Arcott Canadien et Finnois exposés à des cycles alternatifs de plus de trois mois de JL–JC (Langford *et al.*, 1987). Pelletier (1986) avaient d'ailleurs démontré qu'un état photoréfractaire semblait s'installer chez des béliers sous photopériode constante depuis plus de quatre mois. Ainsi, les mâles exposés à de courtes périodes de JL ou à de courts cycles photopériodiques alternatifs, présentent de meilleures performances reproductives. Les programmes photopériodiques alternant les périodes de JL aux périodes de JC à tous les mois ou à tous les deux mois, semblent donc à privilégier pour optimiser les performances sexuelles chez les mâles.

2.6. Autres facteurs affectant les performances reproductrices chez les ovins

Tous les jours, les ovins sont confrontés à leur environnement. Durant l'année, cet environnement varie et les moutons y perçoivent différents messages environnementaux, thermiques, sociaux, physiologiques et alimentaires. Ainsi, bien que la photopériode joue un rôle primaire dans la synchronisation du rythme de reproduction des ovins, plusieurs autres facteurs jouent un rôle secondaire non négligeable (Legan et Karsch 1983; Martin *et al.*, 1983; O'Callaghan *et al.*, 1994; Sweeney et O'Callaghan, 1995; Thiéry *et al.*, 2002). Les variations saisonnières de l'environnement et les variations causées par la photopériode sur le comportement alimentaire et sur la physiologie des animaux, peuvent être considérées comme des «indices» pouvant agir sur la «programmation» de l'activité de reproduction saisonnière des mâles et des femelles. Ces différents paramètres doivent être considérés lors de

l'établissement d'un plan de production en élevage ovin puisqu'ils peuvent affecter, de façon positive ou négative, les performances reproductives des ovins durant l'année.

2.6.1. La température

Outre la photopériode, la température est l'un des facteurs environnementaux qui semblent avoir beaucoup d'influence sur les performances reproductives des ovins. Par contre, ce facteur ne serait pas responsable, à lui seul, de la synchronisation de la reproduction chez les animaux saisonniers. En effet, Wodzicka-Tomaszewska *et al.* (1967) a démontré que des fluctuations artificielles de la température n'altèrent pas le patron de reproduction annuel des ovins.

Les effets des températures extrêmes sur la reproduction des animaux sont connus depuis longtemps (Sundstroem, 1927). Chez les ovins, les effets de la température semblent étroitement liés à une augmentation de la température corporelle des animaux (augmentation de la température rectale de 1 à 2°C) et à une hausse importante du taux respiratoire (augmentation de 100 à 200 respirations/minute). Plusieurs recherches ont ainsi déterminé que de telles augmentations du métabolisme basal pouvaient être considérées comme des indices de stress importants pouvant altérer les capacités reproductrices des mâles et des femelles (Yeates, 1953; Sawyer, 1983). La hausse de la température corporelle des animaux pourrait aussi dépendre, indirectement, de d'autres facteurs comme la présence de laine et la capacité d'adaptation à la chaleur de la race ou de l'individu (Dutt *et al.*, 1959; Alliston et Ulberg, 1961).

Chez les femelles, de nombreuses études ont démontré que durant le cycle reproductif, l'exposition à de hautes températures peut affecter la survie embryonnaire. En effet, Dutt (1964) avaient démontré que des femelles exposées à une température ambiante élevée avant la saillie (contrôle artificiel maintenu entre 40 et 45°C) présentaient un taux de fécondation des ovules significativement inférieur à celui de brebis exposées à des températures naturelles (6 à 20°C). Les températures élevées augmentent la présence d'ovules anormaux et d'embryons anormaux (Dutt *et al.*, 1964; Alliston et Ulberg, 1961; Alliston *et al.*, 1961). Les études ont permis de découvrir que les embryons étaient particulièrement sensibles à l'hyperthermie trois

à cinq jours après la fécondation et qu'ils devenaient plus résistants après huit jours de développement (Dutt *et al.*, 1963, 1964; Twaites, 1967; Sawyer, 1983). Finalement, ces effets néfastes sur les ovules et les embryons peuvent causer d'importantes baisses de la fécondité, principalement dues à une hausse de la mortalité embryonnaire tôt après la fécondation (Dutt *et al.*, 1963; Yeates, 1953).

L'exposition à un stress thermique durant la gestation peut également affecter le poids des agneaux à la naissance et la mortalité périnatale (Yeates, 1953; Shelton et Huston 1968; Brown *et al.*, 1977; Notter, 2002). Les effets néfastes de la température sur les fœtus seraient importants surtout dans le dernier tiers de la gestation (Sawyer *et al.*, 1983; Yeates, 1953). Shelton et Huston (1968) avaient noté que l'exposition à des températures de 32°C ou 40,5°C durant la gestation, causait une baisse de la consommation des brebis pouvant expliquer la baisse du poids des agneaux et de la survie à la naissance. Il a également été observé qu'un stress thermique pouvait réduire la durée de la gestation (Shelton et Huston, 1968).

Bien que plusieurs auteurs aient démontré que des niveaux de température et d'humidité élevés ne semblaient pas avoir d'effets directs sur le début de la saison sexuelle (Yeates, 1953), des études ont montré que l'exposition à des températures extrêmes au début ou durant la saison oestrale pouvaient affecter négativement la période d'activité sexuelle. En effet, suite à une exposition à un stress thermique dans les jours précédents l'ovulation ou quelques jours après l'accouplement, Dutt (1963) avaient noté que plusieurs femelles présentaient des cycles de longueurs inhabituelles (41 à 66 jours) ou n'étaient tout simplement pas revenues en chaleur durant l'expérimentation. Par la suite, Sawyer *et al.* (1983) ont découvert que la durée de l'œstrus pouvait être réduite de manière significative (30 à 50 %) lorsque les femelles étaient exposées à un stress thermique deux à trois jours avant l'œstrus. Une exposition plus hâtive à de hautes températures, soit six jours avant l'œstrus, pouvait réprimer totalement l'apparition des chaleurs chez ces femelles. Les auteurs mentionnent que la suppression du comportement oestral chez ces brebis, résultait d'une augmentation de la concentration en progestérone qui, sécrétée de manière continue, bloquait la poussée de LH, l'œstrus et l'ovulation. Ainsi, Sawyer *et al.* (1983) conclurent qu'en conditions naturelles, lorsque le moment de la reproduction coïncide avec des épisodes de stress thermiques, l'activité de reproduction et la fertilité

peuvent être grandement affectées. L'exposition à des stress thermique durant la période d'accouplement pourrait donc affecter négativement les performances de fertilité des brebis. En ce sens, Lindsay *et al.* (1975) avaient d'ailleurs noté que le pourcentage de brebis non gestantes était corrélé à la température élevée qui a lieu durant la période de reproduction. Dutt et Bush (1955) ont démontré que le début de la saison de reproduction pouvait être devancé en exposant les femelles à de basses températures (7 à 9°C) durant les mois de mai à octobre. Chez ces femelles la 1^{ère} ovulation survenait aux environs du 10 juillet comparativement au 26 septembre pour les brebis exposées aux variations thermiques naturelles (température maximum de 32°C).

Chez les mâles, les stress thermiques peuvent avoir des effets adverses sur la libido, la production de semence, la qualité de la semence et la capacité fécondante (Chemineau, 1993; Alliston *et al.*, 1961a). En effet, Colas (1980) a démontré que des températures de 29°C à 30°C pouvaient rapidement entraîner des altérations morphologiques de la semence de béliers. Ils avaient également observé qu'une exposition de seulement quelques heures par jour à ces températures, durant deux à trois jours consécutifs, augmentait la proportion de spermatozoïdes anormaux. Par contre, cet effet n'était pas observable si l'exposition ne durait qu'une journée.

2.6.2. L'effet bélier

Le phénomène de «l'effet mâle» est connu depuis longtemps et a été observé dans plusieurs espèces dont les porcins, les ovins, les rongeurs et les bovins (O'Callaghan *et al.*, 1994). Chez les ovins, «l'effet bélier» est un phénomène qui est bien connu depuis les années 1940. En effet, à cette époque, on avait noté que chez des brebis en anœstrus, préalablement isolées des mâles, l'introduction d'un bélier déclenchait l'ovulation et l'apparition de chaleurs (Underwood *et al.*, 1944).

Dans la littérature, les mécanismes d'action de l'effet bélier sont bien documentés. Chez des brebis en anœstrus, la sécrétion et la pulsativité de LH sont faibles et les brebis ne présentent pas d'activité ovulatoire ni oestrale. Cependant, l'introduction d'un mâle avec des femelles en

période d'inactivité sexuelle, provoque une augmentation soudaine de la pulsativité de LH, favorisant la venue du pic de LH préovulatoire et d'une ovulation spontanée environ 50 h après l'introduction des mâles (Oldham *et al.*, 1978; Martin *et al.*, 1980; Martin *et al.*, 1986). Chez les femelles, cette première ovulation n'est souvent pas accompagnée de comportement oestral, c'est pourquoi on la qualifie d'ovulation « silencieuse ». Oldham et Martin (1978) avaient observé que chez plusieurs brebis (environ 50 %), un CL fonctionnel était formé suite à cette première ovulation et que ce dernier régressait naturellement suite à une phase lutéale complète. La lutéolyse de ce premier CL favorise l'apparition d'un second pic de LH et d'une deuxième ovulation, cette fois-ci accompagnée d'un comportement oestral. Ce premier patron de réponse physiologique à l'introduction du bélier amenait donc l'apparition d'un premier pic d'activité sexuelle aux environs de 17 à 18 jours après l'introduction du mâle (Oldham et Martin, 1978; Martin *et al.*, 1986). Oldham et Martin (1978) avaient observé que chez l'autre moitié des femelles, la première ovulation était suivie d'un cycle très court, probablement dû à la présence d'un CL non fonctionnel ne sécrétant pas assez de progestérone (Martin *et al.*, 1986). Ainsi, ce CL régressait rapidement cinq à six jours après l'ovulation et était accompagné d'un second pic préovulatoire de LH et d'une deuxième ovulation, également silencieuse (Oldham et Martin 1978; Pearce *et al.*, 1985). Cependant, le CL formé suite à la seconde ovulation semblait sécréter assez de progestérone pour être fonctionnel durant une phase lutéale normale (Pearce *et al.*, 1985). Suite à la lutéolyse, une troisième ovulation survenait, cette fois-ci accompagnée d'une période d'activité sexuelle intense chez ces femelles, qui se produit alors environ 25 jours après introduction du mâle. Ainsi, ces auteurs avaient démontré que l'effet bélier, soit l'introduction d'un mâle chez des brebis en anœstrus, causait une période d'activité sexuelle intense d'environ 10 jours, soit environ 18 à 25 jours après l'introduction du mâle. Les auteurs avaient par ailleurs noté que suite à la première ou à la seconde ovulation, certaines femelles retournaient en période d'anœstrus et ce, jusqu'à la saison suivante de reproduction (Oldham et Martin 1978).

Dans la pratique, l'effet bélier est efficace pour avancer la saison de reproduction de quatre à six semaines et la réponse peut varier selon le moment de l'année (Notter, 2002). Néanmoins, l'efficacité de l'effet mâle peut varier selon plusieurs facteurs. Perkins et Fitzgerald (1994) avaient noté qu'un nombre significativement plus élevé de femelles en anœstrus ovulaient suite

à l'introduction de béliers possédant une libido supérieure. La race des mâles pourrait également avoir une influence sur l'efficacité de la réponse à l'effet bélier (Nugent et Notter, 1990). Dans l'étude réalisée par Nugent et Notter (1990), les auteurs avaient observé que des brebis exposées à des béliers Dorset avaient agnelé plus tôt que des brebis exposées à des béliers Suffolk. De plus, l'efficacité de la réponse à l'effet bélier pourrait dépendre de la race de la femelle. Nugent *et al.* (1988) avaient observé qu'en contre-saison (mai et juin) des femelles de races plus désaisonnées, comme les Dorset, répondaient mieux à l'effet bélier que des brebis de race Hampshire. L'efficacité de la technique pourrait varier en fonction de l'intensité de l'œstrus saisonnier selon la race et aussi l'individu. Ainsi, chez les races désaisonnées, l'effet bélier pourrait être efficace durant une plus grande partie de l'année, tandis que chez les races saisonnées l'effet mâle serait efficace à la fin et au début de la période de reproduction.

2.6.3. La race

Dans le monde, on dénombre une quantité impressionnante de races de moutons. Il n'est donc pas étonnant de constater que l'effet de la race sur les performances reproductives des mâles et des femelles soit largement documenté. La majorité des brebis débutent leur activité sexuelle vers la fin de l'été et retournent en période d'œstrus vers la fin de l'hiver. Cependant, le début de la saison de reproduction, la durée de l'œstrus, la durée de la période d'activité et d'inactivité sexuelle ainsi que l'intensité de l'œstrus saisonnier varie de façon notable entre les races (Dufour, 1974; Williams, 1974; Notter, 2000). Il est donc normal de penser que la race des ovins pourrait également affecter la réponse à un traitement photopériodique (Williams, 1974; Amir et Zaralis, 1990).

En Amérique du Nord, la race maternelle Dorset a longtemps été reconnue pour son désaisonnement (Notter, 2002; Dufour, 1974). Les races Rambouillet et Finnois, ainsi que les croisements issus de ces trois races, présenteraient également un bon potentiel pour la reproduction en contre-saison (Fogarty *et al.*, 1984). Cependant, les races paternelles comme la Suffolk, la Hampshire et la Columbia seraient très peu désaisonnées (Dufour, 1974; Jeffcoate *et al.*, 1984). Il a par ailleurs été observé que l'hétérosis pouvait augmenter la durée de la saison de reproduction chez des animaux croisés ou dans les races composites, par

rapport aux races pures utilisées pour le croisement (Notter, 2002; Dufour, 1974; Quirke *et al.*, 1988).

2.6.4. L'état de chair, l'âge et le stade physiologique des femelles

Des variations de l'état de chair et du poids vif peuvent affecter négativement la fertilité, le taux d'ovulation et le nombre d'agneaux nés (Ducker et Boyd, 1977; Forcada *et al.*, 1992). Dans un système d'agnelage accéléré, Molina *et al.* (1994) avaient observé une meilleure fertilité chez les femelles présentant un état de chair supérieur à 3.0 lors de la saillie, que chez les femelles dont l'état corporel était inférieur à 2.0. Forcada *et al.* (1992) avaient noté que la durée de l'anœstrus saisonnier était significativement plus courte lorsque les femelles présentaient un état de chair convenable. De plus, l'activité oestrale de ces femelles était plus importante lors des périodes de transition entre la saison et la contre-saison sexuelle. Ainsi, ces résultats suggéraient que chez des femelles possédant peu de réserves corporelles, la reprise de l'activité ovulatoire pouvait être affectée en début de saison. Le poids des femelles n'aurait pas d'influence sur le taux d'ovulation lorsque ces dernières sont de génotype et d'état de chair similaires (Ducker et Boyd, 1977).

L'âge des femelles affecte les performances reproductives. Ainsi, il a été observé que la prolificité était significativement affectée par l'âge. Chez les brebis, Notter (2000) ont observé que les taux de prolificité étaient supérieurs lorsque les femelles étaient âgées de quatre à sept ans (brebis mature) et que ce paramètre variait légèrement selon la race. Dans cette étude, les auteurs avaient noté que les taux de prolificité chutaient de 0,17 à 0,20 agneaux nés par agnelage lorsque les femelles étaient âgées de plus de 8 ans. De même, ils avaient observés que les taux de prolificité étaient inférieurs chez les brebis âgées de moins de quatre ans et que ce paramètre était également variable selon la race (Suffolk, Polypay ou Targhee). Ainsi, chez les femelles âgées d'un an, ils avaient noté une baisse de 0,40 à 0,70 agneau né par agnelage comparativement aux brebis adultes. Chez les brebis âgées de 2 et 3 ans, la réduction était, respectivement, de 0,13 à 0,30 et de 0,01 à 0,1 agneau né par agnelage par rapport aux femelles adultes.

De nombreuses études ont également fait état de l'influence de l'intervalle *post-partum* sur la reprise de l'activité sexuelle et les performances reproductives des brebis. L'involution utérine et la reprise de l'activité ovarienne seraient généralement plus rapides durant la saison sexuelle que durant la contre-saison (O'Shea et Wright, 1984; Wallace *et al.*, 1988a). Ainsi, en contre-saison, l'anœstrus *post-partum* pourrait nuire à la conception dans les deux mois suivant l'agnelage. L'état d'anœstrus observé suite à la mise bas pourrait être affecté par la nutrition (Wright *et al.*, 1990; Rhind et Moss, 1992), la lactation (Mandiki *et al.*, 1990), l'état de chair (Bocquier *et al.*, 1993) et il pourrait être amplifié par l'anœstrus saisonnier (Cornu et Cognié, 1984). Goulet et Castonguay (2002) avaient démontré que l'augmentation de l'intervalle *post-partum* de 75 à 90 jours en contre-saison, permettait d'améliorer la productivité des brebis primipares soumises à un système de reproduction accéléré de trois agnelages en deux ans.

2.7. Conclusions générales

La revue précédente a clairement démontré que la photopériode était le principal facteur contrôlant l'activité de reproduction chez les ovins. Plusieurs études ont tenté d'atteindre un des objectifs visé par les entreprises ovines pour atteindre la rentabilité : assurer une production d'agneaux régulière et ce, grâce à l'utilisation d'un programme photopériodique réalisé sur une base annuelle. Cependant, les résultats variables et peu encourageants ont malheureusement largué ces recherches aux oubliettes vers la fin des années 1980. Grâce aux nouvelles connaissances acquises vers le début des années 1990 concernant les mécanismes d'action de la lumière sur le rythme de reproduction endogène des ovins, il est possible d'identifier plusieurs lacunes dans les protocoles testés antérieurement qui pourraient expliquer les résultats décevants obtenus lors de ces recherches. Parmi celles-ci, soulevons les plus importantes : de faibles intervalles *post-partum*, des baisses progressives de la condition de chair des brebis et surtout, des accouplements réalisés aux mauvais moments dans la séquence lumineuse, soit au tout début des JL, au tout début des JC ou vers la fin d'une période de JL. D'un point de vue pratique, mentionnons également que certains programmes comportaient des agnelages en période de JC, ce qui n'assure aucune flexibilité pour les producteurs ovins, rendant ainsi la technique non applicable sur le terrain. Il faut également souligner, finalement, que dans plusieurs de ces études, il y avait absence d'un véritable

groupe témoin, exposé à la lumière naturelle, ce qui ne permettait pas de discuter des performances observées avec une juste comparaison.

Les plus récentes recherches dans le domaine du contrôle lumineux nous permettent désormais de connaître le moment auquel les femelles deviennent cycliques après le début de l'exposition aux JC et de comprendre le développement de l'état photoréfractaire. Ces nouvelles connaissances nous donnent de nouveaux indices afin de mieux bâtir les programmes lumineux. De plus, le contrôle des autres facteurs influençant les performances reproductives des femelles, tels que l'intervalle *post-partum*, l'alimentation, l'état de chair, la température et la préparation photopériodique des béliers, permettraient d'établir des protocoles intégrant l'ensemble de ces découvertes afin obtenir les résultats visés. Le potentiel de cette technique n'est donc pas encore atteint.

2.8. Hypothèses et objectifs de travail

Les informations présentées dans la revue de littérature précédente démontrent que de la recherche est encore nécessaire afin de développer un programme photopériodique efficace et permettant d'induire l'activité de reproduction chez les brebis et ce, durant toute l'année. Il serait ainsi souhaitable de bâtir un protocole de régie lumineuse flexible, applicable et permettant d'optimiser les performances reproductives d'un élevage entier (mâles et femelles). Ce travail a donc été réalisé en fonction des hypothèses suivantes :

1. Un traitement lumineux alternant, en continu, des périodes de quatre mois de JL (120 jours) et de quatre mois de JC (120 jours) permet de contrôler efficacement le rythme de reproduction endogène des brebis et d'induire l'activité sexuelle à différents moments dans l'année ;

Chez les ovins élevés en condition artificielle, il a été observé que l'état réfractaire semblait s'installer après environ 100 jours d'exposition à un traitement lumineux constant. Le développement de l'état réfractaire à la lumière pourrait expliquer les transitions entre les périodes d'œstrus et d'ancestrus chez les ovins. Ainsi, il est possible de croire que des séquences lumineuses alternatives de longue durée, soit de 120 jours de JL/JC permettraient de

favoriser le développement d'un état photoréfractaire à la lumière chez les brebis et de stimuler efficacement leur activité ovulatoire ainsi que leur comportement oestral et ce, en toute saison.

2. La mise au bélier, 55 jours après le début de l'exposition à une période de JC, permet d'optimiser les performances de fertilité chez les brebis ;

Des études ont démontré que chez des brebis exposées à des séquences lumineuses alternant des périodes de trois mois de JL et de trois mois de JC, l'activité ovulatoire et le comportement oestral débutaient après environ 50 jours d'exposition aux JC. Ainsi, il est possible de croire que chez des brebis exposées à des séquences lumineuses plus longues (quatre mois de JL/JC) l'activité ovulatoire débiterait avant 50 jours d'exposition aux JC. Ainsi, des séquences lumineuses de quatre mois de JL/JC favoriseraient une reprise plus rapide du comportement de reproduction suite au passage en JC.

3. Ce traitement lumineux permet d'obtenir des performances zootechniques similaires en saison et en contre-saison ;

Plusieurs études ont démontré que des traitements lumineux permettaient d'obtenir des taux de fertilité très intéressants en contre-saison et ce, sans affecter négativement le taux de prolificité. Il est donc possible de croire qu'un traitement lumineux bien conçu (mise au bélier au moment opportun, période de 120 jours de lumière visant le développement de l'état réfractaire) permettrait de mimer efficacement la saison naturelle de reproduction et ainsi d'obtenir des performances de reproduction similaires et ce, tant en saison qu'en contre-saison.

4. Le traitement photopériodique des mâles, à l'aide d'un protocole lumineux alternant, en continu, des périodes de deux mois de JL (60 jours) et de deux mois de JC (60 jours) permet d'optimiser les performances reproductives des béliers et des brebis et ce, tant en saison qu'en contre-saison ;

Chez les béliers, plusieurs études ont démontré que des cycles alternatifs courts (un ou deux mois) permettent d'améliorer la qualité de la semence, ainsi que de stimuler et de maintenir

leur activité de reproduction à un niveau comparable à celui naturellement observé durant la saison de reproduction. Ainsi, il est possible de croire que la préparation photopériodique des mâles, par un régime lumineux alternant une période de deux mois de JL à une période de deux mois de JC, favorise les performances de fertilité des femelles et ce, durant toute l'année.

5. L'intégration de différents paramètres de régie au protocole de régie lumineuse, telle que le respect d'un intervalle *post-partum* minimum de soixante jours entre le dernier agnelage et la mise au bélier, ainsi que l'ajustement des programmes alimentaires en fonction de chaque stade physiologique de production chez les femelles, permet de maintenir les performances de productivité de brebis soumises à un rythme de production accéléré de trois agnelages en deux ans ;

Plusieurs études ont démontré que de courts intervalles *post-partum*, de faibles états de chair et une mauvaise alimentation pouvaient affecter les performances de reproduction des brebis. Il est donc possible de croire qu'un traitement lumineux respectant un intervalle minimum *post-partum* de 60 jours et intégrant des programmes alimentaires adaptés à chaque stade physiologique de production chez les femelles, permettrait de maintenir les performances de productivité à un niveau acceptable et ce, à court et moyen terme.

2.9. Liste des ouvrages cités

- Alliston, C.W., Egli Gene, E. et Ulberg, G.L.C. 1961. Loss of potential young in the ewe due to high ambient temperature. *J. Appl. Physiol.*, 16: 253-256.
- Alliston, C.W. et Ulberg, G.L.C. 1961. Early pregnancy loss in sheep at ambient temperatures of 70° and 90° F as determines by embryo transfer. *J. Anim. Sci.*, 20: 608-613.
- Almeida, O.F.X. et Lincoln, G.A. 1984. Reproductive photorefractoriness in rams and accompanying changes in the patterns of melatonin and prolactin secretion. *Biol. Reprod.*, 30: 143-158.
- Almeida, G. et Pelletier, J. 1988. Abolition of seasonal testis changes in the Île-de-France ram by short light cycles : relationship to luteinizing hormone and testosterone release. *Theriogenology*, 29: 681-691.
- Amir, D. et Zaralis, A. 1990. The response of ewes from three local greek breeds to a long-day skeleton photoperiod during the winter. *Theriogenology*, 33: 1323-1331.

- Arendt, J. 1986. Role of the pineal gland in seasonal reproductive function in mammals. *Oxf. Rev. Reprod. Biol.*, 8: 266-320.
- Arendt, J., Symons, A.M., English, J., Poulton, A.L. et Tobler, I. 1988. How does melatonin control seasonal reproductive cycles ? *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 387-397.
- Arendt, J. et Ravault, J.P. 1998. Suppression of melatonin secretion in Île-de-France rams by different light intensities. *J. Pineal Res.*, 5: 245-250.
- Argo, C.McG., Smith, J.S. et Kay, R.N.B. 1999. Seasonal changes of metabolism and appetite in Soay rams. *Anim. Sci.*, 69: 191-202.
- Barrell, G.K., Moenter, S.M., Caraty, A. et Karsch, F.J. 1992. Seasonal changes of gonadotrophin-releasing hormone secretion in the ewe. *Biol. Reprod.*, 46: 1130-1135.
- Bittman, E.L., Karsch, F.J. et Hopkins, J.W. 1983a. 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., Dempsey, R.J. et Karsch, F.J. 1983b. Pineal melatonin secretion drives the reproductive response to daylength in the ewe. *Endocrinology*, 113: 2776-2283.
- Bittman, E.L. et Karsch, F.J. 1984. Nightly duration of pineal melatonin secretion determines the reproductive response to inhibiting daylength in the ewe. *Biol. Reprod.*, 30: 585-593.
- Bocquier, F., Kann, G. et Thimonier, J. 1993. Effect of body composition variations on the duration of the postpartum anovulatory period in milked ewes submitted to two different photoperiods. *Reprod. Nutr. Dev.*, 33: 395-403.
- Bocquier, F., Ligios, S., Molle, G. et Casu, S. 1997. Effet de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur la consommation volontaire chez la brebis laitière. *Ann. Zootech.*, 46: 427-438.
- Brown, D.E., Harrison, P.C., Hinds, F.C., Lewis, J.A. et Wallace, M.H. 1977. Heat stress effects on fetal development during late gestation in the ewe. *J. Anim. Sci.*, 44: 442-446.
- Casamassima, D., Sevi, A. et Montemurro, O. 1993. Effect of light intensity on production traits and behaviour of intensively reared Comisana lambs. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 19: 251-259.

- Castonguay, F. et Lepage, M. 1998. Utilisation de la photopériode comme technique de désaisonnement : Un projet au Québec. Pages 70-85 *Dans* Cahier de conférence du 2e Symposium international sur l'industrie ovine. CPAQ, Québec, Canada.
- Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J.P., Touré, G., Almeida, G., Thimonier, J. et Ortavant, R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goat. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 409-422.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Delgadillo, J.A., Guérin, Y., Ravault, J.P., Thimonier, J. et Pelletier, J. 1992a. Control of sheep and goat reproduction : use of light and melatonin. *Anim. Reprod. Sci.*, 30: 157-184.
- Chemineau, P., Malpoux, B., Guérin, Y., Maurice, F., Daveau, A. et Pelletier, J. 1992b. Lumière et mélatonine pour la maîtrise de la reproduction des ovins et des caprins. *Ann. Zootech.*, 41: 247-261.
- Chemineau, P. 1993. Environment and animal reproduction. *World Anim. Rev.*, 77: 2-14.
- Chemineau, P., Zarazaga, L., Malpoux, B., Bodin, L., Guillaume, D. et Palmer, E. 1996. *Dans* Déterminants environnementaux et génétiques de la concentration de mélatonine plasmatique. Abstracts des Communications, mélatonine et rythmes circadiens et circannuels chez les mammifères. Journées scientifiques de la Physio. INRA, France.
- Colas, G. 1980. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Île-de-France. I. Étude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. *Reprod. Nutr. Dev.*, 20: 1789-1799.
- Colas, G., Guérin, Y., Clanet, V., Roques, J.M. et Alberio, R. 1984. Utilisation du photopériodisme chez le bélier. Pages 79-99 *Dans* 9e Journées Recherche Ovine et Caprine. INRA. France.
- Colas, G., Guérin, Y., Clanet, V. et Solari, A. 1985. Influence de la durée d'éclairement sur la production et la fécondance des spermatozoïdes chez le bélier adulte Île-de-France. *Reprod. Nutr. Dev.*, 25: 101-111.
- Colas, G., Guérin, Y., Briois, M. et Ortavant, R. 1987. Photoperiodic control of testicular growth in the ram lamb. *Anim. Reprod. Sci.*, 13: 255-262.
- Cornu, C. et Cognié, Y. 1984. The utilization of Romanov sheep in a system of integrated husbandry. Pages 383-389 *Dans* The genetic of reproduction in sheep. R.B. Land and D.W. Robisson, Butterworth, London, U.K.
- Dacheux, J.L., Pisselet, C., Blanc, M.R., Hochereau-de-Revier, M.T. et Courot, M. 1981. Seasonal variations in rete testis fluid secretion and sperm production in different breeds of ram. *J. Reprod. Fertil.*, 61: 363-371.

- Delgadillo, J.A. et Chemineau, P. 1992. Abolition of seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fertil.*, 94: 45-55.
- Donovan, A., Boland, M.P., Roche, J.F. et O'Callaghan, D. 1994. The effect of supplementary long days, a subcutaneous melatonin implant and exposure to a ram on the onset of the breeding season in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, 34: 231-240.
- Ducker, M.J., Thwaites, C.J. et Bowman, J.C. 1970. Photoperiodism in the ewe. II. The effects of various patterns of decreasing daylength on the onset of oestrus in Clun Forest ewes. *Anim. Prod.*, 12: 115- 123.
- Ducker, M.J. et Bowman, J.C. 1972. Photoperiodism in the ewe. V. An attempt to induce sheep of three breeds to lamb every eight months by artificial daylength changes in non light proofed building. *Anim. Prod.*, 14: 323-334.
- Ducker, M.J., Bowman, J.E. et Temple, A. 1973. The effect of constant photoperiod on the expression of oestrus in the ewe. *J. Reprod. Fertil.*, 19: 143-150.
- Ducker, M.J. et Boyd, J.S. 1977. The effect of body size and body condition on the ovulation rate of ewes. *Anim. Prod.*, 24: 377-385.
- Dufour, J.J. 1974. The duration of the breeding season of four breeds of sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 54: 389-392.
- Dutt, R.H., Bush., L.F. 1955. The effect of low environmental temperature on initiation of the breeding season and fertility in sheep. *J. Anim. Sci.*, 14: 885-896.
- Dutt, R.H., Ellington, E.F. et Carlton, W.W. 1959. Fertilization rate and early embryo survival in sheared and unshered ewes following exposure to elevated air temperature. *J. Anim. Sci.*, 18: 1308.
- Dutt, R.H. 1963. Critical period for early embryo mortality in ewes exposed to high ambient temperature. *J. Anim. Sci.*, 22: 713-719.
- Dutt, R.H. 1964. Detrimental effects of high ambient temperature on fertility and early embryo survival in sheep. *Int. J. Biometeorol.*, 8: 47-56.
- Dyrmundsson, O.R. 1978. Studies on the breeding season of Icelandic ewes and ewe lambs. *J. Agric. Sci.*, 90: 275-281.
- Earl, C.R. 1985. Serum melatonin profiles and endocrine responses of ewes exposed to a pulse of light late in the dark phase. *Endocrinology*, 117: 226-30.

- Ebling, F.J.P., Lincoln, G.A., Wollnik, F. et Anderson, N. 1988. Effects of constant darkness and constant light on circadian organization and reproductive responses in the ram. *J. Biol. Rhythms*, 3: 365-384.
- English, J.E., Arendt, J., Poulton, A.L. et Symons, A.M. 1987. Short term variations of plasma melatonin in the ewe. *J. Pineal Res.*, 4: 359-366.
- English, J.E., Poulton, A.L., Arendt, J. et Symons, A.M. 1986. A comparison of the efficiency of melatonin treatments in advancing oestrus onset in ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 77: 321-327.
- Fitzgerald, J.A. et Stellflug, J.N. 1991. Effects of melatonin on seasonal changes in reproduction of rams. *J. Anim. Sci.*, 69: 264-75.
- Fletcher, I.C. et Lindsay, D.R. 1971. Effect of rams on the duration of oestrus behaviour in ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 25: 253-259.
- Fogarty, N.M., Dickerson, G.E. et Young, L.D. 1984. Lamb production and its components in pure breeds and composite lines. II. Breed effects and heterosis. *J. Anim. Sci.*, 58: 301-11.
- 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.
- Forcada, F., Abecia, J.A. et Sierra, I. 1992. Seasonal changes in oestrus activity and ovulation rate in Rasa Aragonesa ewes maintained at two different body condition levels. *Small Ruminant Res.*, 8: 313-324.
- Gallegos Sanchez, J., Malpoux, B. et Thiéry, J.C. 1998. Control of pulsatile LH secretion during seasonal anoestrus in the ewe. *Reprod. Nutr. Dev.*, 38: 3-15.
- Goodman, R.L., Bittman, E.L., Foster, D.L. et Karsch, F.J. 1982. Alterations in the control of luteinizing hormone pulses frequency underlie the seasonal variation in estradiol negative feedback in the ewe. *Biol. Reprod.*, 27: 580-589.
- Goodman, R.L. 1988a. Neuroendocrine mechanisms mediating the photoperiodic control of reproductive function in sheep. *Dans Proceedings in Life Science. Chapitre 9: 179-202. Springer-Verlag. New-York, États-Unis.*
- Goodman, R.L. 1988b. Neuroendocrine control of the ovine oestrus cycle. *Dans The Physiology of Reproduction. Chapitre 46: 1929-1968. Raven Press. New York, États-Unis.*
- Goulet, F. et Castonguay, F.W. 2002. Influence of lambing-to-rebreeding interval on ewe reproductive performance in the anestrous season. *Can. J. Anim. Sci.*, 82: 453-456.

- Hackett, J.A. et Wolynetz, M.S. 1982. Reproductive performance of confined sheep in an accelerated controlled breeding program under two lighting regimes. *Theriogenology*, 18: 621-629.
- Hackett, J.A. et Wolynetz, M.S. 1985. Reproductive performance of Finnish Landrace and Suffolk sheep maintained indoors year-round. *J. Anim. Sci.*, 60: 334-341.
- Hafez, E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and of reproduction in the ewe. *J. Agric. Sci.*, 42: 189-265.
- Hanif, M. et Williams, H.L.I. 1991. The effect of melatonin and light treatment on the reproductive performance of yearling Suffolk rams. *Br. Vet. J.*, 147: 49-56.
- Hart, D.S. 1950. Photoperiodic in Suffolk sheep. *J. Agric. Sci.*, 40 : 43-149.
- Hoffmann, J.C. 1973. Light and feedback control of gonadotropin secretion. Pages 886-890 *Dans Proceedings of the IV International Congress of Endocrinology*. R.O. Scow, Amsterdam and American Elsevier Publishing Co., New York, États-Unis.
- Howles, C.M., Webster, G.M. et Haynes, N.B. 1980. The effect of rearing under a long or short photoperiod on testis growth, plasma testosterone and prolactin concentrations, and the development of sexual behaviour in rams. *J. Reprod. Fertil.*, 60: 437-447.
- Howles, C.M., Craigon, J. et Haynes, N.B. 1982. Long-term rhythms of testicular volume and plasma prolactin concentrations in rams reared for 3 years in constant photoperiod. *J. Reprod. Fertil.*, 65: 439-446.
- Jansen, H.T. et Jackson, G.L. 1993. Circannual rhythms in the ewe: patterns of ovarian cycles and prolactin secretion under two different constant photoperiods. *Biol. Reprod.*, 49: 627-634.
- Jackson, G.L., Jansen, H. et Kao, C. 1990. Continuous exposure of Suffolk ewes to an equatorial photoperiod disrupt expression of the annual breeding season. *Biol. Reprod.*, 42: 63-73.
- Jeffcoate, I.A., Rawling, N.C. et Howell, W.E. 1984. Duration of the breeding season and response to reproductive manipulation in five breeds of sheep under northern prairie conditions. *Theriogenology*, 22: 279-290.
- Khalid, M. et Jackson, G.L. 1991. Exposure of ewes to long-day photoperiods before the winter solstice can disrupt refractoriness to short days. *Anim. Reprod. Sci.*, 25: 225-232.
- Karsch, F.J., Goodman, R.L. et Legan, S.J. 1980. Feedback basis of seasonal breeding, test of an hypothesis. *J. Reprod. Fertil.*, 58: 521-535.

- Karsch, F.J., Bittman, E.L., Robinson, J.E., Yellon, S.M., Wayne, N.L., Olster, D.H. et Kaynard, A.H. 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., Malpaux, B., Wayne, N.L. et Robinson, J.E. 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. et Waynes, N.L. 1988. Interplay of endogenous rhythms and environmental cues in organizing the seasonal reproductive cycle of the ewe. Pages 220-227 *Dans* 11th International congress on animal reproduction and artificial insemination. Dublin, Ireland.
- Karsch, F.J., Robinson, J., Woodfill, C.J.I. et Brown, M.B. 1989. Circannual cycle of luteinizing hormone and prolactin secretion in ewes during a prolonged exposure to a fixed photoperiod : evidence for an endogenous rhythm. *Biol. Reprod.*, 41: 1034-1046.
- Keeneway, D.J., Gilmore, T.A. et Seamark, R.F. 1982. Effect of melatonin feeding on serum prolactin and gonadotropin levels and the onset of seasonal oestrus cyclicity in sheep. *Endocrinology*, 110: 1766-1772.
- Kenneway, D.J., Sanford, L.M., Godfrey, B. et Friesen, H.G. 1983. Patterns of progesterone, melatonin and prolactin secretion in ewes maintained in four different photoperiods. *J. Endocrinology*, 97: 229-242.
- Langford, G.A., Ainsworth, L., Marcus, G.J. et Shrestha, J.N.B. 1987. Photoperiod entrainment of testosterone, luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone, and prolactin cycles in rams in relation to testis size and semen quality. *Biol. Reprod.*, 37: 489-499.
- Legan, S.J., Karsch, F.J. et Foster, D.L. 1977. The endocrine control of seasonal reproductive function in the ewe : a marked change in response to the negative feed-back action of oestradiol on luteinizing hormone secretion. *Endocrinology*, 101: 818-824.
- Legan, S.J. et Karsch, F.J. 1979. Neuroendocrine regulation of the estrous cycle and seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.*, 20: 74-85.
- Legan, S.J. et Karsch, F.J. 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 Karsch, F.J. 1983. Importance of retinal photoreceptors to the photoperiodic control of seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.*, 29: 316-325.

- Lepage, M. et Castonguay, F. 1999. Utilisation de la photopériode comme méthode d'induction des chaleurs en contre-saison sexuelle. Pages 1-13 *Dans* Rapport final, projet no. 25 – 539238 – 02007. Programme de réseaux d'essais en agriculture de l'entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agroalimentaire, Québec, Canada.
- Lincoln, G.A. et Short, R.V. 1980. Seasonal breeding : nature's contraceptive. Gregory Pincus Mem. Lecture. *Recent Prog. Horm. Res.*, 36: 1-52.
- Lincoln, G.A., Lincoln, C.E. et McNeilly, A.S. 1990. Seasonal cycles in the blood plasma of FSH, inhibin and testosterone and testicular size in ram of wild, feral and domesticated breeds of sheep. *J. Reprod. Fertil.*, 99: 623-633.
- Lincoln, G.A. 1998. Reproductive seasonality and maturation throughout the complete life-cycle in the mouflon ram (*Ovis musimon*). *Anim. Reprod. Sci.*, 53: 87-105.
- Lindsay, D.R., Knight, T.W., Smith, J.F. et Oldham, C.M. 1975. Studies in ovine fertility in agricultural regions of Western Australia : ovulation rate, fertility and lambing performance. *Austr. J. Agric. Res.*, 26: 189-198.
- Lindsay, D.R., Pelletier, J., Pisselet, C. et Courrot, M. 1984. Changes in photoperiod and nutrition and their effect on testicular growth of rams. *J. Reprod. Fertil.*, 71: 351-356.
- Malpoux, B., Moenter, S.M., Wayne, N.L., Woodfill, C.J.I. et Karsch, F.J. 1988a. Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by alteration of the circadian secretion of melatonin. *Neuroendocrinology.*, 48: 264-270.
- Malpoux, B., Robinson, J.E., Brown, M.B. et Karsch, F.J. 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.
- Malpoux, B., Robinson, J.E., Wayne, N.L. et Karsch, F.J. 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.
- Malpoux, B. et Karsch, F.J. 1990. A role for short days in sustaining seasonal reproductive activity in the ewe. *J. Reprod. Fertil.*, 90: 555-562.
- Malpoux, B., Daveau, A., Mandon-Maurice, F., Viguié, C., Skinner, D.C., Caraty, A., Locatelli, A., Pelletier, J., Tillet, Y., Thiéry, J.P. et Chemineau, P. 1996. Reproduction saisonnée : mécanisme d'action de la mélatonine. *Dans* Abstracts des Communications, Mélatonine et rythmes circadiens et circannuels chez les mammifères. Journées scientifiques de la Physio. INRA, France.

- Mandiki, S.N.M., Bister, J.L. et Paquay, R. 1990. Effects of suckling mode on endocrine control of reproduction activity in Texel ewes lambing in July or November. *Theriogenology*, 33: 397-413.
- MAPAQ, 2002. Étude sur le coût de production de l'agneau en 2002 au Québec. Direction des politiques sur la gestion des risques. 75 pp.
- MAPAQ. 2003. Esquisse de l'analyse de l'industrie ovine au Québec. Ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'alimentation. Bibliothèque Nationale du Québec. 2e édition, 2e trimestre 2003. 33 pp.
- Martin, G.B., Oldham, C.M. et Lindsay, D.R. 1980. Increased plasma LH levels in seasonally anovular Merino ewes following the introduction of rams. *Anim. Reprod. Sci.*, 3: 125–132.
- Martin, G.B., Oldham, C.M., Cognié, Y. et Pearce, D.T. 1986. The physiological responses of anovulatory ewes to the introduction of rams - A review. *Livest. Prod. Sci.*, 15: 219 – 247.
- Martin, G.B., Scaramuzzi, R.J. et Henstridge, J.D. 1983. Effects of estradiol, progesterone and androstenedione on the pulsatile secretion of luteinizing hormone in ovariectomized ewes during spring and autumn. *J. Endocrinol.*, 96: 181 – 193.
- Meyer, S.L. et Goodman, R.L. 1986. Separate neural systems mediate the steroid-dependent and steroid-independent suppression of tonic luteinizing hormone secretion in the anestrus ewe. *Biol. Reprod.*, 35: 562 – 571.
- Minton, J.E. 1990. Role of photorefractoriness in onset of anoestrus in Rambouillet X Dorset ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 89: 261 – 268.
- Molina, A., Gallega, L., Torres, A. et Vergara, H. 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of Manchega ewes. *Small Ruminant Res.*, 14: 209-217.
- Newton, J.E. et Betts, J.E. 1972. A comparison between the effect of various photoperiods on the reproductive performance of Scottish Half-bred ewes. *J. Agric. Sci.*, 78: 425-433.
- Notter, D.R. et Copenhaver, J.S. 1980. Performance of Finnish Landrace crossbred ewes under accelerated lambing. I. Fertility, prolificacy and ewe productivity. *J. Anim. Sci.*, 51: 1033-1042.
- Notter, D.R. 2000. Effects of ewe age and season of lambing on prolificacy in U.S. Targhee, Suffolk, and Polypay sheep. *Small Ruminant Res.*, 38: 1-7.
- Notter, D.R. 2002. Opportunities to reduce seasonality of breeding in sheep by selection. *Sheep and Goat Research Journal*, 17: 20 – 32.

- Nowak, R. et Rodway, R.G. 1985. Effect of intravaginal implants of melatonin on the onset of ovarian activity in adult and prepubertal ewes. *J. Reprod. Fert.*, 74: 287 – 293.
- Nugent, III. R.A., Notter, D.R. et Beal, W.E. 1988. Effects of ewe breed and ram exposure on estrus behavior in may and june. *J. Anim. Sci.*, 66: 1363 – 1370.
- Nugent, III. R.A. et Notter, D.R. 1990. Effect of cohabitation with white faces ewes on estrous activity of Hampshire and Suffolk ewes exposed to rams in June. *J. Anim. Sci.*, 68: 1513 – 1519.
- O'Callaghan, D., Boland, M.P. et Roche, J.F. 1989. Reproductive response of ewes to alternating 30 long and 30 short day photoperiods. *Dans 40th Annual Meeting of the E.A.A.P. Dublin, 2* : 117 – 118.
- O'Callaghan, D., Karsch, F.J., Boland, M.P. et Roche, J.F. 1991a. Role of short days in timing the onset and duration of reproductive activity in ewes under artificial photoperiods. *Biol. Reprod.*, 44: 23 – 28.
- O'Callaghan, D., Karsch, F.J., Boland, M.P. et Roche, J.F. 1991b. What photoperiodic signal is provided by a continuous-release melatonin implant ? *Biol. Reprod.*, 45: 927 – 933.
- O'Callaghan, D., Karsch, F.J., Boland, M.P., Hanrahan, J.P. et Roche, J.F. 1992. Variation in the timing of the reproductive season among breeds of sheep in relation to differences in photoperiodic synchronization of an endogenous rhythm. *J. Reprod. Fertil.*, 96: 443 – 452.
- O'Callaghan, D., Donovan, A., Sunderland, S.J. et Boland, M.P. 1994. Effect of the presence of male and female flockmates on reproductive activity in ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 100: 497 – 503.
- Oldham, C.M., Martin, G.B. et Knight, T.W. 1978. Stimulation of seasonally anovular Merino ewes by rams. I. Time from introduction of the rams to the preovulatory surge and ovulation. *Anim. Reprod. Sci.*, 1: 283 – 290.
- Oldham, C.M. et Martin, G.B. 1978. Stimulation of seasonally anovular ewes by rams. II. Premature regression of ram-induced corpora lutea. *Anim. Reprod. Sci.*, 1: 291 – 295.
- O'Shea, J.D. et Wright, P.J. 1984. Involution and degeneration of endometrium following parturition in ewe. *Cell Tissue Res.*, 236: 477 – 485.
- Ortavant, R. 1977. Photoperiodic regulation of reproduction in the sheep. Pages 58 – 71 *Dans Symposium management of reproduction in sheep and goats. Univ. Of Madison, Wisconsin, U.S.A.*

- Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J. et Volland-Nail, P. 1985. Photoperiod : main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm mammals. *Oxf. Rev. Reprod. Biol.*, 7: 305 – 345.
- Ortavant, R., Pelletier, J., Ravault, J.P., Thimonier, J. et Volland-Nail, P. 1985. Photoperiod: main proximal and distal factor of the circannual cycle of reproduction in farm animal. *Oxf. Rev. Reprod. Biol.*, 7: 562 – 571.
- Pearce, D.T., Martin, G.B. et Oldham, C.M. 1985. Corpora lutea with short life-span induced by rams in seasonally anovulatory ewes are prevented by progesterone delaying the preovulatory surge of LH. *J. Reprod. Fertil.*, 75: 79 – 84.
- Pelletier, J. et Ortavant, R. 1970. Influence du photopériodisme sur les activités sexuelles, hypophysaires et hypothalamiques du bélier Île-de-France. Pages 483 – 495 *Dans La photorégulation de la Reproduction chez les Oiseaux et les Mammifères*. J. Benoît & I. Assenmacher, CNRS, Montpellier, France.
- Pelletier, J. 1986. Contribution of increasing and decreasing daylength to the photoperiodic control of LH secretion in the Île-de-France ram. *J. Reprod. Fertil.* 77: 505-512.
- Pelletier, J. et Almeida, G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Île-de-France rams. *J. Reprod. Fertil. Suppl.* 34: 215 – 226.
- Perkins, A. et Fitzgerald, J.A. 1994. The behavioural component of the ram effect : The influence of ram sexual behavior on the induction of estrus in anovulatory Ewes. *J. Anim. Sci.*, 72: 51-55.
- Poulton, A.L., Symons, A.M., Kelly, M.I. et Arendt, J. 1987b. Intraruminal soluble glass boluses containing melatonin can induce early onset of ovarian activity in ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 80: 235-239.
- Quirke, J.F., Stabenfeldt, G.H. et Bradford, G.E. 1988. Year and season effects on oestrus and ovarian activity in ewes of different breeds and crosses. *Anim. Reprod. Sci.*, 16: 39-52.
- Ravault, J.P. et Thimonier, J. 1988. Melatonin patterns in ewes maintained under skeleton or resonance photoperiodic regimens. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 473-486.
- Rhind, S.M. et Moss, G.E. 1992. Nutrition : Its effects on reproductive performance and hormonal control in female sheep and goats. Pages. 25-35 *Dans Progress in sheep and goat research*. CAB International, London, U.K.
- Robinson, J.E. et Karsch, F.J. 1984. Refractoriness to inductive daylengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.*, 31: 656 - 663.
- Robinson, J.E., Wayne, N. et Karsch, F.J. 1985. Refractoriness to inhibitory daylength initiates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.*, 32: 1024-1030.

- Robinson, J.E. et Karsch, F.J. 1987. Photoperiodic history and changing melatonin pattern determine the neuroendocrine response of the ewe to the daylength. *J. Reprod. Fertil.*, 80: 159-165.
- Robinson, J.E. et Karsch, F.J. 1988. Timing the breeding season of the ewe : what is the role of daylength ? *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 365 – 374.
- Rollag, M.D., O’Callaghan, P.L. et Niswender, G.D. 1978. Serum melatonin concentrations during different stages of the annual reproductive cycle in ewes. *Biol. Reprod.*, 18: 279 – 285.
- Sawyer, G.J. 1983. The influence of radiant heat load on reproduction in the Merino ewe. Pages 225 – 235 *Dans* *Reproduction des ruminants en zone tropicale*, Réunion Internationale, les Colloques de l’INRA (no 20). INRA, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe (F.W.I.).
- Schanbacher, B.D. 1979. Increased lamb production with rams exposed to short daylengths during the nonbreeding season. *J. Anim. Sci.*, 49: 927 – 932.
- Schanbacher, B.D. 1988. Responses of market lambs and Suffolk rams to a stimulatory skeleton photoperiod. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28:431 – 441.
- Shelton, M. et Huston, J.E. 1968. Effects of high temperature stress during gestation on certain aspects of reproduction in the ewe. *J. Anim. Sci.*, 27 :153 – 158.
- Slyter, A.L., Kappes, S. et Rogen, R. 1983. The effect of controlled lighting to enhance breeding in anestrus ewes. Page 14 *Dans* *Proceedings and research reports, Sheep Day*. South Dakota State University, Brookings, États-Unis.
- Staples, L.D., McPhee, S., Kenneway, D.J. et Williams, A.M. 1992. The influence of exogenous melatonin on the seasonal patterns of ovulation and oestrus in sheep. *Anim. Reprod. Sci.*, 30: 185 – 223.
- Stellflug, J.N. et Nett, T.M. 1988. Influence of exogenous melatonin and altered daylength on reproductive performance of Polypay ewes. *Theriogenology*, 29: 535 –543.
- Sundstroem, E.S. 1927. The physiological effects of tropical climate. *Physiol. Rev.* 7 : 320 - 362.
- Sweeney, T., Kelly, G. et O’Callaghan, D. 1995. Differential regulation of prolactin and LH secretion in ewes exposed to a long-day photoperiod signal between the autumn equinox and the winter solstice. *J. Reprod. Fertil. Abstr. Ser.*, 15 : 9 – 10.

- Sweeney, T. et O'Callaghan, D. 1995. Physiology of seasonal reproductive transitions in the ewe – regulation by photoperiod and other environmental cues. 1995. *Reprod. Domestic Anim.*, 30: 178-182.
- Sweeney, T. et O'Callaghan, D. 1996. Breeding season and ovulation rate in ewes treated with long days in spring followed by a melatonin implant and exposure to ram. *Anim. Sci.*, 62: 507-512.
- Sweeney, T., Donovan, A., Karsch, F.J., Roche, J.F. et O'Callaghan, D. 1997a. Influence of previous photoperiodic exposure on the reproductive response to a specific photoperiod signal in ewes. *Biol. Reprod.*, 56: 916-920.
- Sweeney, T., Donovan, A., Roche, J.F. et O'Callaghan, D. 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. Fertil.*, 109: 121-127.
- Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M. et Malpoux, B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 23: 87-100.
- Thimonier, J. et Mauléon, P. 1969. Variations saisonnières du comportement d'oestrus et des activités ovariennes et hypophysaires chez les ovins. *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, 9: 233 – 250.
- Thimonier, J. 1989. Contrôle photopériodique de l'activité ovulatoire chez la brebis. Existence de rythmes endogènes. Thèse Doctorat Univ. Tours. 112 pp.
- Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *Dans Productions Animales*, 13 : 177 – 183. INRA, France.
- Thwaites, C.J. 1967. Embryo mortality in the heat stressed ewe. I. The influence of breed. *J. Reprod. Fertil.*, 14: 5 – 14.
- Underwood, E.J., Shier, F.L. et Davenport. 1944. Studies in sheep husbandry : The breeding season in Merino, crossbred and British ewes in the agricultural districts. *J. Agric. Sci.*, 2: 135 – 143.
- Vesely, J.A. et Bowden, D.M. 1980. Effect of various light regimes on lamb production by Rambouillet and Suffolk ewes. *Anim. Prod.*, 31: 163 – 169.
- Vesely, J.A. et Swierstra, E.E. 1985. Year-round breeding of crossbred Dorset or Finnish Landrace ewes using a synthetic light regimen. *J. Anim. Sci.*, 61: 329 – 336.
- Wallace, J.M., Robinson, J.J., McKelvey, W.A.C. et Aitken, R.P. 1988a. Studies on increasing breeding frequency in the ewe. 2. The endocrine status of lactating ewes induced to ovulate 28, 35 or 42 days *post-partum*. *Anim. Reprod.*, 18: 271 – 283.

- Wayne, N.L., Malpaux, B. et Karsch, F.J. 1990. Photoperiodic requirements for timing onset and duration of the breeding season of the ewe : Synchronisation of an endogenous rhythm of reproduction. *J. Comp. Phys.*, 166: 835 – 842.
- Webb, R., Baxter, G., McBride, D., Ritchie, M. et Springbett, A.J. 1992. Mechanism controlling ovulation rate in ewes in relation to seasonal anoestrus. *J. Reprod. Fertil.* 94: 143 – 151.
- Whisnant, C.S. et Goodman, R.L. 1990. Further evidence that serotonin mediates the steroid-independent inhibition of luteinizing hormone secretion in anestrus ewes. *Biol. Reprod.*, 42: 656 – 661.
- Williams, H.L. 1974. The reproductive performance of two British breeds of sheep in contrasting photoperiodic environments. *J. Agric. Sci.*, 82: 377-381.
- Williams, H. et Ward, S. 1988. Melatonin and light treatment of ewes for autumn lambing. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 423 – 429.
- Wodzicka-Tomaszewska, M., Hutchinson, J.C.D. et Bennett, J.W. 1967. Control of the annual rhythm of breeding in ewes : effects of an equatorial daylength with reversed thermal seasons. *J. Agric. Sci.*, 68: 61 –67.
- Woodfill, C.J.I., Wayne, N.L., Moenter, S.M. et Karsch, F.J. 1994. Photoperiodic synchronization of a circannual reproductive rhythm in sheep : identification of season-specific time cues. *Biol. Reprod.*, 50: 965 – 976.
- Worthy, K., Haresign, W., Dodson, S., McLeod, B.J., Foxcroft, G.R. et Haynes, N.B. 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, P.J., Geytenbeek, P.E. et Clarke, I.J. 1990. The influence of nutrient status of *post-partum* ewes on ovarian cyclicity and on the oestrus and ovulatory responses to ram introduction. *Anim. Reprod. Sci.*, 23: 293 – 303.
- Yeates, N.T.M. 1949. The breeding season of the sheep with particular reference to its modification by artificial light. *J. Agric. Sci.*, 39: 1 – 43.
- Yeates, N.M.T. 1953. The effect of high air temperature on reproduction in the ewe. *J. Agric. Sci.*, 43: 199 – 203.

Chapitre 3

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

3.1. Résumé

Ce projet avait pour objectif d'évaluer les performances zootechniques de brebis soumises à un régime de trois agnelages en deux ans et exposées à un programme de photopériode artificielle ou à la lumière naturelle. Pour tester le programme photopériodique, un total de 211 brebis Arcott Rideau a été divisé en quatre groupes d'environ 50 femelles (groupes A, B, C et D). Chaque groupe a été exposé à un traitement lumineux alternant des périodes de quatre mois de jours longs (JL, 16 h de lumière/jour) et de quatre mois de jours courts (JC, 8 h de lumière/jour). Afin de répartir les accouplements à différents mois dans l'année, les séquences lumineuses de JL et de JC, données aux quatre groupes de brebis, étaient réparties dans le temps. Un groupe de brebis témoin (n=31) a été exposé à la lumière naturelle. Le groupe témoin a été traité aux éponges vaginales en contre-saison et les femelles ont été accouplées naturellement en saison sexuelle. Deux groupes de béliers, exposés à des séquences alternatives de deux mois de JL et de deux mois de JC, ont assuré les accouplements des brebis. Le traitement lumineux a permis d'obtenir des performances de fertilité globales supérieures au groupe témoin (91,6 % vs 83,2 %). Les performances reproductives des brebis sous photopériode sont demeurées constantes durant les trois cycles d'agnelages avec de légères variations selon la saison d'accouplement. Le traitement lumineux a permis de produire environ 0.5 agneaux/brebis/année de plus que le groupe sous lumière naturelle. Des prélèvements de progestérone ont permis de déterminer que les brebis étaient cycliques

environ 60 jours après leur passage en JC. Les intensités lumineuses de 15 et 35 lux pendant le jour ont été suffisantes pour inhiber entièrement la sécrétion de mélatonine. Les résultats de l'étude ont démontré que ce type de programme lumineux permettait d'obtenir des performances de fertilité relativement similaires à celles observées en saison sexuelle et ce, tout au long de l'année.

3.2. Introduction

Plusieurs études ont été réalisées afin de développer des méthodes permettant d'intensifier la production d'agneaux, de manipuler l'activité de reproduction de cette espèce saisonnière et surtout d'induire efficacement le comportement oestral durant la période d'anoestrus. La plupart de ces recherches ont porté sur l'utilisation de traitements hormonaux (progestagènes), alors que d'autres se sont penchées sur l'utilisation de programmes photopériodiques. L'effet de la photopériode sur les ovins est connu depuis très longtemps (Yeates, 1949; Hafez, 1952; Legan et Karsch, 1983). Il est désormais reconnu que la photopériode est le principal facteur modulant l'activité de reproduction saisonnière chez les moutons et que c'est l'alternance des jours longs et des jours courts qui contrôle l'alternance des saisons de reproduction (Legan et Karsch, 1980; Lincoln et Short, 1980).

De nombreuses recherches ont porté sur l'étude de séquences lumineuses permettant d'avancer la période oestrale des ovins et d'induire une activité de reproduction intense en contre-saison, soit au printemps et en été (Stellflug et Nett, 1988; Williams et Ward, 1988; Donovan *et al.*, 1994; Sweeney et O'Callaghan, 1996; Castonguay et Lepage, 1998). Dans ces travaux, les brebis étaient exposées à une période de jours longs (JL : 16 à 20 h de lumière par jour) durant la fin de l'automne et l'hiver, suivi d'une période de jours courts au printemps (JC : 8 à 10 h de lumière par jour ou traitement de mélatonine mimant des JC). Ces traitements permettaient d'induire le comportement oestral en contre-saison et d'obtenir des agnelages durant la période automnale. D'autres auteurs ont tenté de contrôler entièrement l'activité ovulatoire des brebis à l'aide de programmes photopériodiques appliqués sur une base annuelle et ce, en réclusion totale (Ducker et Bowman, 1972; Vesely et Bowden, 1980; Hackett et Wolynetz, 1982; 1985; Vesely et Swierstra, 1985). Ces programmes visaient à

synchroniser les accouplements à différents moments dans l'année et ainsi étaler les périodes d'agnelages par l'utilisation de séquences alternatives de JL et de JC imposées en continu aux femelles. Ces études ont permis d'établir les bases de l'utilisation des programmes lumineux continus alternatifs. Néanmoins, les résultats obtenus dans ces recherches ont été variables ou parfois même décevants. De plus, certains aspects du protocole, tels que des agnelages en période de JC, rendaient ces techniques non applicables dans des conditions commerciales de production. Les nombreuses recherches réalisées depuis ce temps nous permettent d'identifier les failles qui existaient dans les protocoles antérieurs et qui pouvaient expliquer les baisses de performances obtenues. Ces nouvelles connaissances nous permettent désormais de mieux comprendre l'effet des séquences lumineuses sur la reproduction des ovins et les mécanismes qui les contrôlent. Notamment, la détermination de l'intervalle entre le début des JC et l'induction de l'oestrus (Chemineau *et al.*, 1988; Ravault et Thimonier, 1988), l'importance d'un intervalle *post-partum* acceptable (Goulet et Castonguay, 2002) et le concept d'état réfractaire à la lumière (Robinson et Karsch, 1984; Robinson *et al.*, 1985). Ajoutons à ces nouvelles informations, les résultats des recherches qui ont démontré que la préparation photopériodique des mâles permettait d'améliorer les performances de fertilité des femelles (Colas *et al.*, 1985; Fitzgerald et Stellflug, 1991). Les nouvelles connaissances acquises dans le domaine des traitements photopériodiques nous permettent maintenant de bâtir de meilleurs programmes lumineux.

L'objectif de cette étude était de développer un programme photopériodique flexible, applicable à un troupeau complet (béliers, brebis et agnelles) et permettant de viser un système de production accéléré de trois agnelages en deux ans et ce, en réduisant au minimum le recours à l'utilisation d'hormones exogènes. Sur une période de deux ans, les effets d'un programme photopériodique alternatif continu de quatre mois de JL et de quatre mois de JC ont été mesurés sur les performances zootechniques de brebis élevées en réclusion totale. Les résultats du protocole de photopériode ont été comparés aux performances de brebis exposées à la lumière naturelle et synchronisées avec un traitement d'éponges vaginales imprégnées d'un progestagène en contre-saison, la technique de désaisonnement la plus utilisée au Canada pour réaliser des saillies en contre-saison. Dans un contexte de marché où les consommateurs recherchent des aliments sains et surtout sans hormone, une technique de désaisonnement plus

naturelle, telle que la photopériode, permettrait à l'industrie de soutenir sa production à long terme, tout en respectant la demande de sa clientèle.

3.3. Matériel et Méthodes

Durant cette étude, toutes les conditions expérimentales respectaient les lignes directrices préconisées par le Conseil canadien de protection des animaux (Canadian Council on Animal Care, 1993). Ce projet a été réalisé dans un troupeau commercial situé à St-Lambert-de-Lévis, une ville près de Québec (latitude 46° 48' 00'' Nord, longitude 71° 42' 00'' Ouest, élévation 74 m).

3.3.1. Animaux

3.3.1.1. Brebis

Dans cette étude, les données ont été compilées à partir d'un nombre initial de 248 brebis matures de race pure Arcott Rideau. La race Arcott Rideau est une race synthétique qui a été développée entre les années 1968 et 1988 par Agriculture Canada au Centre de recherche sur les animaux à Ottawa (Shrestha et Heaney, 2003). La plupart des femelles utilisées dans cette expérience avaient agnelé au moins une fois avant le début de l'expérimentation. Au début de l'étude, le poids moyen des femelles était de 71.4 ± 10.2 kg et elles étaient âgées d'en moyenne 1,8 ans. Avant le début de la phase expérimentale, toutes les brebis avaient été exposées aux variations annuelles naturelles de la durée du jour. Durant l'expérimentation, les brebis ont été soumises à la même régie d'élevage. Toutes les femelles étaient exposées à un régime reproductif accéléré visant la production de trois agnelages en deux ans (objectif visé de 1.5 agnelages par brebis par année). Ainsi, les accouplements avaient lieu à tous les 8 mois. Dans le cadre de l'étude, les performances zootechniques des brebis et des agneaux ont été mesurées sur trois agnelages consécutifs.

3.3.1.2. Béliers

Environ 12 béliers de races Arcott Rideau, Texel, Suffolk et Dorset ont été utilisés pour effectuer les accouplements. Les mâles utilisés avaient tous atteint la maturité sexuelle (>8mois). Avant le début de l'expérimentation, tous les mâles avaient été exposés à la luminosité naturelle.

3.3.1.3. *Agnelles*

Un groupe de 13 agnelles Arcott Rideau a été mis en accouplement en contre-saison. Elles pesaient en moyenne $58,0 \pm 4,4$ kg et elles étaient âgées, en moyenne, d'un peu plus de 11 mois (337 à 360 jours d'âge). Avant la première saillie, les agnelles ont été élevées sous une luminosité contrôlée artificiellement.

3.3.2. **Traitements expérimentaux**

Les 248 femelles présentes au début de l'expérimentation ont été réparties de façon entièrement aléatoire entre les traitements et entre les différents groupes d'accouplement. Parmi les traitements à l'étude, on retrouvait un groupe témoin, exposé à la lumière naturelle et quatre groupes recevant un traitement lumineux expérimental (Groupes A, B, C et D).

3.3.2.1. *Groupe témoin*

Au début de l'expérimentation, 37 brebis ont été placées dans le traitement témoin. Ces brebis ont été exposées à la lumière naturelle durant les deux années de l'étude. La première saillie a été réalisée durant la période naturelle de reproduction (15 octobre au 19 novembre), sans aucun traitement hormonal. Pour la seconde saillie, qui s'est déroulée en contre-saison sexuelle (12 juin au 17 juillet), les femelles ont été préparées avec un traitement hormonal d'éponges vaginales et de PMSG. Les éponges vaginales imprégnées d'acétate de médroxyprogestérone (Veramix, Upjohn, Orangeville, Ontario, Canada) étaient insérées dans le vagin des brebis pendant 14 jours. Au retrait de l'éponge, les brebis étaient injectées avec 450 U.I. de PMSG (Folligon, Intervet, Whitby, Ontario, Canada). Les béliers étaient introduits dans les groupes de femelles 48 h après le retrait de l'éponge. Les béliers demeuraient par la suite avec les brebis pour toute la durée de la période d'accouplement (35 jours). La troisième et dernière saillie a eu lieu à partir du milieu du mois de février (7 février au 14 mars) également à l'aide d'éponges vaginales. Puisque la race Arcott Rideau n'est pas considérée comme une race naturellement désaisonnée et que février est considérée comme la fin de la saison sexuelle pour cette race, le traitement hormonal a été utilisé pour synchroniser les femelles lors de cet accouplement.

Le groupe témoin suivait toujours très étroitement les mêmes dates de régie que le groupe D exposé à la photopériode. Les périodes de saillies ont eu lieu à intervalle de 8 mois (Figure 3.1).

3.3.2.2. *Groupes sous contrôle photopériodique*

Au début de l'expérimentation, 211 brebis ont été divisées aléatoirement en quatre groupes (A, B, C, D) afin d'étaler les agnelages et la production d'agneaux sur toute l'année (figure 3.2). Chaque groupe de femelles a été soumis au même calendrier photopériodique mais qui était simplement décalé entre les groupes. Ainsi, les périodes de saillies avaient lieu sur plusieurs mois différents et leur moment était variable entre les groupes. Le protocole lumineux expérimental visait à exposer chaque groupe de femelles à quatre mois de jours longs (JL, 16 heures de lumière : 8 heures de nuit, 16L:8N) suivi de quatre mois de jours courts (JC, 8 heures de lumière : 16 heures de nuit, 8L:16N) et ce, en alternance continue. Les saillies avaient lieu à tous les huit mois afin de respecter un rythme de reproduction accéléré visant trois agnelages en deux ans. Pour chaque groupe, le protocole lumineux expérimental a été réalisé en tenant compte des interventions suivantes :

J0	Début de la période de JC pour 120 jours
J55	Mise au bélier pour une période de 35 jours
J90	Retrait des béliers
J120	Fin de la période de JC et début de la période de JL
J130 à J140	Échographies
J200	Début approximatif de la période d'agnelage
J235	Fin approximative de la période d'agnelage
J240 – J0	Fin de la période de JL et début de la période de JC
J22 à J35	Période de tarissement et de sevrage
J55	Mise au bélier pour une période de 35 jours
...	etc.

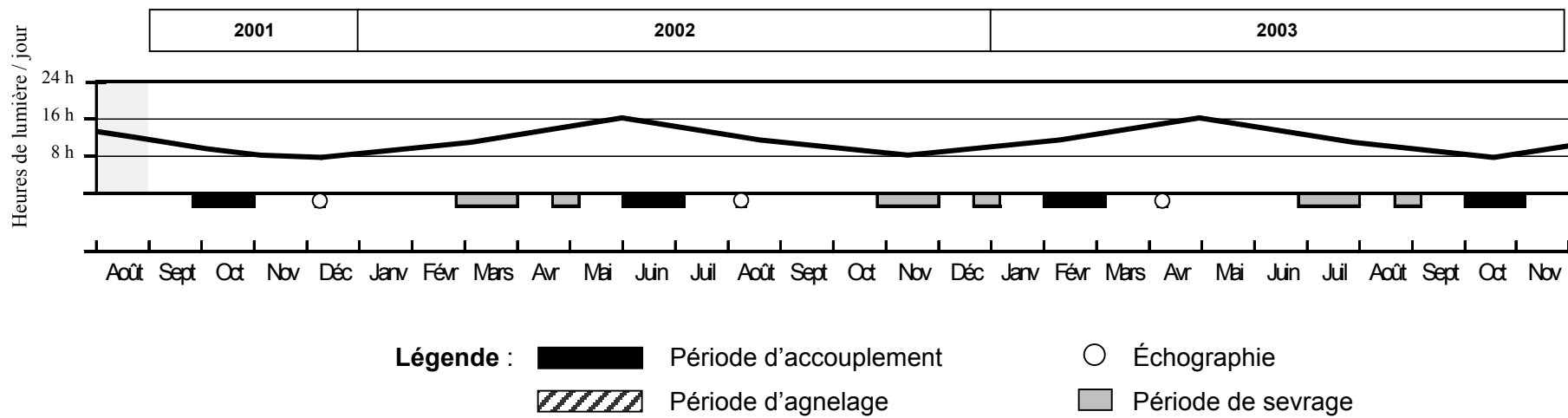


Figure 3.1. Protocole de régie d'élevage pour les brebis exposées à la lumière naturelle (groupe témoin)

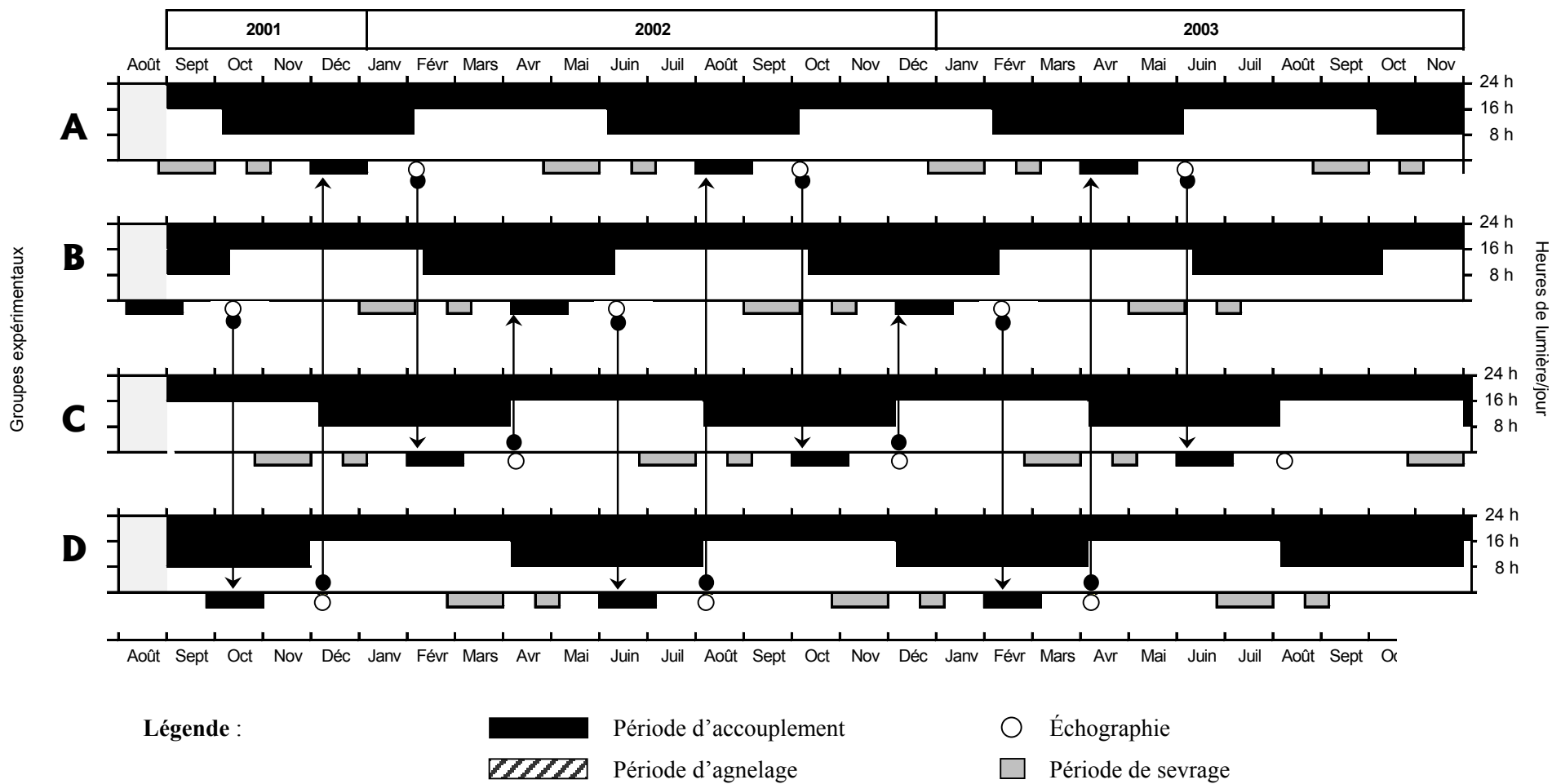


Figure 3.2. Protocole de régie d'élevage pour les brebis exposées au traitement lumineux.

La période de saillies a toujours commencé 55 jours après le début des JC. Ainsi, la période d'agnelage a toujours eu lieu durant la période de JL ce qui a facilité les interventions pour les agnelages. Le calendrier photopériodique a été construit de façon à respecter un intervalle *post-partum* minimum de 60 jours. Afin d'utiliser l'espace des bâtiments de façon optimale, les groupes ont été régis par paire. En ce sens, lorsque les brebis du groupe A étaient dans la section des JL, les brebis du groupe B étaient dans la section des JC. Ces deux groupes changeaient de section à la même date. Les groupes C et D fonctionnaient de la même manière, mais les dates de changement lumineux pour ces deux groupes étaient légèrement décalées par rapport aux groupes A et B, afin de mieux répartir le moment des saillies et des agnelages pour l'ensemble des brebis soumises au traitement photopériodique. La régie des quatre groupes à l'intérieur du programme de photopériode était donc intimement liée.

Le tableau 3.1 présente les périodes de saillie précises pour chaque groupe de brebis exposées au traitement lumineux.

Tableau 3.1. Périodes de saillie pour les groupes sous contrôle photopériodique

	Groupe A	Groupe B	Groupe C	Groupe D
Saillie 1	23/11/2001 au 02/01/2002	06/08 /2001 au 10/09/2001	06/02/2002 au 13/03/2002	29/09/2001 au 3/11/2001
Saillie 2	01/08/2002 au 05/09/2002	03/04/2002 au 08/05/2002	04/10/2002 au 08/11/2002	06/06/2002 au 11/07/2002
Saillie 3	07/04/2003 au 12/05/2003	29/11/2002 au 03/01/2003	06/06/2003 au 11/07/2003	05/02/2003 au 12/03/2003

Puisqu'au début de l'expérimentation, toutes les brebis avaient été maintenues en lumière naturelle et que la race Arcott Rideau n'est pas considérée comme une race naturellement désaisonnée, le groupe B (saillie au mois d'août à septembre 2001) a été saillie, juste avant le début de l'expérimentation, par l'utilisation d'éponges vaginales.

3.3.2.3. *Brebis non gestantes à l'échographie et brebis réformées*

Le jour de l'échographie, les brebis non gestantes ont reçu un traitement hormonal d'éponges vaginales pour une durée de 14 jours. Au retrait de l'éponge, les femelles ont été injectées

avec 450 U.I. de PMSG et elles étaient exposées au bélier 48 h plus tard. Puisque tous les groupes de femelles sous traitement lumineux étaient liés par un calendrier fixe, il était possible de transférer ces femelles dans un autre groupe qui était à la saillie en JC au même moment. Cette intervention a permis de limiter la période d'improductivité des brebis non gestantes. Suite au transfert, les brebis étaient exposées aux béliers pour le reste de la période de saillies du groupe à l'accouplement, soit pour une durée variant de 10 à 14 jours selon le moment de l'échographie. Les flèches présentées à la figure 3.2 illustre les transferts de groupes qui étaient effectués chez les brebis non gestantes.

Certaines brebis ont été réformées au long de l'expérience pour des causes d'improductivité (prolificité faible, mauvaise production laitière), pour des troubles de santé (mammite), de comportement (caractère non maternel) et pour des problèmes de fertilité. Ainsi, les femelles non gestantes à deux périodes d'accouplements successives étaient systématiquement réformées.

3.3.2.4. *Les béliers*

Au début de l'expérimentation, tous les mâles ont été divisés en deux groupes égaux (groupes 1 et 2). La constitution des groupes a été faite de sorte que l'on retrouve un nombre équivalent de béliers de chacune des races dans chaque groupe. Chaque groupe de bélier était composé majoritairement de mâles de race Arcott Rideau. On retrouvait également un bélier de race Texel, un bélier de race Suffolk et un bélier de race Dorset dans chacun des groupes. Ces béliers ont été utilisés pour la saillie de toutes les femelles et ce, autant pour les groupes soumis au traitement lumineux expérimental que pour les femelles exposées à la lumière naturelle.

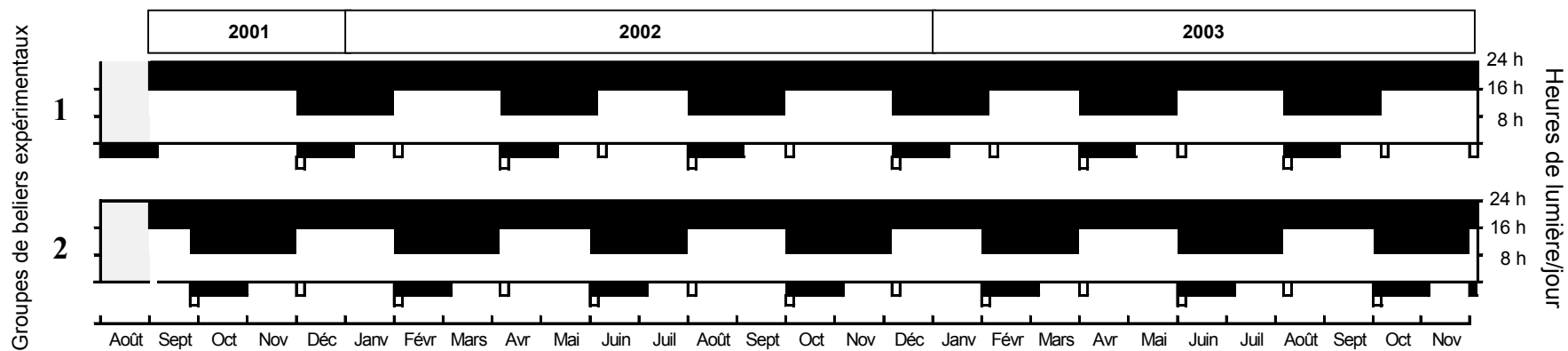
Les béliers ont été soumis à un traitement lumineux alternatif (Figure 3.3) de deux mois de JL (16L:8N) et de deux mois de JC (8L:16N). Les béliers étaient logés dans les sections utilisées pour le traitement photopériodique et ils étaient placés dans des parquets éloignés le plus possible des brebis. Durant la période de JL, les mâles étaient au repos et ne faisaient pas de saillie. Lors de leur transfert en JC, les béliers étaient immédiatement placés avec les brebis

pour l'accouplement. À la fin de la période de saillie (35 jours), les mâles étaient placés ensemble dans un parquet et ils restaient dans la section de JC pour une période additionnelle de 25 jours. Les dates de changement lumineux des mâles étaient liées de telle sorte que lorsque les béliers du groupe 1 étaient en JC, les béliers du groupe 2 étaient en JL. Les changements lumineux des deux groupes de mâles survenaient toujours au même moment. Les béliers du groupe 1 servaient pour les saillies des groupes A et B, tandis que ceux du groupe 2 effectuaient les accouplements des groupes C et D. Les béliers du groupe 2 effectuaient les saillies du groupe Témoin et au besoin (dans le cas d'un manque de mâles), des béliers du groupe 1 pouvaient être utilisés.

Le poids, la circonférence scrotale et la condition de chair des béliers ont été mesurés à tous les deux mois, soit lors des changements lumineux. À ce moment, on procédait également à l'examen de santé des animaux. La circonférence scrotale des béliers devait être adéquate (plus de 30 cm) et lors de la saillie, les béliers qui manquaient de libido et qui ne présentaient pas de signes d'activité de reproduction étaient immédiatement remplacés.

3.3.2.5. *Agnelles de remplacement*

Les agnelles de remplacement étaient élevées en JL à partir du sevrage et étaient pesées à tous les mois. Les agnelles étaient transférées en JC lorsque leur gain de poids moyen était suffisant pour qu'elles atteignent au moins le 2/3 du poids adulte à la mise au bélier (48 à 50 kg). Elles étaient exposées au bélier 55 jours après le début des JC pour une durée de 35 jours. Dès que les agnelles étaient sélectionnées pour le transfert en JC, elles étaient exposées au même traitement lumineux alternatif que les brebis. Les agnelles étaient toujours élevées ensemble en parquet (sans brebis) et ce, de la saillie jusqu'au sevrage de leurs premiers agneaux. Elles étaient ensuite intégrées avec les brebis après leur premier agnelage.



Légende : Période d'accouplement
 Examen de santé, mesures (poids, état de chair, circonférence scrotale)

Figure 3.3. Protocole de régie d'élevage pour les béliers exposés au traitement lumineux.

3.3.3. Conduite d'élevage des animaux sous expérimentation

3.3.3.1. Accouplements

En préparation de la période d'accouplement, les brebis étaient tondues, les onglons taillés et elles recevaient des injections de vitamines A-D (Vitamin AD-500, Vétoquinol, Cambridge, Ontario, Canada) et de vitamines E-sélénium (Dystocel, Pfizer Canada, Inc., Kirkland, Québec, Canada). Lors du premier accouplement, toutes les brebis ont été pesées afin de connaître leur poids moyen et ajuster les programmes alimentaires en conséquence. Les béliers étaient également préparés avant la saillie. Deux mois avant l'accouplement, tous les béliers étaient tondues, leurs onglons taillés et ils recevaient des injections de vitamines (vitamines A - D et vitamines E – sélénium). À ce moment, on procédait aussi à une évaluation de l'état de santé général des béliers et à une évaluation de l'appareil reproducteur (taille des testicules, grosseur des épидидymes, absence de problèmes de santé au niveau du fourreau, etc.).

À chaque mise au bélier, l'état de chair des brebis et des béliers était mesuré. La durée de la période d'accouplement était de 35 jours. Lors des accouplements, les béliers étaient toujours munis de harnais-marqueurs de façon à identifier le moment de la venue en chaleur des femelles. La date de saillie, identifiée par la marque laissée par la craie du harnais-marqueur sur la croupe des brebis en chaleur, était notée à intervalle de 1 à 4 jours durant la période d'accouplement.

Pour les saillies des groupes sous photopériode, un ratio de 1 bélier pour 15 à 20 brebis était toujours respecté. Le même ratio était utilisé pour les femelles du groupe témoin accouplées durant la saison naturelle de reproduction. Un ratio de 1 bélier pour 5 à 8 brebis a été respecté dans le cas où les chaleurs des brebis étaient synchronisées avec le traitement d'éponges vaginales et de PMSG.

Au début de l'expérimentation, les brebis devaient toutes avoir un intervalle *post-partum* minimum de 60 jours avant la première mise au bélier. Par la suite, le calendrier de régie de toutes les femelles a été construit de façon à ce que l'intervalle entre l'agnelage et la mise au bélier soit toujours d'un minimum de 60 jours.

3.3.3.2. *Gestation*

Toutes les femelles ont été échographiées environ 70 à 75 jours après la mise au bélier, soit 35 à 40 jours après le retrait des mâles. L'état de chair des brebis a été mesuré lors de l'échographie. Le jour de l'échographie, les brebis non gestantes étaient retirées du groupe de femelles et elles étaient immédiatement traitées avec une éponge vaginale de façon à diminuer les périodes improductives de ces dernières.

Cinq semaines avant l'agnelage, les brebis étaient tondues (si nécessaire, selon la longueur de la laine et la période de l'année) et leur état de chair était noté. À ce moment, les femelles recevaient des injections de vitamines (A, D et E-sélénium) et elles étaient vaccinées pour prévenir l'entérotoxémie chez les agneaux (Vision® 8, Intervet Canada Ltd., Whitby, Ontario Canada).

3.3.3.3. *Agnelage et lactation*

À la naissance, chaque agneau a été pesé et identifié. Les agneaux étaient injectés avec des vitamines (A, D et E-sélénium), leur nombril était désinfecté avec de l'iode et un élastique à queue était posé afin de procéder à la caudectomie. L'état de chair des brebis était noté. Environ 24 h après l'agnelage, les brebis allaitantes étaient regroupées en parquet avec leurs agneaux. Dans ces parquets, les agneaux avaient accès à un parc à la dérobée où une alimentation solide (fourrage et moulée) leur était servie à volonté. La période de lactation des femelles a duré en moyenne 55.9 ± 0.7 jours (écart de 40 à 75 jours). Lors du sevrage, les agneaux étaient pesés et l'état de chair des brebis noté.

3.3.3.4. *Élevage des agneaux de marché*

Immédiatement après le sevrage, les agneaux étaient placés en JL. Comme les agneaux étaient vendus au moment choisi par le producteur, seul le poids des agneaux au sevrage a été considéré dans l'analyse des résultats.

3.3.3.5. *Agnelles*

Les agnelles étaient élevées dans le même bâtiment que les agneaux à l'engraissement, soit en JL. Les agnelles étaient sélectionnées pour la reproduction après une pesée à l'âge de 100 jours. Suite à la sélection à 100 jours, les agnelles étaient pesées une fois par mois afin d'évaluer leur taux de croissance. Seules les femelles qui avaient un bon taux de croissance, une bonne conformation et de bons indices génétiques (Programme d'amélioration génétique GenOvis) étaient gardées et élevées pour la reproduction.

3.3.4. **Alimentation**

Durant la première année d'expérimentation, les brebis et les béliers ont reçu une ration composée d'ensilage d'herbe en balle ronde (ensilage demi-sec composé de luzerne, de trèfle et de mil), de foin sec (luzerne, trèfle et mil), d'orge, de maïs et de tourteau de soya. Durant la deuxième année, de l'ensilage de maïs a été ajouté aux rations. Un minéral commercial et de l'eau fraîche étaient disponibles à volonté. Des changements périodiques étaient faits dans les programmes alimentaires afin de pallier aux variations dans la disponibilité des différents aliments servis à la ferme et en fonction du stade physiologique des animaux. Les rations étaient calculées afin de répondre aux besoins du NRC (1985) pour chaque stade physiologique des animaux. Le Logiciel OviRation (SoftAgro, Matane, Québec) a été utilisé pour la formulation des rations. Les brebis des deux groupes expérimentaux (photopériode et témoin) ont reçu la même alimentation.

3.3.4.1. *Accouplement*

La période de flushing a débuté environ 10 jours après le sevrage et s'est poursuivie durant toute la période de saillie ou lorsque les femelles avaient atteint l'état de chair désiré, soit 3.0 à 3.5 à la fin de la période des saillies. Selon le moment où avait lieu le sevrage, les brebis pouvaient recevoir ce traitement de suralimentation pour une durée variant de 10 à 23 jours avant la mise au bélier. Lors du flushing, les brebis ont reçu des fourrages de qualité à volonté (ensilage d'herbe et/ou ensilage de maïs et foin). Également, de l'orge et/ou du maïs ont été ajoutés à la ration afin d'augmenter le niveau énergétique de la ration.

3.3.4.2. *Gestation*

Durant les 15 premières semaines de gestation, les brebis ont reçu du foin ou de l'ensilage d'herbe. Pour les quatre à cinq dernières semaines de gestation, les femelles ont reçu une ration visant à couvrir les besoins pour des brebis prolifiques (taux de prolificité prévu de 180 à 225 %). En fin de gestation, la ration était composée d'orge et/ou de maïs et les fourrages étaient servis à volonté.

3.3.4.3. *Lactation*

La ration servie durant la période de lactation permettait de couvrir les besoins pour des brebis prolifiques allaitant des jumeaux ou des triplets. Durant la période de lactation, les brebis recevaient un fourrage de qualité à volonté. Les concentrés énergétiques servis étaient composés d'orge ou de maïs et le concentré protéique était du tourteau de soya. Durant la période de lactation, les agneaux avaient accès, dans un parc à la dérobee, à une moulée commerciale (19 % de protéines brutes, environ 2,5 à 2,6 Mcal EM/kg), à de l'eau et à du foin servis à volonté.

3.3.4.4. *Tarissement*

Dix jours avant la date du sevrage, l'ensilage et les suppléments énergétiques et protéiques étaient graduellement retirés de l'alimentation et remplacés par un foin de faible valeur nutritive. Le jour du sevrage, les brebis ont reçu de la paille comme fourrage et elles n'avaient pas accès à l'eau d'abreuvement pour une période de 12 h. Le lendemain du sevrage, les brebis avaient à nouveau accès à de l'eau et du foin de pauvre qualité était progressivement ajouté à la ration de paille et ce, pour une période de trois à cinq jours suivant le sevrage. Six à sept jours après le sevrage, de l'ensilage, du foin de bonne qualité et des grains étaient graduellement ajoutés à l'alimentation pour en arriver à servir la ration de la période du flushing. Cette façon de procéder permettait de servir une ration complète de flushing environ 10 jours après le sevrage.

3.3.5. Bâtiments et environnement

Les moutons ont tous été élevés en réclusion totale à l'année longue. Les bâtiments utilisés pour le traitement lumineux expérimental n'avaient pas de fenêtre et l'éclairage artificiel a été assuré par des ampoules incandescentes. Dans ces bâtiments, toutes les entrées de lumière extérieure avaient été bloquées. La bergerie utilisée pour le groupe témoin était éclairée de façon naturelle (présence de fenêtres) et artificielle (ampoules incandescentes).

3.3.5.1. Bâtiments utilisés pour les groupes sous contrôle lumineux

Les femelles exposées au traitement lumineux expérimental étaient logées dans un bâtiment comprenant trois sections indépendantes. Dans la première section (bâtiment isolé, sans fenêtre), les lumières étaient allumées de 6h30 à 22h30, ce qui permettait de fournir un traitement de JL de 16 h/j aux animaux (16L:8N). Dans ce bâtiment, l'intensité lumineuse moyenne, mesurée à la hauteur des yeux des animaux, était de 35 lux. Dans une seconde section (bâtiment isolé), également sans fenêtre, la lumière artificielle était donnée durant 8 h/j (de 8h30 à 16h30) afin de mimer une période de JC (8L:16N). Dans cette section, la lumière artificielle permettait de générer une moyenne de 15 lux. La troisième section avait des fenêtres et n'était pas isolée (bâtiment froid). Une minuterie électronique était utilisée afin de donner un supplément de lumière (lampes incandescentes) pour obtenir 16 h/j de lumière (16L:8N). Cette section était utilisée pour l'élevage des agneaux de marché et des agnelles de remplacement après le sevrage. L'intensité lumineuse variait de 35 lux (luminosité artificielle en soirée et tôt le matin, soit après et avant le coucher et le lever du soleil) à 500 lux durant la journée (luminosité extérieure). Puisque des minuteries électroniques étaient utilisées dans chacune de ces sections et que la durée lumineuse demeurait toujours constante, les animaux étaient déplacés d'une section à une autre afin d'être soumis à un traitement de JL ou de JC. Les animaux passaient directement d'une photopériode à une autre sans transition entre les périodes de lumière (changements abrupts de photopériode). Environ 60 % de la superficie totale des bâtiments était allouée pour les JL et 40 % aux JC.

3.3.5.2. *Bâtiments utilisés pour le groupe témoin*

Les femelles du groupe témoin étaient logées dans une bergerie isolée, située à moins de 20 mètre, du bâtiment servant à la photopériode. Cette bergerie avait des fenêtres et aucune minuterie n'était installée. Dans ce bâtiment, les lumières étaient allumées au levé du soleil et elles étaient fermées à la tombée du jour et ce, afin de suivre la durée naturelle d'éclairement.

3.3.5.3. *Contrôle de l'environnement intérieur des bâtiments*

Des ventilateurs étaient utilisés pour assurer le mouvement de l'air dans toutes les bergeries isolées (ventilation mécanique). Les ventilateurs utilisés dans les bâtiments sous photopériode contrôlée permettaient de limiter les entrées lumineuses extérieures. La section froide du bâtiment logeant les agneaux de marché et des agnelles de remplacement était ventilée naturellement. Durant la période expérimentale, la plus haute température extérieure enregistrée a été de 34,2°C et la plus basse de -30,9°C. Pendant l'hiver, la température dans les bâtiments ne descendait jamais sous 0°C. Le tableau 3.11 (annexe 1) présente les températures extérieures enregistrées mensuellement pendant toute la durée de l'étude.

3.3.6. **Paramètres mesurés**

Pour chaque groupe de femelles mis en accouplement, plusieurs paramètres de reproduction ont été enregistrés : la fertilité à l'échographie (nombre de brebis diagnostiquées gestantes/nombre de brebis exposées au bélier), la fertilité à l'agnelage (nombre de brebis agnelées/nombre de brebis exposées au bélier) et la prolificité (nombre d'agneaux nés/nombre de brebis agnelées). Le poids des agneaux était noté à la naissance et au sevrage et ces mesures permettaient de calculer le poids total de la portée. Le taux de mortalité des agneaux était calculé en fonction du nombre d'agneaux morts entre la naissance et le sevrage. L'intervalle *post-partum* représentait le nombre de jours moyen entre le dernier agnelage et l'introduction du bélier. On estimait la date de la saillie fécondante afin de déterminer le moment de l'accouplement pour chaque brebis (date de l'agnelage moins 145 jours de gestation). L'estimation de la date d'accouplement permettait de calculer l'intervalle entre la mise au bélier et la saillie fécondante. Les dates d'agnelage ont permis de déterminer l'intervalle entre les mises bas et d'évaluer la productivité des différents traitements. Le taux de réforme des

femelles était calculé lors de chaque période d'accouplement (nombre de brebis mortes ou réformées/nombre de brebis présentes dans le groupe à la mise au bélier). Afin d'évaluer la performance de chacun des systèmes de production, les paramètres suivants ont également été calculés : nombre d'agneaux sevrés/nombre de brebis agnelées; nombre d'agnelages/brebis/année; nombre d'agneaux nés/brebis/année; nombre d'agneaux sevrés/brebis/année et kilogrammes d'agneaux sevrés/brebis/année. Afin d'évaluer les effets à court et à moyen termes du programme lumineux, l'évolution de la prolificité, de la fertilité et du taux de réforme a été suivie au cours des cycles de reproduction. Puisque des mesures d'état de chair étaient pratiquées cinq fois par période de huit mois de production (à la saillie, à l'échographie, 5 semaines avant la mise bas, à l'agnelage et au sevrage), ces données étaient intégrées à l'interprétation des résultats afin de déterminer la capacité des ovins à supporter ce type de système de production. Les mesures de l'état de chair étaient obtenues par la palpation des vertèbres lombaires, de la croupe et des côtes (note de 1 à 5; 1 étant extrêmement maigre). Puisque cette mesure est subjective, elle était toujours prise par la même personne.

3.3.7. Prélèvements sanguins

3.3.7.1. Mesures de la progestérone

Un suivi des concentrations de progestérone a été effectué dans un groupe de 20 brebis sous contrôle photopériodique (groupe D) afin de déterminer le début de la cyclicité suite au transfert en JC (début des JC le 12 avril). Ces brebis avaient toutes été sevrées avant le début des prélèvements et leur état de chair moyen au sevrage était de 2,4. Les prélèvements ont débuté 31 jours après le début des JC et se sont terminés 84 jours après le premier échantillonnage. Les prélèvements étaient effectués à un intervalle de quatre jours. Au total, 16 prélèvements ont été réalisés chez chaque femelle. Les béliers ont été introduits avec les brebis durant la période d'échantillonnage, soit 55 jours après le début des JC. Les échantillons sanguins ont été prélevés dans la veine jugulaire à l'aide de tubes de verre héparinés de 10 ml (Vacutainer®). Après le prélèvement, les tubes étaient placés sur la glace et centrifugés dans l'heure qui suivait (4°C durant 20 minutes à 2000 tours/minute). Le plasma était recueilli et congelé à -20°C dans des microtubes en polypropylène jusqu'à l'analyse. La progestérone plasmatique a été dosée à l'aide d'une trousse commerciale (Active Progesterone DSL-3900, Diagnostic Systems Laboratories Inc., Texas, USA). La sensibilité du test est de

0.12 ng/ml. Le coefficient de variation (CV) intra-essai a été de 3,6 %. Le coefficient de variation inter-essai, tel que déterminé par la précision indiquée dans la trousse commerciale, peut varier de 9.2 % à 13.0 %.

3.3.7.2. Mesures de mélatonine

Puisque les intensités lumineuses mesurées durant le jour dans les bâtiments utilisés pour le protocole lumineux étaient très faibles (15 lux en JC et 35 lux en JL), des échantillons sanguins visant à mesurer la concentration plasmatique de mélatonine ont été prélevés. Ces analyses ont permis de déterminer si ces faibles intensités lumineuses étaient suffisantes pour inhiber la sécrétion endogène de mélatonine par la glande pinéale durant la période d'éclairage. Des prélèvements ont été réalisés deux fois durant l'automne de la seconde année d'expérimentation. Un premier prélèvement a eu lieu en JC (110 jours après le début des JC) et un second prélèvement a été réalisé durant la période de JL (25 jours après le début des JL). Un total de 15 brebis a été échantillonné en JL et en JC. Les échantillons sanguins ont été prélevés à intervalle de 2 h sur une période de 24 h, ainsi que 30 minutes avant et 30 minutes après l'ouverture et la fermeture des lumières. Durant la nuit, une très faible lumière rouge sombre (type « light stick »), générant moins de 1 lux au niveau des yeux des animaux, a été utilisée pour effectuer les opérations nocturnes. Les échantillons de sang ont été obtenus par des prélèvements dans la veine jugulaire avec des tubes de verre pour la récolte de plasma (tubes Vacutainer®, 10 ml). Les échantillons étaient placés sur la glace en attendant la centrifugation qui a été réalisée dans l'heure suivant le prélèvement. Les échantillons ont été centrifugés à 2000 tours/min. Le plasma a été recueilli et congelé à -20°C dans des microtubes en polypropylène. La mélatonine a été mesurée dans des tubes de 100 µl (en duplicata) par une technique d'anticorps radioactifs décrite précédemment par un protocole de Malpaux *et al.* (1993). Tous les échantillons ont été analysés lors d'un seul dosage. Les résultats de ces échantillons ont permis de tracer le patron de sécrétion de la mélatonine des brebis exposées aux JC et aux JL sous différentes intensités lumineuses. Le coefficient de variation (CV) intra-essai était de 6,3 %. La sensibilité de ce test permettait de détecter des concentrations de 4 pg/ml.

3.3.8. Analyses statistiques

3.3.8.1. Paramètres zootechniques

Les données utilisées pour les analyses ont été compilées entre le mois de septembre 2001 et le mois d'octobre 2003. Après les dernières saillies (juillet 2003), le troupeau a été vendu. Les données d'agnelage des derniers accouplements ont tout de même été compilées.

Toutes les variables non catégoriques ont été testées par une analyse de variance en utilisant la procédure MIXED de SAS (1999-2001). Parmi les variables non catégoriques analysées : l'intervalle *post-partum* à la saillie, le poids des agneaux et de la portée à la naissance, le poids des agneaux et de la portée au sevrage, l'âge des agneaux au sevrage, l'intervalle mise au bélier-saillie fécondante et l'état de chair. Puisque les variables étaient observées sur les mêmes brebis durant l'expérience (différents cycles de reproduction), l'analyse de variance a été pratiquée en considérant les cycles comme des mesures répétées. Un ajustement de Tukey-Kramer a été ajouté à l'analyse de la variance lors de la comparaison des moyennes entre les groupes pour palier au problème des comparaisons multiples. Les paramètres zootechniques catégoriques ont été analysés à l'aide de la procédure LOGISTIC de SAS. Parmi les variables catégoriques étudiées : le pourcentage de brebis venues en chaleur, le taux de fertilité à l'échographie, le taux de fertilité réel à la mise bas, le nombre d'agneaux nés et sevrés, le taux de mortalité des agneaux et le taux de réforme des femelles. Un test de Khi-deux de Wald a été appliqué sur ces données pour déterminer l'association entre la réponse (taux) et les traitements.

Seules les brebis ayant reçu un traitement photopériodique complet strict de quatre mois de JL et de quatre mois de JC étaient considérées dans les analyses statistiques. Ainsi, les brebis non gestantes aux échographies et transférées dans un autre groupe et les agnelles de remplacement (à la première saillie) n'ont pas été pas intégrées aux analyses statistiques. Ces femelles étaient à nouveau ajoutées dans les groupes sous contrôle photopériodique lorsqu'elles avaient complété un traitement complet de JL et de JC.

Une analyse globale a permis d'étudier la présence d'effets significatifs entre les groupes soumis au traitement lumineux (A, B, C, D) et entre leurs différents cycles de reproduction

(accouplements 1, 2 et 3). La présence d'interactions entre les cycles et les groupes a également été étudiée. Bien que chaque groupe ait été soumis au même régime lumineux, il était pertinent de déterminer si certains groupes performaient mieux que d'autres.

Des analyses statistiques ont aussi été effectuées à l'intérieur de chacun des groupes afin de préciser les effets entre les cycles de reproduction. Des analyses portant sur le moment de la période d'accouplement ont été faites sur les brebis traitées avec le programme de photopériode. Dans ces analyses, les paramètres zootechniques de toutes les brebis saillies en saison sexuelle naturelle ont été regroupés et comparés aux performances des femelles accouplées en contre-saison, sans égard au groupe.

Afin d'évaluer l'effet du programme photopériodique expérimental face à une régie conventionnelle de production (éponges vaginales), les performances de reproduction du groupe D ont été comparées à celle du groupe témoin. Les brebis de ces deux groupes étaient toujours accouplées aux mêmes moments et selon la même conduite d'élevage.

En ce qui concerne les agnelles de remplacement, puisque peu de femelles ont été étudiées, leurs performances zootechniques n'ont pas fait l'objet d'analyses statistiques. Seules les moyennes brutes sont présentées.

3.3.8.2. *Mesures sanguines*

Les mesures sanguines de progestérone et de mélatonine ont été analysées par un test de Student apparié avec le logiciel SAS. Les analyses de progestérone visaient à déterminer à quel moment les brebis devenaient cycliques suite à leur passage en JC. Dans ces analyses, une brebis était considérée comme cyclique aussitôt qu'un premier échantillon de progestérone plasmatique était supérieur à 1 ng/ml (Thimonier, 2000). Les mesures sanguines de mélatonine ont également été analysées par un test de Student apparié avec le logiciel SAS. Ces analyses ont permis de tracer le patron de sécrétion de mélatonine et de déterminer l'existence de différences significatives entre le jour et la nuit.

3.4. Résultats et discussions

3.4.1. Performances zootechniques des brebis exposées au traitement lumineux

Le tableau 3.2 présente la compilation des résultats obtenus pour chacun des groupes exposés au traitement lumineux. Ce tableau regroupe les performances zootechniques des trois périodes d'accouplements et d'agnelages des deux années du projet.

Des interactions significatives Groupe*Cycle (G*C) ont été observées pour la très grande majorité des variables. C'est pour cette raison que l'interprétation des résultats sera basée principalement sur les analyses subséquentes faites pour chaque groupe d'accouplement.

Pour les variables ne présentant pas d'interaction G*C, il apparaît que le groupe a eu un effet significatif sur l'intervalle *post-partum* (P=0.0256). Les brebis du groupe B avaient un intervalle *post-partum* significativement plus faible que celui des tous les autres groupes. Il faut cependant être prudent avec cette analyse puisque certaines brebis, diagnostiquées gestantes à l'échographie, n'agnelaient pas lors de la période de mise bas. Ainsi, lors de l'agnelage suivant, l'intervalle *post-partum* de ces femelles était très élevé et augmentait la valeur moyenne de ce paramètre. Il est donc difficile de conclure que la séquence lumineuse donnée au groupe B ait favorisé une reprise plus rapide de l'activité sexuelle chez les femelles. Un effet significatif du cycle d'accouplement a également été noté pour le pourcentage de brebis venues en chaleur (P=0.0051). En général, une légère baisse du nombre de brebis exprimant un comportement oestral a été observé lors du 3^e cycle d'accouplement. Néanmoins, cette différence a été significative pour le groupe A seulement (98.1 % pour le cycle 1, 96.1 % pour le cycle 2 et 83.3 % pour le cycle 3, P=0,0379) et a pu être attribuable à un marquage moins évident. En effet, lors du troisième cycle d'accouplement, la fertilité à l'agnelage du groupe A a été de 91.4%, soit un taux supérieur à celui des femelles ayant présenté un comportement de chaleur.

Tableau 3.2. Performances zootechniques obtenues dans les groupes soumis au traitement lumineux expérimental de septembre 2001 à octobre 2003.

Paramètres	GROUPEs				EFFETS ^Z		
	A	B	C	D	Groupe	Cycle	G * C
Nombre d'accouplements	140	125	152	151			
Période d'accouplement							
<i>Cycle 1</i>	Déc. – janv.	Août – sept.	Fév. – mars	Oct. – nov.			
<i>Cycle 2</i>	Août – sept.	Avril – mai	Oct. – nov.	Juin – juil.			
<i>Cycle 3</i>	Avril – mai	Déc. – janv.	Juin – juil.	Fév. – mars			
Âge à la saillie (années)	2.7 ± 0.1	2.4 ± 0.1	2.9 ± 0.1	2.6 ± 0.1	0.0001	0.0001	0.0001
Intervalle dernier agnelage - saillie fécondante (jours)	98.9 ± 3.6 ^b	85.9 ± 3.8 ^a	90.5 ± 3.3 ^b	101.4 ± 3.5 ^b	0.0256	0.6931	0.7462
Brebis venues en chaleur (%)	93.5	95.2	95.4	96.2	0.7747	0.0051	0.3023
Fertilité à l'échographie (%)	89.9	96.0	99.0	95.4	0.0296	0.0005	0.0354
Période d'agnelage							
<i>Cycle 1</i>	Mai – juin	Janv. – fév.	Juil. – août	Mars – avril			
<i>Cycle 2</i>	Janv. – fév.	Sept. – oct.	Mars – avril	Nov – déc.			
<i>Cycle 3</i>	Sept. – oct.	Mai – juin	Nov. – déc.	Juil. – août			
Fertilité à l'agnelage (%)	86.9	92.8	95.3	91.2	0.0857	0.0040	0.0014
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.54 ± 0.09	2.70 ± 0.10	2.84 ± 0.08	2.81 ± 0.09	0.1308	0.0797	0.0020
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.4 ± 0.1	3.6 ± 0.1	3.6 ± 0.1	3.5 ± 0.2	0.6250	0.0078	0.0001
Poids de la portée à la naissance (kg)	8.1 ± 0.3	8.9 ± 0.3	8.8 ± 0.2	8.1 ± 0.4	0.2014	0.0001	0.0443
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.89 ± 0.09	1.92 ± 0.10	1.90 ± 0.08	1.60 ± 0.08	0.0139	0.0282	0.0093
Poids des agneaux au sevrage (kg)	17.2 ± 0.5	16.4 ± 0.4	17.3 ± 0.3	16.6 ± 0.3	0.4628	0.0024	0.0001
Poids de la portée au sevrage (kg)	33.6 ± 1.6	34.4 ± 1.8	35.9 ± 1.3	30.3 ± 1.2	0.1176	0.4214	0.0001
Âge des agneaux au sevrage (jours)	56.9 ± 0.9	54.7 ± 0.7	56.9 ± 0.5	55.1 ± 0.5	0.1813	0.0001	0.0001
Taux de mortalité des agneaux (%)	25.6	29.3	32.8	40.3	0.0001	0.0057	0.0003
Intervalle mise au bélier - saillie fécondante (jours)	11.2 ± 1.0	11.4 ± 1.0	7.7 ± 0.9	7.7 ± 0.9	0.0330	0.0001	0.0001
État de chair moyen	2.6 ± 0.1	2.9 ± 0.1	2.3 ± 0.1	2.9 ± 0.1	0.0001	0.0001	0.0001
<i>État de chair à la saillie</i>	2.4 ± 0.1	2.7 ± 0.1	2.6 ± 0.1	2.9 ± 0.1	0.0005	0.0001	0.0001
<i>État de chair à l'échographie</i>	2.9 ± 0.1	3.2 ± 0.1	2.9 ± 0.1	3.1 ± 0.1	0.0974	0.1182	0.0001
<i>État de chair 5 semaines avant mise bas</i>	2.9 ± 0.1	3.2 ± 0.1	2.9 ± 0.1	3.1 ± 0.1	N.D.	0.0001	0.0001
<i>État de chair à l'agnelage</i>	3.0 ± 0.1	3.0 ± 0.1	2.5 ± 0.1	2.9 ± 0.1	0.0001	0.0001	0.0001
<i>État de chair au sevrage</i>	1.8 ± 0.1	2.4 ± 0.1	1.5 ± 0.1	2.5 ± 0.1	0.0001	0.0001	0.0001
Taux de réforme des brebis (%)	4.3	8.8	6.6	7.9	0.4907	0.3697	0.8016

^Z Valeur de P

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes pour l'effet du groupe ($P > 0.05$).

Le taux de réforme a été identique autant entre les cycles de mise bas, qu'entre les groupes. Mentionnons que le taux de remplacement des femelles a été de 27,3 % durant les deux années du projet. Ce taux de réforme est similaire à celui observé dans les troupeaux conventionnels du Québec, soit environ 16% par année (Étude du coût de production de l'agneau au Québec, MAPAQ, 2002). Ainsi, sur une période de deux ans, le programme lumineux n'a pas accentué le taux de réforme annuel.

Afin d'évaluer plus précisément l'effet du programme lumineux sur chacun des paramètres à l'étude, les analyses ont été effectuées entre les cycles de reproduction à l'intérieur de chacun des groupes (Tableaux 3.3, 3.4, 3.5 et 3.6).

Tableau 3.3. Performances reproductives des brebis du groupe A sous contrôle lumineux

Paramètres	Cycles de reproduction			Valeur P
	1	2	3	
Nombre de brebis	52	52	36	
Période d'accouplement	Déc. – janv.	Août – sept	Avril – mai	
Saison d'accouplement	Saison	Contre-saison	Contre-saison	
Âge à la saillie (années)	1.7 ± 0.1 ^a	2.4 ± 0.1 ^b	3.1 ± 0.1 ^c	< 0.0001
Intervalle dernier agnelage - saillie fécondante (jours)	90.3 ± 6.1	100.5 ± 5.1	97.4 ± 6.1	0.4236
Brebis venues en chaleur (%)	98.1 ^a	96.1 ^a	83.3 ^b	0.0379
Fertilité à l'échographie (%)	100.0 ^a	76.5 ^b	94.4 ^a	0.0047
Période d'agnelage	Mai – juin	Janv. – fév.	Sept – oct.	
Fertilité à l'agnelage (%)	100.0 ^a	70.6 ^b	91.4 ^c	0.0013
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.37 ± 0.13 ^a	2.58 ± 0.17 ^b	2.78 ± 0.17 ^c	0.0510
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.7 ± 0.1 ^a	3.7 ± 0.2 ^a	2.9 ± 0.2 ^b	0.0510
Poids de la portée à la naissance (kg)	7.7 ± 0.3	8.7 ± 0.4	7.9 ± 0.6	0.2125
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.71 ± 0.11	2.03 ± 0.16	2.03 ± 0.24	0.1307
Poids des agneaux au sevrage (kg)	21.4 ± 0.7 ^a	13.5 ± 0.75 ^b	N.D.	< 0.0001
Poids de la portée au sevrage (kg)	38.1 ± 1.9 ^a	27.9 ± 2.22 ^b	N.D.	0.0006
Âge des agneaux au sevrage (jours)	64.1 ± 1.1 ^a	47.5 ± 1.2 ^b	N.D.	< 0.0001
Taux de mortalité des agneaux (%)	29.3 ± 0.1	20.7 ± 0.1	N.D.	0.1537
Intervalle mise au bélier – saillie fécondante (jours)	6.0 ± 1.0 ^a	21.6 ± 1.2 ^b	5.7 ± 1.3 ^a	< 0.0001
État de chair moyen durant le cycle de production	2.7 ± 0.1 ^a	2.5 ± 0.1 ^b	2.6 ± 0.1 ^{ab}	0.0460
<i>État de chair à la saillie</i>	2.5 ± 0.1 ^a	2.7 ± 0.1 ^a	2.2 ± 0.1 ^b	0.0002
<i>État de chair à l'échographie</i>	2.9 ± 0.1	2.8 ± 0.1	2.9 ± 0.1	0.5309
<i>État de chair 5 semaines avant la mise bas</i>	2.9 ± 0.1	2.8 ± 0.1	N.D.	0.5297
<i>État de chair à l'agnelage</i>	3.1 ± 0.1	3.0 ± 0.1	N.D.	0.4208
<i>État de chair au sevrage</i>	2.1 ± 0.1 ^a	1.5 ± 0.1 ^b	N.D.	< 0.0001
Taux de réforme des brebis (%)	3.9	5.8	2.8	0.7834

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$).

Tableau 3.4. Performances reproductives des brebis du groupe B sous contrôle lumineux

Paramètres	Cycles de reproduction			Valeur P
	1	2	3	
Nombre de brebis	47	43	35	
Période d'accouplement	Août – sept.	Avril – mai	Déc. – janv.	
Saison d'accouplement	Contre-saison	Contre-saison	Saison	
Âge à la saillie (années)	2.1 ± 0.1 ^a	2.8 ± 0.1 ^b	3.5 ± 0.1 ^c	< 0.0001
Intervalle dernier agnelage - saillie fécondante (jours)	174.4 ± 3.2 ^a	89.1 ± 2.8 ^b	82.9 ± 3.0 ^b	< 0.0001
Brebis venues en chaleur (%)	97.9	97.7	88.6	0.1496
Fertilité à l'échographie (%)	100.0	90.7	97.1	0.2371
Période d'agnelage	Janv. – fév.	Sept. – oct.	Mai – juin	
Fertilité à l'agnelage (%)	97.9	90.7	88.6	0.2892
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.35 ± 0.15 ^a	3.18 ± 0.16 ^c	2.61 ± 0.17 ^b	0.0007
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.5 ± 0.1 ^a	3.1 ± 0.2 ^a	4.1 ± 0.2 ^b	< 0.0001
Poids de la portée à la naissance (kg)	7.9 ± 0.4 ^a	8.9 ± 0.5 ^{ab}	10.0 ± 0.5 ^b	0.0138
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.72 ± 0.14 ^a	2.15 ± 0.15 ^b	N.D.	0.0299
Poids des agneaux au sevrage (kg)	16.8 ± 0.9	17.1 ± 1.0	N.D.	0.7745
Poids de la portée au sevrage (kg)	31.8 ± 2.4 ^a	37.1 ± 2.5 ^b	N.D.	0.0598
Âge des agneaux au sevrage (jours)	57.4 ± 1.5 ^a	51.5 ± 1.6 ^b	N.D.	0.0093
Taux de mortalité des agneaux (%)	25.9 ± 0.1	32.3 ± 0.2	N.D.	0.2913
Intervalle mise au bélier – saillie fécondante (jours)	16.2 ± 1.7 ^a	13.3 ± 1.7 ^a	5.1 ± 1.9 ^b	< 0.0001
État de chair moyen durant le cycle de production	3.0 ± 0.1 ^a	2.9 ± 0.1 ^a	2.8 ± 0.1 ^b	0.0027
<i>État de chair à la saillie</i>	N.D.	2.7 ± 0.1	2.7 ± 0.1	0.2882
<i>État de chair à l'échographie</i>	3.2 ± 0.1 ^a	3.3 ± 0.1 ^a	2.9 ± 0.1 ^b	< 0.0001
<i>État de chair 5 semaines avant la mise bas</i>	3.3 ± 0.1 ^a	3.3 ± 0.1 ^a	2.8 ± 0.1 ^b	< 0.0001
<i>État de chair à l'agnelage</i>	3.1 ± 0.1	3.1 ± 0.1	N.D.	0.9326
<i>État de chair au sevrage</i>	2.4 ± 0.1	2.4 ± 0.1	N.D.	0.9726
Taux de réforme des brebis (%)	8.5	9.3	8.6	0.9897

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$).

Tableau 3.5. Performances reproductives des brebis du groupe C sous contrôle lumineux

Paramètres	Cycles de reproduction			Valeur P
	1	2	3	
Nombre de brebis	54	47	51	
Période d'accouplement	Fév. – mars	Oct. – nov.	Juin – juil.	
Saison d'accouplement	Contre-saison	Saison	Contre-saison	
Âge à la saillie (années)	1.9 ± 0.1 ^a	2.6 ± 0.1 ^b	3.3 ± 0.1 ^c	< 0.0001
Intervalle dernier agnelage - saillie fécondante (jours)	129.6 ± 6.0 ^a	89.8 ± 4.6 ^b	91.2 ± 4.4 ^b	< 0.0001
Brebis venues en chaleur (%)	98.1	97.9	90.2	0.1480
Fertilité à l'échographie (%)	98.1	100.0	N.D.	0.8933
Période d'agnelage	Juil. – août	Mars – avril	Nov. – déc.	
Fertilité à l'agnelage (%)	98.1	100.0	88.2	0.0753
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2,96 ± 0.12	2.83 ± 0.12	2.71 ± 0.16	0.1785
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.0 ± 0.1 ^a	3.6 ± 0.1 ^b	4.2 ± 0.1 ^c	< 0.0001
Poids de la portée à la naissance (kg)	7.4 ± 0.4 ^a	9.5 ± 0.4 ^b	9.5 ± 0.4 ^b	< 0.001
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.59 ± 0.13 ^a	1.98 ± 0.15 ^b	2.18 ± 0.14 ^b	0.0149
Poids des agneaux au sevrage (kg)	17.4 ± 0.8 ^a	16.1 ± 0.8 ^a	20.6 ± 0.7 ^b	0.0003
Poids de la portée au sevrage (kg)	31.0 ± 2.2 ^a	34.6 ± 2.3 ^a	42.4 ± 2.2 ^b	0.0018
Âge des agneaux au sevrage (jours)	59.9 ± 1.1 ^a	59.6 ± 1.1 ^a	51.4 ± 1.1 ^b	< 0.0001
Taux de mortalité des agneaux (%)	46.4 ± 0.1 ^a	29.6 ± 0.1 ^b	19.7 ± 0.1 ^b	< 0.0001
Intervalle mise au bélier – saillie fécondante (jours)	5.8 ± 0.9 ^a	7.6 ± 0.9 ^{ab}	9.8 ± 0.9 ^b	0.0066
État de chair moyen durant le cycle de production	2.9 ± 0.1 ^a	2.3 ± 0.1 ^b	1.8 ± 0.1 ^c	< 0.0001
<i>État de chair à la saillie</i>	2.9 ± 0.1 ^a	3.0 ± 0.1 ^a	1.8 ± 0.1 ^b	< 0.0001
<i>État de chair à l'échographie</i>	3.1 ± 0.1 ^a	2.6 ± 0.1 ^b	N.D.	< 0.0001
<i>État de chair 5 semaines avant la mise bas</i>	3.5 ± 0.1 ^a	2.2 ± 0.1 ^b	N.D.	< 0.0001
<i>État de chair à l'agnelage</i>	3.0 ± 0.1 ^a	1.9 ± 0.1 ^b	N.D.	< 0.0001
<i>État de chair au sevrage</i>	1.9 ± 0.1 ^a	1.1 ± 0.1 ^b	N.D.	< 0.0001
Taux de réforme des brebis (%)	11.3	6.4	2.0	0.6962

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$).

Tableau 3.6. Performances reproductives des brebis du groupe D sous contrôle lumineux

Paramètres	Cycles de reproduction			Valeur P
	1	2	3	
Nombre de brebis	58	50	43	
Période d'accouplement	Oct. – nov.	Juin – juil.	Fév. – mars	
Saison d'accouplement	Saison	Contre-saison	Contre-saison	
Âge à la saillie (années)	2.1 ± 0.1 ^a	2.8 ± 0.1 ^b	3.5 ± 0.1 ^c	< 0.0001
Intervalle dernier agnelage - saillie fécondante (jours)	213.4 ± 13.9 ^a	97.8 ± 6.3 ^b	102.8 ± 6.6 ^b	< 0.0001
Brebis venues en chaleur (%)	98.1	92.0	100.0	0.6916
Fertilité à l'échographie (%)	96.6	92.0	97.7	0.4032
Période d'agnelage	Mars – avril	Nov. – déc.	Juil. – août	
Fertilité à l'agnelage (%)	91.2	88.0	95.0	0.5239
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.79 ± 0.15	2.68 ± 0.12	2,97 ± 0.19	0.5704
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.2 ± 0.1	3.4 ± 0.1	4.1 ± 0.4	0.0981
Poids de la portée à la naissance (kg)	7.7 ± 0.4	7.5 ± 0.4	9.0 ± 1.2	0.4827
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.77 ± 0.13 ^a	1.36 ± 0.13 ^b	1.66 ± 0.16 ^a	0.0581
Poids des agneaux au sevrage (kg)	16.6 ± 0.7	17.8 ± 0.8	14.3 ± 2.2	0.2764
Poids de la portée au sevrage (kg)	32.9 ± 1.7	27.9 ± 1.9	27.1 ± 5.2	0.1468
Âge des agneaux au sevrage (jours)	54.7 ± 0.8	55.1 ± 0.9	56.8 ± 3.6	0.8356
Taux de mortalité des agneaux (%)	35.6 ± 0.1	49.2 ± 0.1	37.2 ± 0.1	0.0612
Intervalle mise au bélier – saillie fécondante (jours)	10.3 ± 1.5 ^a	8.8 ± 1.6 ^{ab}	3.8 ± 1.7 ^b	0.0179
État de chair moyen durant le cycle de production	2.9 ± 0.1 ^a	2.9 ± 0.1 ^a	3.0 ± 0.1 ^b	0.0020
<i>État de chair à la saillie</i>	N.D.	3.1 ± 0.1 ^a	2.8 ± 0.1 ^b	0.0002
<i>État de chair à l'échographie</i>	2.9 ± 0.1 ^a	3.1 ± 0.1 ^b	3.2 ± 0.1 ^b	< 0.001
<i>État de chair 5 semaines avant la mise bas</i>	3.1 ± 0.1	3.2 ± 0.1	3.1 ± 0.1	0.2929
<i>État de chair à l'agnelage</i>	2.8 ± 0.1 ^a	3.0 ± 0.1 ^b	N.D.	0.0038
<i>État de chair au sevrage</i>	2.6 ± 0.1 ^a	2.4 ± 0.1 ^b	N.D.	0.0317
Taux de réforme des brebis (%)	10.3	6.0	7.0	0.6852

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$).

3.4.1.1. Comportement oestral et taux de fertilité

Le pourcentage de brebis venues en chaleur dans les différentes périodes d'accouplement a été élevé dans tous les groupes à l'étude. Le traitement lumineux semble ainsi avoir permis d'induire efficacement le comportement oestral chez les femelles.

Dans tous les groupes, le taux de fertilité à la mise bas a toujours été similaire ou légèrement inférieur au taux de fertilité observé lors de l'échographie. Puisque le taux de fertilité à l'échographie peut comporter une part d'erreur reliée à la technique ou à de la mortalité embryonnaire hâtive, le taux de fertilité à l'agnelage a été privilégié dans l'analyse globale des résultats.

En général, les performances de fertilité ont été excellentes pour tous les groupes soumis au protocole lumineux. En effet, la moyenne globale de fertilité obtenue sur une durée de deux ans a été de 91.6 %. Il n'y a pas eu de différence de fertilité entre les cycles de reproduction à l'intérieur des groupes sauf pour le groupe A qui a connu une baisse significative de fertilité (70.6 %) à la saillie des mois d'août-septembre. Ce taux de conception était significativement plus faible que les performances obtenues lors de la première et dernière saillie des femelles de ce groupe (100 % pour le cycle 1 et 91.4 % pour le cycle 3, $P=0.0013$). Il faut toutefois noter que dix des douze brebis non gestantes à ce 2^e cycle de reproduction présentaient des traces évidentes de craies de harnais marqueurs laissées par les béliers, signes confirmant la venue en chaleur de ces brebis. Cette observation suggère que le programme lumineux a permis d'induire l'activité de reproduction, mais qu'un facteur a contribué négativement à la fécondation ou au maintien de la gestation. Les températures élevées enregistrées lors de cette période de saillie (plus de 5 jours où la température avoisinait 30°C et plus, maximum de 33.3°C, annexe 1) serait le principal facteur qui expliquerait la diminution de la fertilité observée lors de ce cycle. Il est reconnu que les températures élevées diminuent la survie embryonnaire (Dutt, 1963; 1964) et diminuent également la libido, la quantité de semence produite, ainsi que la qualité et la capacité fécondante des spermatozoïdes chez les mâles (Alliston *et al.*, 1961a; Chemineau, 1993). Une tendance à la baisse du taux de fertilité a été observée entre les cycles de reproduction pour le groupe C (98.1 % pour le cycle 1, 100.0 %

pour le cycle 2 et 88.2 % pour le cycle 3, $P=0.0753$). Les légères variations des performances de fertilité observées entre les cycles suggèrent la présence d'un effet de saison pour cette variable. Cette analyse est présentée un peu plus loin. De même, bien que le groupe B ait été synchronisé aux éponges vaginales lors de la première saillie, d'excellents taux de fertilité ont été notés lors des accouplements suivants. Il faut par ailleurs mentionner que la plupart des saillies fécondantes de ce groupe n'ont pas été obtenues suites à la synchronisation hormonale. En effet, la figure 3.10, présentée à l'annexe 1, démontre que plus de la moitié des femelles ont été saillies au milieu et à la fin de la période d'accouplement.

Dans notre étude, les taux élevés de fertilité ont été relativement constants entre les cycles de reproduction de chaque groupe. Cette observation diffère de ce qui avait été observé par Ducker et Bowman (1972), Vesely, 1978 ; Vesely et Bowden, 1980 ; Vesely et Swierstra, 1985) et Hackett et Wolynetz (1982, 1985) lors de la réalisation d'autres essais de protocoles photopériodiques alternatifs continus. Ces auteurs avaient noté des variations importantes du taux de fertilité ou des baisses progressives entre chaque cycle de reproduction successif. Dans ces recherches, plusieurs facteurs pouvaient expliquer ces variations. Ainsi, selon l'étude, le faible intervalle entre l'agnelage et la remise en accouplement, la détérioration de l'état de chair des femelles, la mauvaise planification de la période des saillies (bélier introduit dans les groupes de brebis au moment inapproprié selon la séquence de JL/JC) ou l'absence de préparation des mâles ont pu contribuer aux baisses de fertilité observées. Dans la présente étude, le contrôle adéquat de plusieurs de ces facteurs aurait permis d'améliorer les performances de ce genre de système photopériodique à des niveaux encore jamais atteints. En effet, le calendrier photopériodique à l'essai dans cette étude permettait toujours de respecter un intervalle *post-partum* minimum de 60 jours. Dans l'étude, l'intervalle moyen entre le dernier agnelage et la saillie fécondante était d'environ 95 jours, ce qui est reconnu pour améliorer les performances de reproduction (Goulet et Castonguay, 2002). Ces auteurs avaient observé que l'allongement de l'intervalle entre l'agnelage et l'accouplement, de 75 à 90 jours, avait permis d'augmenter l'état de chair des brebis à la saillie, d'améliorer le taux de fertilité et de prolificité des femelles ainsi que d'obtenir des poids de portée supérieurs. D'autre part, bien que des baisses significatives de l'état de chair à la saillie aient été observées lors du 3^e cycle d'accouplement pour les groupes A, C et D, ces diminutions ne semblent pas avoir

affecté les performances de fertilité de ces groupes. Par ailleurs, mentionnons que les conditions de chair mesurées lors de la mise au bélier dépassaient généralement la cote de 2.5. Molina *et al.* (1994) avaient observé que la fertilité des femelles était affectée négativement lorsque l'état corporel était inférieur à une cote de 2.0 lors de la mise au bélier.

Dans la présente étude, la préparation photopériodique des béliers a certainement favorisé l'obtention de bonnes performances de reproduction, comme l'ont déjà démontré les travaux de Schanbacher (1979) et de Fitzgerald et Stellflug (1991). Dans l'étude de Hackett et Wolynetz (1982), les auteurs avaient observé des baisses de fertilité chez les femelles lors du début de la saison sexuelle. Ces auteurs mettaient surtout les béliers en cause, par un manque de libido et d'agressivité, une qualité et une quantité de semence inférieures et la combinaison de tous ces facteurs. Dans l'étude de Hackett et Wolynetz (1982), les béliers suivaient la même séquence photopériodique que les femelles (alternance de quatre mois de JC /JL). Néanmoins, cette séquence n'aurait pas été optimale pour stimuler adéquatement la fonction reproductrice des mâles et les saillies avaient lieu durant la période de JL. On sait que chez les béliers, des cycles alternatifs de plus de trois mois causent des variations plus importantes de la qualité de la semence, du poids testiculaire et de la production spermatique (Pelletier et Almeida, 1987) comparativement à des béliers exposés à des séquences plus courtes, soit d'un ou de deux mois de JL et de JC (Pelletier et Almeida, 1987; Almeida et Pelletier, 1988; Delgadillo *et al.*, 1991; Delgadillo et Chemineau, 1992). Dans la présente étude, les béliers étaient préparés à l'aide de cycles photopériodiques courts (alternance rapide entre deux mois de JL/JC), ce qui aurait permis d'obtenir de bonnes performances de fertilité et ce, peu importe le moment de l'année.

Durant notre étude, deux groupes de béliers ont été utilisés, soit un premier pour la saillie des groupes A et B et un second pour les accouplements des groupes C et D. Puisque la capacité de fécondation des spermatozoïdes de ces béliers n'a pas été évaluée durant le projet, il n'est pas impossible d'exclure l'effet du groupe de bélier sur les performances de reproduction des femelles présentes dans les différents groupes sous analyses.

Les performances de reproduction ont également pu être favorisées par des accouplements réalisés au moment approprié dans la séquence photopériodique qui était 55 jours après le début des JC. En effet, il a été démontré que chez des femelles soumises à des séquences alternatives de JL/JC, l'activité ovulatoire est maximale approximativement 50 jours après le début des JC (Chemineau *et al.*, 1988).

3.4.1.2. Nombre d'agneaux produits

Globalement, le protocole lumineux n'a pas influencé le taux de prolificité des brebis en fonction du cycle d'accouplement. Une hausse du nombre d'agneaux nés/brebis/agnelage a cependant été observée dans les groupes A et B. Cette augmentation du taux de prolificité pourrait être attribuable à un effet de l'âge des femelles. En effet, au départ du projet, les brebis étaient relativement jeunes (1.8 ans) et lors du troisième cycle d'accouplement, la plupart des femelles étaient âgées de plus de trois ans. Il est reconnu que la prolificité des femelles augmente progressivement avec l'âge pour atteindre un plateau vers l'âge de 4 à 7 ans (Notter *et al.*, 2000). À l'intérieur des groupes et des cycles, certaines variations de prolificité ont semblé étroitement liées au moment où avait lieu la période d'accouplement durant l'année. L'effet de la saison sur ce paramètre est présenté plus loin.

En général, le protocole lumineux n'a pas influencé de façon importante le nombre d'agneaux sevrés/brebis/agnelage. En effet, les données étaient variables entre les groupes et selon la période d'accouplement. Une hausse significative du nombre d'agneaux sevrés a cependant été observée lors de la seconde période d'agnelage pour les groupes B et C. Le groupe D a également sevré plus d'agneaux lors du premier et dernier cycle d'agnelage que lors de la deuxième période de mise bas. Il faut toutefois soulever que la régie d'élevage et les conditions ambiantes présentes dans les bâtiments n'étaient pas optimales. Ces éléments ont pu augmenter le taux de mortalité des agneaux entre les différents cycles d'agnelage et ainsi affecter directement le nombre d'agneaux sevrés.

Le taux de mortalité des agneaux a varié entre les cycles et entre les groupes de femelles, certains présentant des taux de mortalité importants au 2^e cycle de mise bas ou lors du premier

agnelage (Groupe C). Il faut mentionner que les taux de mortalité mesurés ont été très élevés. Les pertes d'agneaux sont survenues principalement durant la période entourant la mise bas et dans les jours suivant la parturition. La forte prolificité de la race Arcott Rideau, associée au faible poids de certains agneaux à la naissance, à un environnement sous-optimal dans les bâtiments d'élevage et à des conduites d'élevage déficientes lors de la période entourant la mise bas sont quelques-uns des facteurs ayant contribué à augmenter la mortalité chez les agneaux. Les causes de mortalité ne sont donc probablement pas liées aux traitements évalués.

3.4.1.3. Poids des agneaux

En général, le protocole lumineux n'a pas influencé de façon évidente le poids des agneaux et le poids de la portée à la naissance. Néanmoins, dans les groupes B et C, une augmentation significative du poids des agneaux et de la portée à la naissance a été observée entre les cycles de reproduction. Seul le groupe A a présenté une baisse significative du poids de naissance des agneaux lors du troisième cycle de mise bas.

Également, le protocole lumineux expérimental n'a pas affecté de façon importante les variables du poids des agneaux et du poids de la portée au sevrage puisque peu de différences significatives ont été observées. Une hausse du nombre de kilogrammes d'agneaux sevrés entre les cycles de reproduction a toutefois été notée pour les groupes B et C. Pour le groupe A, une baisse du poids des agneaux et du poids de portée au sevrage a été observée lors du second cycle de mise bas. Il faut noter que lors du second cycle d'accouplement, plusieurs brebis avaient mis bas vers la toute fin de la période de 35 jours d'agnelage, certains agneaux étaient donc plus jeunes lors du sevrage.

3.4.1.4. État de chair

Globalement, des variations significatives de l'état de chair ont été observées entre les cycles de reproduction et ce, dans l'ensemble des groupes. Néanmoins, ces variations n'ont pas affecté négativement les performances des brebis. De plus, les états de chair moyens ont toujours été près de 3.0, ce qui assurerait une condition de chair acceptable pour soutenir les performances de reproduction. La forte prolificité des brebis a certainement pu contribuer aux

baisses d'état de chair mesurées entre les cycles de production dans certains groupes. Il est évident qu'un rythme d'agnelage accéléré est exigeant pour les animaux et nécessite un suivi rigoureux de l'alimentation et ce, avec ou sans programme photopériodique. Certains auteurs avaient par ailleurs noté des baisses de la condition corporelle chez des brebis exposées à des traitements lumineux et soumises à des régimes de production intensive (Vesely et Bowden, 1980; Vesely et Swierstra, 1985). Durant notre étude, malgré les fluctuations d'état de chair observées, les brebis sont toutefois demeurées productives.

3.4.1.5. *Intervalle mise au bélier - saillie fécondante*

Pendant toute la durée de l'étude, l'intervalle entre la mise au bélier et la saillie fécondante a été très court dans l'ensemble des groupes. En effet, l'intervalle moyen a été de 9.4 ± 0.5 jours pour tous les groupes de femelles, ce qui correspond à 64.4 ± 0.5 jours après le début des JC. Cette observation suggère que les brebis étaient déjà cycliques lors de la mise en accouplement. Il est donc intéressant de noter qu'une alternance de quatre mois de JC et de quatre mois de JL a permis d'induire la cyclicité chez les femelles après environ 60 jours d'exposition aux JC. La majorité des brebis (83.1 %) ont été fécondée dans les 17 premiers jours suivant l'introduction du bélier. Par la suite, 7.6 % des femelles ont été accouplées dans les jours 18 à 25 suivant l'introduction des mâles. Finalement 9.3 % des brebis ont été saillies dans les 10 derniers jours de la période d'accouplement.

Chez les ovins, l'introduction d'un bélier, dans un groupe de brebis en anoestrus, déclenche une série d'événements physiologiques menant à une période de reproduction intense 18 à 25 jours après l'introduction du mâle (Oldham *et al.*, 1978). Ce phénomène est décrit comme « l'effet bélier ». Dans notre étude, l'effet bélier ne semble pas avoir joué un grand rôle dans la synchronisation de l'activité sexuelle des brebis. En effet, l'intervalle mise au bélier – saillie fécondante nous a suggéré que les femelles étaient déjà cycliques lors de l'introduction des mâles. Puisque la majorité des femelles n'étaient pas en anoestrus, ceci pourrait expliquer l'absence de l'effet mâle dans la plupart des groupes à l'étude. Seul le groupe A, accouplé durant une période chaude en août, semble avoir présenté un patron de reproduction similaire à celui généralement observé en présence de l'effet mâle (intervalle de 21.6 ± 1.2 jours entre la

mise au bélier et la saillie fécondante, figure 3.8 en annexe). Les conditions chaudes présentes lors de cet accouplement auraient pu nuire à la reprise de l'activité sexuelle chez certaines femelles (Dutt, 1963). Des températures maximales journalières oscillant entre 25° et 30°C ont d'ailleurs été notées durant les 15 premiers jours d'accouplement. Ces conditions climatiques auraient également pu nuire à l'implantation des embryons chez les femelles, reportant ainsi les saillies fécondantes au cycle oestral suivant (Dutt, 1963; 1964). La présence d'un effet mâle a peut-être permis de contrer les effets négatifs de la température et d'induire le comportement oestral chez les brebis. Sweeney et O'Callaghan (1995) ont par ailleurs démontré qu'un traitement de photopériode et de mélatonine (pour mimer les JC) permettait d'augmenter la sensibilité à l'effet bélier chez les brebis et donc d'avancer la période naturelle de reproduction. Ce phénomène pourrait avoir été observé dans le groupe A qui avait été mis en accouplement au tout début du mois d'août, soit au début de la saison sexuelle naturelle.

Les figures 3.7 à 3.18 (annexe 2) présentent le nombre de jours avant qu'il y ait saillie fécondante par rapport à la mise au bélier pour tous les groupes sous traitement photopériodique. Globalement, le programme photopériodique a permis de synchroniser efficacement le système reproductif des brebis et de favoriser le regroupement des accouplements dans les jours suivant l'introduction des mâles.

3.4.1.6. *Induction de la cyclicité des brebis*

Les mesures de progestérone ont confirmé que le protocole lumineux permettait d'induire efficacement la cyclicité des brebis. En effet, les concentrations de progestérone ont démontré que les brebis commençaient à devenir cycliques en moyenne 59.2 ± 4.2 jours, après le début des JC (Figure 3.4). Les premières femelles ont commencé à démontrer des signes de cyclicité 51 jours après l'entrée en JC. Dans la littérature, il a été observé qu'une alternance de trois mois de JL et de trois mois de JC, permettait de stimuler l'activité ovarienne approximativement 50 jours après le passage en JC (Chemineau *et al.*, 1988). D'autres auteurs ont souligné les mêmes observations en utilisant des brebis ovariectomisées et traitées à l'œstradiol ou des brebis intactes. Dans ces études, l'alternance entre les périodes de JL et de JC (ou de traitement de mélatonine mimant des JC) favorisait l'induction de l'activité sexuelle

après environ 50 à 80 jours d'exposition aux JC (Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1988a; Ravault et Thimonier, 1988).

Dans la présente étude, il aurait été possible d'émettre l'hypothèse qu'une séquence de quatre mois de JL aurait amené les brebis à devenir réfractaire à cette période prolongée de lumière et à débiter leur cyclicité plus rapidement dès leur entrée en JC. Or, cette hypothèse n'a pu être confirmée puisque les femelles ont initié leur période de cyclicité au moment qui est normalement décrit dans la littérature chez des brebis exposées à des séquences de trois mois de JL et à trois mois de JC. Dans notre étude, l'analyse du moment des saillies fécondantes a révélé que dès le jour de l'introduction du bélier, déjà 35 % des femelles étaient cycliques. Après seulement 3 jours d'exposition aux mâles, 50 % des brebis étaient cycliques et une semaine plus tard, 85 % des brebis présentaient déjà des signes d'activité ovarienne. Ainsi, les profils de progestérone ont permis de confirmer que les béliers étaient introduits dans les groupes de femelles au moment opportun. Ce paramètre du protocole lumineux a sûrement favorisé l'obtention de bons taux de fertilité tout au long de l'étude.

3.4.2. Influence de la saison d'accouplement sur les performances des brebis exposées au traitement lumineux

Plusieurs des effets du cycle de reproduction présentés dans les sections précédentes pourraient être le résultat d'un effet du moment dans l'année où la mise aux béliers avait lieu. Le tableau 3.7 présente une comparaison entre les performances zootechniques obtenues en saison « naturelle » ou en contre-saison pour les groupes exposés au traitement lumineux. Afin d'effectuer ces analyses, les données de productivité des groupes saillies en contre-saison (février à août) ont été regroupées de même que ceux accouplés durant la saison naturelle de reproduction (septembre à février). Lorsque la période de saillie débutait au début du mois d'août ou au début du mois de février, cet accouplement était alors considéré comme étant en contre-saison (groupe A, 2^e cycle d'accouplement ; groupe B, 1^e cycle d'accouplement ; groupe C, 1^e cycle d'accouplement ; groupe D, 3^e cycle d'accouplement).

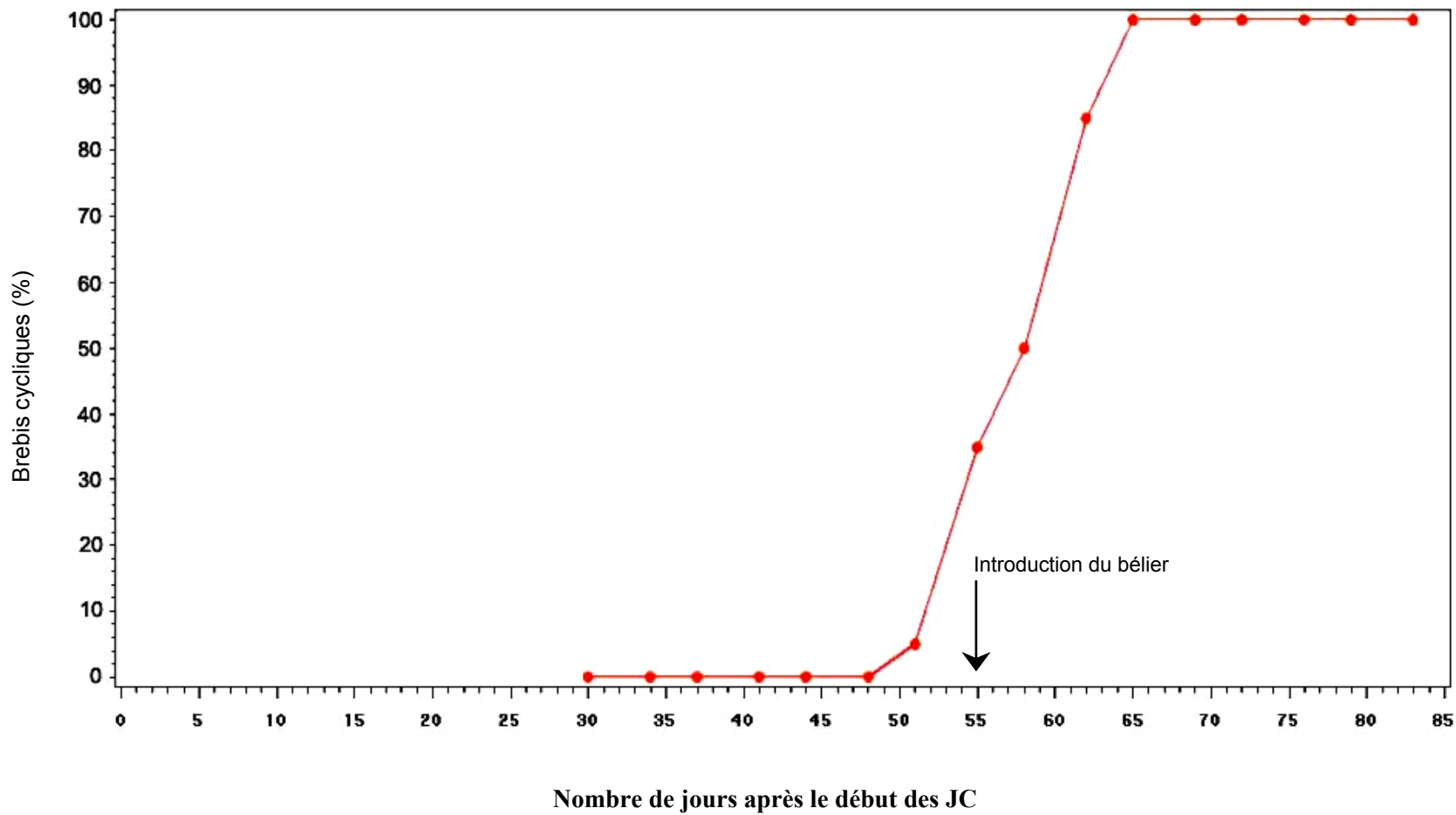


Figure 3.4. Pourcentage de brebis démontrant une activité ovulatoire après le début des JC.

3.4.2.1. Comportement oestral et taux de fertilité

Il est intéressant de constater que les brebis soumises au régime photopériodique ont présenté des taux de comportement oestral similaires et ce, peu importe le moment de l'année où elles étaient mises en accouplement.

Le taux de fertilité des femelles a par contre différé selon le moment de l'année où avaient lieu les saillies. Ainsi, le taux de fertilité à la mise bas était significativement supérieur chez les femelles accouplées durant la période naturelle de reproduction que chez celles saillies en contre-saison (95.3 vs 89.7 %, respectivement). La baisse de fertilité observée dans le groupe A, lors du second cycle d'accouplement (70.6 %), a certainement pu contribuer à la réduction des performances de fertilité moyennes obtenues en contre-saison. Malgré cela, il faut souligner que le taux moyen de conception observé sur les saillies réalisées en contre-saison sexuelle a été très élevé pour la race Arcott Rideau, une race qui n'est pas reconnue pour son désaisonnement naturel. En effet, le taux de fertilité des groupes accouplés en contre-saison n'a jamais descendu sous le seuil de 88 %. Il faut noter que ce niveau de fertilité est nettement supérieur aux taux naturellement observés pour la plupart des races ovines à ce moment de l'année sous ces latitudes (Vesely *et al.*, 1980; Leduc et Castonguay, 2000 [résultats non publiés]). Plusieurs paramètres peuvent expliquer les baisses de fertilité observées en contre-saison. En effet, la présence de certains facteurs environnementaux incontrôlables, tels que la température et l'humidité dans les bâtiments d'élevage (températures fluctuantes selon la saison) de même que le maintien possible du rythme de reproduction endogène chez les brebis sont parmi les facteurs qui pourraient expliquer ces variations.

La température est certainement l'un des principaux facteurs pouvant agir sur les performances de reproduction des ovins en contre-saison. Bien que Wodzicka-Tomaszewska *et al.* (1967) aient démontré que la température n'altérait pas le patron de reproduction annuel de cette espèce, des températures chaudes peuvent affecter indirectement le taux de fertilité des femelles. En effet, plusieurs études ont démontré que des températures élevées (30° à 45°C) pouvaient affecter la survie embryonnaire (Dutt, 1963; 1964), la reprise de l'activité sexuelle (Dutt, 1963) et la durée de l'oestrus (Sawyer, 1983). Durant notre étude, la

température intérieure des bâtiments suivait les fluctuations extérieures. Puisque les bâtiments d'élevage étaient isolés, la température ne descendait jamais sous 0°C durant la saison hivernale. Cependant, lors des périodes chaudes de l'été, la température des bâtiments devenait égale et même supérieure à celle observée à l'extérieur. Les effets néfastes sur la reproduction des conditions chaudes pouvaient donc être observables durant la saison printanière et estivale, principalement pour les mois de mai à septembre. Durant l'étude, les brebis des groupes D, A et C ont été accouplées lors de la saison chaude estivale. Les températures moyennes enregistrées durant ces périodes de saillies avoisinaient les 20°C. Il faut cependant mentionner que lors de chacune de ces périodes d'accouplement, des pics de température supérieurs à 30°C ont été enregistrés dans la région et ce, sur plusieurs jours consécutifs. Bien que les femelles n'aient pas été exposées à des températures très élevées sur une période prolongée, l'exposition à des températures supérieures à 30°C, avant, durant ou dans les jours suivant la fécondation, pourraient expliquer les baisses de fertilité observées en contre-saison. Les taux de fertilité des groupes saillies en contre-saison durant les mois chauds ont été de 88.0 %, 70.6 % et 88.2 %, respectivement pour les groupes D, A et C. Les groupes accouplés durant les autres mois de la période de contre-saison, soit février, mars, avril et mai, ont toujours présenté des taux de fertilité supérieurs à 90 %.

Il faut mentionner que l'exposition aux températures estivales chaudes aurait également pu affecter la capacité de reproduction des mâles utilisés dans l'étude (Chemineau, 1993; Alliston *et al.*, 1961). En effet, Colas (1980) ont démontré que des températures de 29°C à 30°C peuvent entraîner des altérations morphologiques de la semence des béliers. Ces auteurs ont également observé qu'une exposition de seulement quelques heures par jour à ces températures, durant 2 à 3 jours consécutifs, augmentaient la proportion de spermatozoïdes anormaux. Puisque les spermatozoïdes demeurent environ 60 jours dans le tractus reproducteur mâle suite à leur formation, il est possible que les hautes températures enregistrées à la fin du printemps et au début de l'été aient affecté négativement les performances de reproduction des groupes accouplés en contre-saison. Néanmoins, puisque aucune analyse de la qualité de semence n'a été effectuée sur les béliers présents dans notre étude, il est difficile de conclure sur ce phénomène.

Tableau 3.7. Performances reproductives des brebis exposées au traitement lumineux et accouplées en saison ou en contre-saison sexuelle

	Contre-saison	Saison	Valeur P
Brebis venues en chaleur (%)	94.4	96.2	0.3595
Fertilité à l'échographie (%)	92.6 ^a	98.4 ^b	0.0089
Fertilité à l'agnelage (%)	89.7 ^a	95.3 ^b	0.0275
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.77 ± 0.06	2.65 ± 0.07	0.1054
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.4 ± 0.1 ^a	3.6 ± 0.1 ^b	0.0001
Poids de la portée à la naissance (kg)	8.4 ± 0.2	8.7 ± 0.2	0.2313
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.82 ± 0.06	1.81 ± 0.08	0.8355
Poids des agneaux au sevrage (kg)	13.6 ± 0.4	13.3 ± 0.4	0.5856
Poids de la portée au sevrage (kg)	26.6 ± 1.1	25.9 ± 1.1	0.7143
Taux de mortalité des agneaux (%)	34.6	29.8	0.0671
Intervalle mise au bélier - saillie fécondante (jours)	10.5 ± 0.5 ^a	7.1 ± 0.7 ^b	0.0001
Taux de réforme des brebis (%)	6.4	7.3	0.6940

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes (P > 0.05)

Bien que l'effet de la température puisse être fortement suspecté pour expliquer la baisse de fertilité observée suite aux saillies effectuées en contre-saison, il est difficile d'écarter entièrement l'effet de la présence d'un rythme de reproduction endogène chez les brebis. Le phénomène du rythme endogène de reproduction a été observé par plusieurs auteurs (Robinson *et Karsch*, 1988; Jansen *et Jackson*, 1993). Des études portant sur le contrôle photopériodique ont également enregistré des baisses de fertilité, principalement pour les saillies réalisées au tout début de la période naturelle de reproduction, en septembre (Vesely *et Bowden*, 1980; Hackett *et Wolynetz*, 1982, 1985). Vesely *et Bowden* (1980) avaient mentionné que ces baisses pouvaient être attribuables à une reprise du rythme endogène de reproduction chez les femelles. Hackett *et Wolynetz* (1982, 1985) avaient également souligné la présence possible de ce rythme inhérent de reproduction. Dans la présente étude, les saillies réalisées en contre-saison se sont déroulées durant les mois de février à août. Le rythme endogène aurait pu être en partie responsable de la baisse de fertilité observée dans le groupe A, lors du second cycle d'accouplement (accouplements en août-septembre).

Finalement, soulevons que lors de la première saillie du groupe B, qui était en contre-saison, les brebis avaient été synchronisées aux éponges vaginales. Les performances de fertilité obtenues suite à cette saillie ont tout de même été incluses aux analyses des groupes sous traitement lumineux puisque la distribution des saillies fécondantes démontrait que moins de la moitié des femelles avaient répondu au traitement hormonal (figure 3.10, annexe 1).

3.4.2.2. *Nombre d'agneaux produits*

Il est très intéressant de constater que la prolificité des femelles a été similaire et ce, peu importe la saison de l'année où elles ont été mises en reproduction. Cette observation diffère de celle de Notter (2000) qui avaient observé que chez des femelles soumises à des variations naturelles de luminosité, le nombre d'agneaux nés était supérieur lorsque les femelles étaient saillies durant la saison naturelle de reproduction. Cet auteur n'avait cependant pas étudié la même race que durant notre étude. D'autres auteurs ont suggéré que le taux d'ovulation était supérieur durant la saison sexuelle et diminuait au printemps et en été avec l'allongement de la durée journalière (Forcada *et al.*, 1992; Quirke *et al.*, 1988). En effet, Quirke *et al.* (1988)

avaient observé que chez des brebis exposées à la lumière naturelle, le taux d'ovulation des femelles cycliques durant le printemps et l'été était considérablement inférieur à celui observé durant la saison sexuelle. Notter et Copenhaver (1980) avaient même noté, qu'en général, le nombre d'agneaux nés /brebis pouvait être réduit de 0.33 à 0.50 agneaux par brebis lorsque les femelles mettaient bas à l'automne. Dans la présente étude, le programme photopériodique semble avoir été en mesure de mimer efficacement la saison naturelle de reproduction et de contourner l'effet normalement observé lorsque les animaux sont exposés aux variations annuelles saisonnières de durée d'éclairage. On peut ainsi émettre l'hypothèse qu'en contre-saison, le protocole photopériodique testé influence positivement l'axe hypothalamo-hypophyso-ovarien, d'une façon aussi efficace que chez des femelles saillies à l'automne. Le programme permettrait donc de mimer la saison automnale à tout moment dans l'année et ce, sans influencer le taux d'ovulation.

Le taux de mortalité des agneaux avait tendance à être plus élevé chez les agneaux nés à l'automne (34.6 %) par rapport aux agneaux nés durant la saison naturelle d'agnelage (29.8 %). Les conditions d'ambiance à l'intérieur des bâtiments d'élevage étaient plus difficiles à contrôler durant l'automne et l'hiver (température fraîche, humidité élevée). Ceci pourrait expliquer la tendance pour une plus forte mortalité d'agneaux durant cette période. Notter *et al.* (1998) ont également observé une augmentation de la mortalité chez les agneaux nés durant la contre-saison sexuelle, phénomène qu'ils avaient associé au poids inférieur de ces agneaux.

3.4.2.3. Poids des agneaux

Durant l'étude, le poids à la naissance des agneaux nés à l'automne (accouplements en contre-saison) a été significativement inférieur à celui des agneaux nés durant la saison naturelle. Ce phénomène a également été observé chez des brebis soumises à la luminosité naturelle et mettant bas à l'automne. En effet, Notter *et al.* (1998) avaient noté que le poids à la naissance d'agneaux nés durant la saison automnale était de 600 g inférieur à celui d'agneaux nés au printemps. Les hautes températures estivales, présentes durant la période de gestation des brebis pourraient expliquer cette observation. Des auteurs ont noté que l'exposition à des

températures élevées (32°C à 40°C) durant la gestation causait une diminution de la consommation des brebis, ce qui entraînait des poids à la naissance inférieurs chez les agneaux et une hausse de la mortalité à la naissance (Shelton et Huston, 1968). Bien que les analyses statistiques n'aient détecté aucune différence de prolificité, les données brutes indiquent que le taux de prolificité des brebis saillies en contre-saison était légèrement supérieur à celui des brebis accouplées en saison sexuelle. Cette différence aurait pu contribuer au plus faible poids des agneaux à la naissance chez les brebis dont la prolificité était supérieure (Christley *et al.*, 2003). Globalement, par contre, les poids de la portée à la naissance et au sevrage étaient équivalents pour les brebis sous contrôle lumineux, peu importe si elles avaient été accouplées en saison ou en contre-saison sexuelle.

3.4.2.4. *Intervalle mise au bélier - saillie fécondante*

L'intervalle entre la mise au bélier et la saillie fécondante était significativement plus court lorsque les saillies avaient lieu durant la saison naturelle de reproduction comparativement aux accouplements réalisés en contre-saison sexuelle (7.1 vs 10.5 jours). Cette observation ramène encore une fois à l'hypothèse des effets de la température sur la reproduction et de la présence d'un rythme endogène circannuel de reproduction chez les brebis saillies durant la saison sexuelle naturelle. Le système reproducteur des femelles accouplées lors de la saison sexuelle serait déjà plus fonctionnel et « éveillé » que chez les femelles mises à la reproduction en contre-saison.

3.4.3. **Comparaison des performances zootechniques du groupe témoin et du groupe D**

Pour évaluer la productivité des femelles sous contrôle lumineux, des comparaisons ont été faites avec un groupe témoin de brebis régie sous lumière naturelle et selon un système de production couramment utilisé par les éleveurs ovins québécois (utilisation de l'éponge vaginale pour les accouplements en contre-saison). Les comparaisons ont été réalisées entre le groupe témoin et le groupe D sous photopériode, car les deux groupes ont été accouplés aux mêmes moments dans l'année (tableau 3.9). Le tableau 3.8 présente les performances zootechniques des femelles du groupe Témoin lors de chacun des cycles de reproduction. Afin d'évaluer les performances de productivité obtenues selon la saison d'accouplement, les cycles

2 et 3 ont été regroupés pour les saillies réalisées en contre-saison et ce, pour les deux groupes à l'étude, alors que le premier cycle d'accouplement était en saison.

3.4.3.1. *Comportement oestral et taux de fertilité*

Lors de l'étude, le pourcentage de brebis venues en chaleur a été similaire entre le groupe D et le groupe témoin et ce, peu importe le moment de l'année. Par ailleurs, le groupe témoin a très bien répondu au traitement hormonal donné en contre-saison puisque le pourcentage de brebis en chaleur a été très élevé.

Aucune différence de fertilité n'a été observée entre le groupe D et le groupe témoin durant la saison sexuelle naturelle de reproduction. Cependant, en contre-saison, le programme photopériodique a permis d'obtenir un taux de fertilité significativement supérieur (91.1 % vs 76.3 %). Il faut toutefois noter que le taux de fertilité du groupe témoin a été très bon pour des accouplements réalisés durant cette période de l'année. La préparation photopériodique des béliers pourrait expliquer ce résultat. En effet, des recherches ont montré que l'utilisation de mâles traités par un régime lumineux alternatif de JL/JC au printemps pouvait améliorer significativement la fertilité des femelles accouplées en contre-saison (Fitzgerald et Stellflug, 1991; Schanbacher, 1979). Colas *et al.* (1984) avaient souligné que les mâles pouvaient être responsables d'une partie de la baisse de fertilité observée en contre-saison chez les brebis. Ainsi, dans la présente étude, il est possible d'émettre l'hypothèse que les résultats de fertilité du groupe témoin auraient pu être inférieurs si les femelles avaient été saillies avec des béliers exposés à la lumière naturelle.

Tableau 3.8. Performances reproductives des brebis du groupe Témoin sous lumière naturelle

	Cycles de reproduction			Valeur P
	1	2	3	
Nombre de brebis	37	34	26	
Période d'accouplement	Oct. – nov.	Juin – juil.	Fév. – mars	
Saison d'accouplement	Saison	Contre-saison	Contre-saison	
Âge à la saillie (années)	1.8 ± 0.05 ^a	2.5 ± 0.05 ^b	3.2 ± 0.05 ^c	< 0.0001
Intervalle dernier agnelage - saillie fécondante (jours)	183.4 ± 7.9 ^a	96.7 ± 7.7 ^b	96.2 ± 9.4 ^b	< 0.0001
Brebis venues en chaleur (%)	100.0	93.9	100.0	0.5780
Fertilité à l'échographie (%)	97.2	91.2	88.5	0.4364
Période d'agnelage	Mars – avril	Nov. – déc.	Juil. – août	
Fertilité à l'agnelage (%)	97.2	76.5	76.0	0.0788 †
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.14 ± 0.14	2.31 ± 0.16	2.37 ± 0.24	0.6825
Poids des agneaux à la naissance (kg)	4.1 ± 0.1 ^a	3.3 ± 0.2 ^b	4.9 ± 0.2 ^c	< 0.0001
Poids de la portée à la naissance (kg)	8.4 ± 0.4 ^a	6.9 ± 0.5 ^b	7.9 ± 0.7 ^{ab}	0.0289
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.71 ± 0.15	1.42 ± 0.20	1.37 ± 0.20	0.3257
Poids des agneaux au sevrage (kg)	18.5 ± 0.8	17.4 ± 1.0	17.6 ± 1.5	0.6971
Poids de la portée au sevrage (kg)	33.1 ± 1.9 ^a	28.3 ± 2.3 ^{ab}	22.7 ± 3.4 ^b	0.0315
Âge des agneaux au sevrage (jours)	56.3 ± 0.9 ^a	61.7 ± 1.2 ^b	49.6 ± 1.7 ^c	< 0.0001
Taux de mortalité des agneaux (%)	19.7 ± 0.1 ^a	38.3 ± 0.1 ^b	42.2 ± 0.1 ^b	0.0160
Intervalle mise au bélier – saillie fécondante (jours)	10.1 ± 1.3 ^a	0.0 ± 0.0 ^b	5.8 ± 1.7 ^a	< 0.0001
État de chair moyen durant le cycle de production	2.7 ± 0.1 ^a	2.3 ± 0.1 ^b	2.6 ± 0.1 ^a	< 0.0001
<i>État de chair à la saillie</i>	2.9 ± 0.1 ^a	2.3 ± 0.1 ^b	1.8 ± 0.1 ^c	< 0.0001
<i>État de chair à l'échographie</i>	2.6 ± 0.1 ^a	2.3 ± 0.1 ^b	2.8 ± 0.1 ^a	< 0.0001
<i>État de chair 5 semaines avant la mise bas</i>	3.1 ± 0.1 ^a	2.7 ± 0.1 ^b	3.0 ± 0.1 ^a	< 0.0001
<i>État de chair à l'agnelage</i>	2.7 ± 0.1	2.8 ± 0.1	N.D.	0.1482
<i>État de chair au sevrage</i>	1.9 ± 0.1 ^a	1.6 ± 0.1 ^b	N.D.	0.0347
Taux de réforme des brebis (%)	8.1	11.8	3.9	0.5666

Chaque valeur présente la moyenne ± l'erreur standard pour chacune des variables évaluées.
 Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significatives ($P < 0.05$).

Tableau 3.9. Performances reproductives des brebis du groupe témoin et du groupe D selon la période de saillie

	CONTRE-SAISON			SAISON		
	Groupe D	Témoin	Valeur P	Groupe D	Témoin	Valeur P
Brebis venues en chaleur	94.9	94.9	0.9909	98.1	100.0	0.9642
Fertilité à l'échographie (%)	94.6	90.0	0.2869	96.6	97.2	0.8576
Fertilité à l'agnelage (%)	91.1 ^a	76.3 ^b	0.0158	91.2	97.2	0.2773
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.73 ± 0.09 ^a	2.31 ± 0.13 ^b	0.0107	2.71 ± 0.13 ^a	2.14 ± 0.14 ^b	0.0072
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.50 ± 0.10	1.40 ± 0.12	0.7308	1.76 ± 0.13	1.71 ± 0.15	0.6759
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3.3 ± 0.1 ^a	4.0 ± 0.1 ^b	0.0002	3.3 ± 0.1 ^a	3.9 ± 0.2 ^b	0.0006
Poids de la portée à la naissance (kg)	7.7 ± 0.4	7.1 ± 0.4	0.3361	7.7 ± 0.4	8.4 ± 0.5	0.2532
Poids des agneaux au sevrage (kg)	15.5 ± 1.0	15.6 ± 1.1	0.9492	17.0 ± 0.8	17.8 ± 0.9	0.5281
Poids de la portée au sevrage (kg)	24.2 ± 1.9	23.1 ± 2.2	0.7198	32.9 ± 1.9	31.2 ± 2.2	0.5698
Intervalle mise au bélier - saillie fécondante	6.4 ± 0.6 ^a	2.5 ± 0.8 ^b	0.0003	10.3 ± 1.9	10.1 ± 2.4	0.9370
Taux de mortalité des agneaux (%)	43.3	40.0	0.5716	35.6 ^a	19.7 ^b	0.0158
État de chair moyen	3.0 ± 0.1 ^a	2.4 ± 0.1 ^b	0.0001	2.9 ± 0.3 ^a	2.7 ± 0.4 ^b	0.0050
Taux de réforme des brebis (%)	6.5	8.3	0.6608	10.3	5.6	0.4257

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Sur une même ligne, les valeurs ayant une lettre en commun ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$).

3.4.3.2. Nombre d'agneaux produits

Le nombre d'agneaux nés/brebis/agnelage a été significativement supérieur chez le groupe exposé au traitement photopériodique et ce, peu importe la saison d'accouplement. En effet, le groupe D a produit entre 0,4 et 0,5 agneau de plus que le groupe témoin selon la saison de reproduction. Bien que la prolificité du groupe témoin était représentative de ce qui est généralement obtenue avec la race Arcott Rideau, l'état de chair de ces femelles pourrait expliquer, en partie, la différence observée entre les traitements pour cette variable. En effet, l'état de chair moyen des brebis du groupe témoin était significativement inférieur à celui du groupe D et ce, tant en saison qu'en contre-saison. Dans la littérature, il a été démontré que l'état de chair lors de l'accouplement pouvait affecter le taux d'ovulation et la survie embryonnaire (Ducker et Boyd, 1977). Le traitement photopériodique pourrait avoir contribué, en partie, au maintien d'un meilleur état de chair chez les brebis du groupe D. En effet, sous luminosité naturelle, des auteurs ont démontré que même lorsque la disponibilité de nourriture est constante, les animaux régulent leur prise alimentaire durant l'année, leur consommation étant supérieure durant la saison estivale (*Iason et al., 1994 ; Argo et al., 1999*). Puisque pendant la durée totale de l'étude, le groupe D s'est retrouvé exposé à des JL sur une période plus longue que le groupe témoin (exposé à une longue luminosité uniquement durant le printemps et l'été), ce paramètre pourrait avoir contribué à une meilleure consommation volontaire de matière sèche chez les femelles du groupe D et ainsi favoriser de meilleures conditions de chair chez ces brebis. Néanmoins, il est important de mentionner que les quantités d'aliments servis et refusés n'ont pas été mesurés durant notre étude.

Malgré une prolificité plus importante chez les femelles du groupe D, aucune différence significative n'a été observée entre le nombre d'agneaux sevrés. Le taux de prolificité plus élevé dans ce groupe, a certainement favorisé une hausse de la mortalité chez les agneaux. Le taux de mortalité des agneaux a été très élevé dans les deux groupes à l'étude. Une différence significative a cependant été notée lors des naissances issues des saillies réalisées durant la saison sexuelle. En effet, le taux de mortalité du groupe D s'est maintenu élevé (35.6 %) alors qu'il a été de 19.7 % pour le groupe témoin. Le taux de prolificité inférieur du groupe témoin lors de cette période de mise bas pourrait expliquer ce phénomène.

3.4.3.3. Poids des agneaux

Le poids à la naissance des agneaux était significativement inférieur chez les femelles du groupe D et ce, peu importe la saison. La prolificité, significativement plus élevée chez les brebis du groupe D, pourrait expliquer cette observation. En effet, il est bien reconnu que la taille de la portée influence le poids des agneaux à la naissance (Christley *et al.*, 2003). Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes pour le poids de la portée à la naissance selon la saison d'accouplement. Bien que le poids à la naissance des agneaux nés dans le groupe D était inférieur, la prolificité supérieure des femelles de ce groupe explique l'absence de différence significative pour cette variable lors de la mise bas. Le poids au sevrage ainsi que le poids de la portée au sevrage ont été similaires entre les deux groupes et ce, peu importe la saison.

3.4.3.4. Intervalle mise au bélier, saillie fécondante.

Il n'est pas pertinent de comparer les deux groupes pour cette variable puisque le groupe témoin était synchronisé par un traitement hormonal d'éponges vaginales et de PMSG en contre-saison, ce qui provoque les chaleurs environ 36 h après le retrait de l'éponge.

3.4.4. Analyses de la perception lumineuse

Les analyses de sécrétion de mélatonine visaient à déterminer si les faibles intensités lumineuses mesurées dans les bâtiments d'élevage étaient suffisantes pour inhiber la sécrétion de cette hormone durant la période d'éclairément. La littérature indique que durant la nuit, la concentration de mélatonine plasmatique peut atteindre des concentrations moyennes de 100 à 300 pg/ml, tandis que durant le jour, ces concentrations chutent et sont généralement sous 30 pg/ml (Notter, 2002).

Le patron journalier de sécrétion de mélatonine des femelles exposées à l'intensité lumineuse de 35 lux en période de JL est présenté à la figure 3.5. Cette figure indique que les concentrations de mélatonine étaient très élevées durant la nuit (moyenne de 103.27 ± 9.75 pg/ml) et plus faibles durant le jour (10.79 ± 1.15 pg/ml, $P < 0.0001$). Seulement 30 minutes après la fermeture des lumières, la concentration de mélatonine passait de 7.2 ± 3.5 pg/ml à 111.6 ± 83.2 pg/ml, pour ensuite se maintenir aux concentrations nocturnes normalement

rencontrées dans la littérature. Trente minutes après l'ouverture des lumières, les concentrations de mélatonine chutaient à moins de 24.6 ± 13.5 pg/ml pour se maintenir à des concentrations diurnes tout au long de la période d'éclairement. Pour les femelles exposées à l'intensité lumineuse de 15 lux en période de JC (figure 3.6), les concentrations nocturnes moyennes de mélatonine étaient élevées (104.70 ± 11.18 pg/ml) et significativement plus faibles durant le jour (6.73 ± 0.82 pg/ml, $P < 0.0001$).

Ces résultats démontrent que des intensités lumineuses aussi faibles que 15 et 35 lux sont suffisantes pour inhiber la sécrétion diurne de mélatonine. Dans la littérature, il est généralement recommandé d'exposer les animaux à une intensité lumineuse d'au moins 100 lux afin qu'ils perçoivent la période d'éclairement comme le « jour » (Forbes *et al.*, 1982). Les résultats de la présente étude indiquent que des intensités bien inférieures permettent non seulement d'inhiber la sécrétion journalière de mélatonine, mais également d'induire efficacement l'activité de reproduction chez les brebis et ce, à différents moments dans l'année.

Par ailleurs, faits étonnants, la figure 3.6 montre que suite à la fermeture des lumières en JC, le niveau de mélatonine prend plus de temps à s'élever aux concentrations nocturnes habituelles. En effet, 30 minutes après la fermeture des lumières, le niveau moyen de mélatonine s'est élevé à 27.4 ± 9.36 pg/ml pour demeurer à des concentrations sous 30 pg/ml pendant plus de 2 h après la fermeture des lumières. Le patron de concentration de mélatonine a atteint un niveau nocturne normal plus de 3h30 après la fermeture des lumières (121.93 ± 25.35 pg/ml). De plus, la figure 3.6 montre également que le niveau de mélatonine avait déjà diminué de façon importante avant l'ouverture des lumières. Finalement, trente minutes après l'aube artificielle, l'intensité de 15 lux provoquait la diminution de la concentration de mélatonine pour l'amener à un niveau de seulement 6.9 ± 3.9 pg/ml. Ce patron de concentration de mélatonine effectué en JC suggère la présence d'un rythme circadien endogène chez ces femelles. Les brebis échantillonnées en JC étaient dans cette section depuis près de 25 jours. Bien que la concentration de mélatonine soit considérée comme un indicateur hormonal traduisant l'environnement extérieur du cycle de la lumière et de l'obscurité, il est possible que durant

cette période de 25 jours, un rythme circadien de mélatonine se soit installé chez les animaux. Bien que peu d'auteurs ont identifié ce rythme de sécrétion circadien chez les ovins, certains chercheurs n'excluent pas la possibilité de la présence d'un rythme circadien de sensibilité à la mélatonine, entraîné par la mélatonine elle-même (Arendt et al., 1988). Par ailleurs, mentionnons que chez le hamster, un rythme circadien de sensibilité à la mélatonine a été mis en évidence (Watson-Whitmyre et Stetson, 1983).

3.4.5. Performances reproductives des agnelles saillies sous contrôle photopériodique

Durant l'étude, un seul groupe de 13 agnelles a été saillie en contre-saison après avoir subi le traitement photopériodique (9 mois de JL avant d'être transférées en JC) vers l'âge d'un an (tableau 3.10). Toutes les agnelles ont présenté des signes de comportement oestral lors de la saillie en avril, donc en contre-saison. Le taux de fertilité a été de 92.3 %, ce qui est excellent pour des agnelles accouplées à ce moment de l'année. Le taux de prolificité a été relativement élevé avec 2.25 agneaux nés par femelle. Il est intéressant de constater que le programme lumineux expérimental a permis d'induire une activité de reproduction intense chez les agnelles en contre-saison. Il serait intéressant de reprendre cet essai en visant un objectif d'âge à la première saillie de 8 mois, un but généralement visé par les producteurs.

3.4.6. Productivité globale des femelles exposées à la photopériode ou à la lumière naturelle

Dans la présente étude, le programme lumineux a permis de contrôler le rythme de reproduction circannuel endogène de l'espèce ovine. Les résultats de fertilité n'ont par ailleurs pas diminué durant les saillies réalisées en saison sexuelle. Le protocole a donc permis d'éviter ce qui avait été observé par d'autres chercheurs ayant étudié des programmes photopériodiques (Vesely et Bowden, 1980; Hackett et Wolynetz, 1982; 1985). Les résultats ont été très intéressants peu importe le moment de l'année et ce, malgré les hautes températures enregistrées durant la saison estivale. Il est également très intéressant de constater que la prolificité des femelles a été similaire et ce, peu importe le moment de l'année où elles étaient accouplées. Cette observation diffère de ce qui avait été observé par Notter (2000) et démontre l'efficacité du protocole lumineux sur la reproduction des femelles.

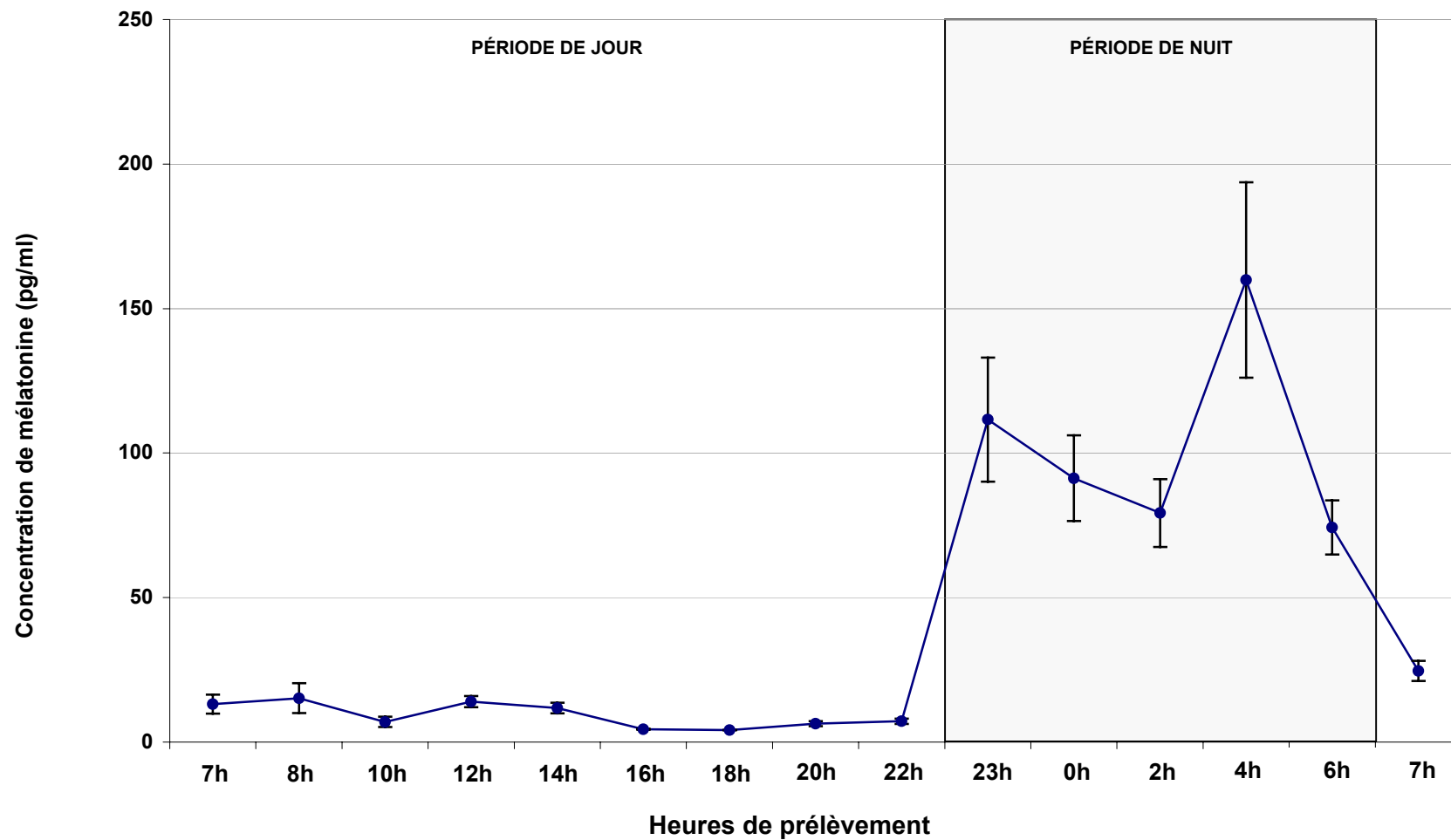


Figure 3.5. Patron de sécrétion de la mélatonine des brebis exposées à une intensité lumineuse de 35 lux en période de JL.
 La zone grise représente la période de noirceur (fermeture des lumières à 22h30 et ouverture à 6h30). Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type pour les 15 brebis prélevées.

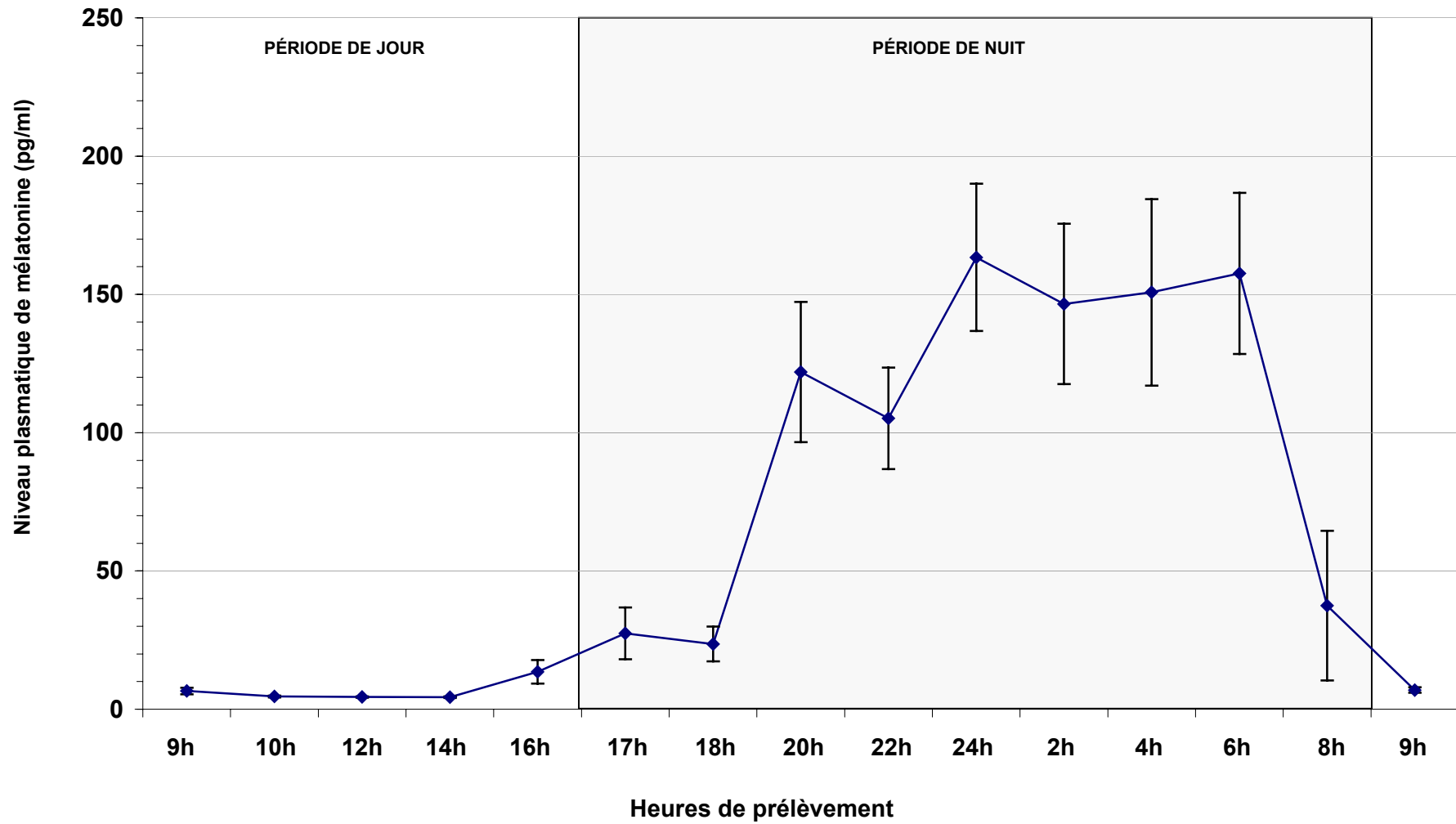


Figure 3.6. Patron de sécrétion de mélatonine des brebis exposées à une intensité lumineuse de 15 lux en période de JC.

La zone grise représente la période de noirceur (fermeture des lumières à 16h30 et ouverture à 8h30). Chaque point représente la moyenne \pm l'erreur type pour les 15 brebis prélevées.

Tableau 3.10. Performances reproductives des agnelles saillies en contre-saison

Paramètres	
Nombre d'agnelles traitées	13
Période de naissance des agnelles	Mars-avril 2002
Période d'accouplement	Avril 2003
Âge moyen à l'accouplement (jours)	351.7 ± 2.3
Poids moyen à la saillie (kg)	53.9 ± 3.3
Agnelles venues en chaleur (%)	100
Fertilité à l'échographie (%)	92.3
Période d'agnelage	Septembre 2003
Fertilité à l'agnelage (%)	92.3
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2.25 ± 0.18
Nombre d'agneaux sevrés/agnelage	1.58 ± 0.26
Intervalle mise au bélier - saillie fécondante	3.5 ± 1.9
Poids des agneaux à la naissance (kg)	2.4 ± 0.1
Poids de la portée à la naissance (kg)	4.9 ± 0.5
État de chair à la saillie	2.8 ± 0.1

Dans l'étude, les séquences lumineuses alternatives de longue durée, soit de 120 jours de JL/JC ont possiblement favorisé le développement d'un état photoréfractaire à la lumière chez les femelles. En effet, chez des ovins élevés en condition artificielle, il a été observé que l'état réfractaire semblait s'installer après environ 100 jours d'exposition à un traitement lumineux constant (Karsch *et al.*, 1986; Malpaux *et al.*, 1988; Malpaux *et al.*, 1996; Khalid et Jackson, 1991; Bocquier *et al.*, 1997; O'Callaghan *et al.*, 1991). Puisque le développement de l'état réfractaire à la lumière pourrait expliquer les transitions entre les périodes d'œstrus et d'anœstrus (Robinson et Karsch, 1984 ; Robinson *et al.*, 1985), il est possible de croire que les séquences photopériodiques de longue durée, telles que celles utilisées dans notre expérimentation, aient permis de stimuler efficacement l'activité ovulatoire et le comportement oestral chez les brebis. Bien qu'aucune donnée n'ait permis de mesurer le développement d'un état réfractaire à la lumière chez des brebis exposées à des longues périodes de 120 jours de JL et de JC, les résultats nous suggèrent que ces séquences ont contribuées à entraîner efficacement leur activité de reproduction. Un effet de la saison semble toutefois avoir été présent entre les différents groupes et cycles d'accouplement et ce, pour plusieurs des variables étudiées.

En somme, malgré quelques variations entre les cycles de production, le programme photopériodique semble avoir permis d'induire efficacement l'activité de reproduction dans tous les groupes de femelles. Même si au départ du protocole, certains groupes n'avaient pas été exposés à la séquence de JL au moment opportun, il semble que ce facteur n'ait pas affecté négativement les performances zootechniques des animaux. En effet, puisque les séquences lumineuses de JL et de JC étaient décalées durant l'année, des différences auraient pu être observées entre les groupes. Il est important de mentionner qu'au départ du projet, la séquence de JL ne débutait pas au même moment pour tous les groupes. Ainsi, seuls les groupes B et D avaient un protocole de départ respectant ce qui est généralement recommandé dans la littérature pour synchroniser l'activité de reproduction des femelles en contre-saison, soit une exposition de JL aux environs du solstice d'hiver suivi d'une période de JC au printemps (Sweeney *et al.*, 1997). Pour le groupe C, la séquence de JL se terminait tout juste avant le 21 décembre. La séquence de JL du groupe A débutait seulement en février, soit bien après le

solstice hivernal. Il est donc intéressant de constater que le démarrage du protocole lumineux n'a pas compromis les performances de reproduction des groupes à l'étude.

Sur la période de deux ans d'étude, l'intervalle moyen entre les mises bas a été de 245.8 ± 7.6 pour le groupe D et de 238.6 ± 5.2 pour le groupe témoin. L'intervalle plus court observé pour le groupe témoin s'explique par la synchronisation des chaleurs suite au traitement hormonal en contre-saison. En effet, lors de cette période d'accouplement aucune brebis n'a été saillie sur les retours en chaleur, ce qui a considérablement réduit l'écart entre le deuxième et le troisième agnelage. Globalement, durant l'étude, l'intervalle moyen entre les mises bas de tous les groupes exposés à la photopériode a été de 244.9 ± 7.8 jours. Le taux de productivité des femelles exposées à la photopériode a donc été de 1,47 agnelages/brebis/année. Puisque cet intervalle ne tient pas compte des brebis non gestantes suite à un traitement, on peut considérer que le programme de photopériode a permis d'atteindre une productivité réelle de 1,35 agnelages/brebis/année dans l'élevage ($1,47 \text{ agnelages/brebis/année} * 91,6 \% \text{ de fertilité globale}$). La productivité réelle du groupe témoin a été inférieure, soit de 1,25 agnelages/brebis/année ($83,2 \% \text{ de fertilité globale}$). Le programme lumineux a donc permis d'obtenir environ 0,1 agnelage de plus par brebis par année. Les brebis exposées au traitement lumineux ont sevré en moyenne 1,8 agneaux/agnelage contre 1,5 pour les brebis du groupe témoin. Dans ce projet, le traitement lumineux a permis de produire + 0,5 agneaux de plus par brebis par année que le groupe exposé à la lumière naturelle et synchronisé avec un traitement hormonal en contre-saison ($2,4 \text{ agneaux sevrés/brebis/année}$ pour les groupes sous photopériode vs 1,9 pour le groupe témoin).

3.5. Conclusions et Implications

Les résultats de fertilité et de prolificité obtenus dans cette étude démontrent l'efficacité du traitement lumineux de quatre mois de JL et de quatre mois de JC, en alternance continue, pour contrôler efficacement la reproduction des brebis. La préparation photopériodique des béliers, la mise en accouplements des femelles 55 jours après le début des JC, le contrôle de l'état de chair par une alimentation suivie sont les éléments clés qui ont permis ces résultats encore jamais atteints avec ce type de programme photopériodique alternatif en continu. De

plus, les données sur le taux de réforme et le suivi des états de chair démontrent que les brebis sont aptes à suivre ce type de programme photopériodique en production accélérée. L'étude démontre également que de faibles intensités lumineuses de 15 et 35 lux permettent de contrôler la sécrétion de mélatonine et la reproduction des ovins. L'application de ce système de production dans les élevages ovins commerciaux permettrait d'augmenter la productivité des entreprises à des niveaux supérieurs à ceux normalement mesurés dans les systèmes traditionnels.

3.6. Ouvrages cités

- Alliston, C.W., Egli Gene, E. et Ulberg, G.L.C. 1961. Loss of potential young in the ewe due to high ambient temperature. *J. Appl. Physiol.*, 16: 253-256.
- Almeida, G. et Pelletier, J. 1988. Abolition of seasonal testis changes in the Île-de-France ram by short light cycles : relationship to luteinizing hormone and testosterone release. *Theriogenology*, 29: 681-691.
- Argo, C.McG., Smith, J.S. et Kay, R.N.B. 1999. Seasonal changes of metabolism and appetite in Soay rams. *Anim. Sci.*, 69: 191-202.
- Arendt, J., Symons, A.M., English, J., Poulton, A.L. et Tobler, I. 1988. How does melatonin control seasonal reproductive cycles ? *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 387-397.
- Bocquier, F., Ligios, S., Molle, G. et Casu, S. 1997. Effet de la photopériode sur la production, la composition du lait et sur la consommation volontaire chez la brebis laitière. *Ann. Zootech.*, 46: 427-438.
- Canadian Council on Animal Care (CCAC) 1993. Guide to the care and use of experimental animals. D. Olfert, B. M. Cross and A. A. McWilliam, eds. Vol.1, 2nd ed., CCAC, Ottawa, ON. 212 pp.
- Castonguay, F. et Lepage, M., 1998. Utilisation de la photopériode comme technique de désaisonnement : Un projet au Québec. Pages 70-85 *Dans Cahier de conférence du 2e Symposium International sur l'industrie ovine*. CPAQ, Québec, Canada.
- Chemineau, P., Pelletier, J., Guérin, Y., Colas, G., Ravault, J.P., Touré, G., Almeida, G., Thimonier, J. et Ortavant, R. 1988. Photoperiodic and melatonin treatments for the control of seasonal reproduction in sheep and goat. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 409-422.
- Chemineau, P. 1993. Environment and animal reproduction. *World Anim. Rev.*, 77: 2-14.

- Christley, R.M., Morgan, K.L., Parkin, T.D. et French, N.P. 2003. Factors related to the risk of neonatal mortality, birth-weight and serum immunoglobulin concentration in lambs in the UK. *Prev. Vet. Med.*, 57: 209-26.
- Colas, G. 1980. Variations saisonnières de la qualité du sperme chez le bélier Île-de-France. I. Étude de la morphologie cellulaire et de la motilité massale. *Reprod. Nutr. Dev.*, 20: 1789-1799.
- Colas, G., Guérin, Y., Clanet, V., Roques, J.M. et Alberio, R. 1984. Utilisation du photopériodisme chez le bélier. Pages 79-99 *Dans 9e Journées Recherche Ovine et Caprine*. INRA, France.
- Colas, G., Guérin, Y., Clanet, V. et Solari, A. 1985. Influence de la durée d'éclairement sur la production et la fécondance des spermatozoïdes chez le bélier adulte Île-de-France. *Reprod. Nutr. Dev.*, 25: 101-111.
- Delgadillo, J.A., Leboeuf, B. et Chemineau, P. 1991. Decrease in the seasonality of sexual behavior and sperm production in bucks by exposure to short photoperiodic cycles. *Theriogenology*, 36: 755-770.
- Delgadillo, J.A. et Chemineau, P. 1992. Abolition of seasonal release of luteinizing hormone and testosterone in Alpine male goats (*Capra hircus*) by short photoperiodic cycles. *J. Reprod. Fertil.*, 94: 45-55.
- Donovan, A., Boland, M.P., Roche, J.F. et O'Callaghan, D. 1994. The effect of supplementary long days, a subcutaneous melatonin implant and exposure to a ram on the onset of the breeding season in ewes. *Anim. Reprod. Sci.*, 34: 231-240.
- Ducker, M.J. et Bowman, J.C. 1972. Photoperiodism in the ewe. V. An attempt to induce sheep of three breeds to lamb every eight months by artificial daylength changes in non light proofed building. *Anim. Prod.*, 14: 323-334.
- Ducker, M.J. et Boyd, J.S. 1977. The effect of body size and body condition on the ovulation rate of ewes. *Anim. Prod.*, 24: 377-385.
- Dutt, R.H. 1964. Detrimental effects of high ambient temperature on fertility and early embryo survival in sheep. *Int. J. Biometeorol.*, 8: 47-56.
- Fitzgerald, J.A. et Stellflug, J.N. 1991. Effects of melatonin on seasonal changes in reproduction of rams. *J. Anim. Sci.*, 69: 264-75.
- 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.

- Forcada, F., Abecia, J.A. et Sierra, I. 1992. Seasonal changes in oestrus activity and ovulation rate in Rasa Aragonesa ewes maintained at two different body condition levels. *Small Ruminant Res.*, 8 : 313-324.
- Goulet, F. et Castonguay, F.W. 2002. Influence of lambing-to-rebreeding interval on ewe reproductive performance in the anestrus season. *Can. J. Anim. Sci.*, 82: 453-456.
- Hackett, J.A. et Wolynetz, M.S. 1982. Reproductive performance of confined sheep in an accelerated controlled breeding program under two lighting regimes. *Theriogenology*, 18: 621-629.
- Hackett, J.A. et Wolynetz, M.S. 1985. Reproductive performance of Finnish Landrace and Suffolk sheep maintained indoors year-round. *J. Anim. Sci.*, 60: 334-341.
- Hafez, E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and of reproduction in the ewe. *J. Agric. Sci.*, 42: 189-265.
- Iason, G.R., Sim, D.A., Foreman, E., Fenn, P., Elston, D.A. 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 Jackson, G.L. 1993. Circannual rhythms in the ewe: patterns of ovarian cycles and prolactin secretion under two different constant photoperiods. *Biol. Reprod.*, 49: 627-634.
- Khalid, M. et Jackson, G.L. 1991. Exposure of ewes to long-day photoperiods before the winter solstice can disrupt refractoriness to short days. *Anim. Reprod. Sci.*, 25: 225-232.
- Karsch, F.J., Bittman, E.L., Robinson, J.E., Yellon, S.M., Wayne, N.L., Olster, D.H. et Kaynard, A.H. 1986. Melatonin and photorefractoriness : loss of response to the melatonin signal leads to seasonal reproductive transitions in the ewe. *Biol. Reprod.*, 34: 265-274.
- Legan, S.J. et Karsch, F.J. 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 Karsch, F.J. 1983. Importance of retinal photoreceptors to the photoperiodic control of seasonal breeding in the ewe. *Biol. Reprod.*, 29: 316-325.
- Lincoln, G.A. et Short, R.V. 1980. Seasonal breeding : nature's contraceptive. Gregory Pincus Mem. Lecture. *Recent Prog. Horm. Res.*, 36: 1-52.
- Malpaux, B., Moenter, S.M., Wayne, N.L., Woodfill, C.J.I. et Karsch, F.J. 1988a. Reproductive refractoriness of the ewe to inhibitory photoperiod is not caused by alteration of the circadian secretion of melatonin. *Neuroendocrinology*, 48: 264-270.

- Malpaux, B., Daveau, A., Maurice, F., Gayrard, V. et Thiery, J.C. 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., Daveau, A., Mandon-Maurice, F., Viguié, C., Skinner, D.C., Caraty, A., Locatelli, A., Pelletier, J., Tillet, Y., Thiéry, J.P. et Chemineau, P. 1996. Reproduction saisonnée : mécanisme d'action de la mélatonine. *Dans Abstracts des Communications, Mélatonine et rythmes circadiens et circannuels chez les mammifères. Journées scientifiques de la Physio. INRA, France.*
- Molina, A., Gallega, L., Torres, A. et Vergara, H. 1994. Effect of mating season and level of body reserves on fertility and prolificacy of Manchega ewes. *Small Ruminant Res.*, 14: 209 – 217.
- Notter, D.R. et Copenhaver, J.S. 1980. Performance of Finnish Landrace crossbred ewes under accelerated lambing. I. Fertility, prolificacy and ewe productivity. *J. Anim. Sci.*, 51: 1033 – 1042.
- Notter, D.R., Al-Shorepy, S.A., Vincent, J.N. et Mc Quown, E.C. 1998. Selection to improve fertility in fall lambing. *Dans Proceedings 6th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.*, 27: 43-46.
- Notter, D.R. 2000. Effects of ewe age and season of lambing on prolificacy in U.S. Targhee, Suffolk, and Polypay sheep. *Small Ruminant Res.*, 38: 1 – 7.
- Notter, D.R. 2002. Opportunities to reduce seasonality of breeding in sheep by selection. *Sheep and Goat Research Journal.*, 17: 20 – 32.
- O'Callaghan, D., Karsch, F.J., Boland, M.P. et Roche, J.F. 1991. Role of short days in timing the onset and duration of reproductive activity in ewes under artificial photoperiods. *Biol. Reprod.*, 44: 23 – 28.
- Oldham, C.M., Martin, G.B. et Knight, T.W. 1978. Stimulation of seasonally anovular Merino ewes by rams. I. Time from introduction of the rams to the preovulatory surge and ovulation. *Anim. Reprod. Sci.*, 1: 283 – 290.
- Pelletier, J. et Almeida, G. 1987. Short light cycles induce persistent reproductive activity in Île-de-France rams. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 34: 215 – 226.
- Quirke, J.F., Stabenfeldt, G.H. et Bradford, G.E. 1988. Year and season effects on oestrus and ovarian activity in ewes of different breeds and crosses. *Anim. Reprod. Sci.*, 16: 39 – 52.
- Ravault, J.P. et Thimonier, J. 1988. Melatonin patterns in ewes maintained under skeleton or resonance photoperiodic regimens. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 473 – 486.

- Robinson, J.E. et Karsch, F.J. 1984. Refractoriness to inductive daylengths terminates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.*, 31: 656-663.
- Robinson, J.E., Wayne, N. et Karsch, F.J. 1985. Refractoriness to inhibitory daylength initiates the breeding season of the Suffolk ewe. *Biol. Reprod.*, 32: 1024-1030.
- Robinson, J.E. et Karsch, F.J. 1988. Timing the breeding season of the ewe : what is the role of daylength ? *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 365 – 374.
- SAS. 1999-2001. SAS Institute, Inc. Release 8.02. Cary, NC.
- Sawyer, G.J. 1983. The influence of radiant heat load on reproduction in the Merino ewe. Pages 225 – 235 *Dans* *Reproduction des ruminants en zone tropicale*, Réunion Internationale, les Colloques de l'INRA (no 20). INRA, Pointe-à-Pitre, Guadeloupe (F.W.I.).
- Schanbacher, B.D. 1979. Increased lamb production with rams exposed to short daylengths during the nonbreeding season. *J. Anim. Sci.*, 49: 927 – 932.
- Shrestha, J.N.B et Heaney, D.P. 2003. Review of Canadian, Ouatouais and Rideau Arcott breeds of sheep 1. Development and characterization. *Small Ruminant Res.*, 49: 79 – 96.
- Shelton, M. et Huston, J.E. 1968. Effects of high temperature stress during gestation on certain aspects of reproduction in the ewe. *J. Anim. Sci.*, 27:153 – 158.
- Stellflug, J.N. et Nett, T.M. 1988. Influence of exogenous melatonin and altered daylength on reproductive performance of Polypay ewes. *Theriogenology*, 29: 535 –543.
- Sweeney, T., Kelly, G. et O'Callaghan, D. 1995. Differential regulation of prolactin and LH secretion in ewes exposed to a long-day photoperiod signal between the autumn equinox and the winter solstice. *J. Reprod. Fert. Abstr. Ser.*, 15: 9 – 10.
- Sweeney, T., Donovan, A., Karsch, F.J., Roche, J.F. et O'Callaghan, D. 1997. Influence of previous photoperiodic exposure on the reproductive response to a specific photoperiod signal in ewes. *Biol. Reprod.*, 56: 916 – 920.
- Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. Pages 177 – 183 *Dans* *Productions Animales*. INRA, France.
- Vesely, J.A. 1978. Application of light control to shorten the production cycle in two breeds of sheep. *Anim. Prod.*, 26: 169 – 176.
- Vesely, J.A. et Bowden, D.M. 1980. Effect of various light regimes on lamb production by Rambouillet and Suffolk ewes. *Anim. Prod.*, 31: 163 – 169.

- Vesely, J.A. et Swierstra, E.E. 1985. Year-round breeding of crossbred Dorset or Finnish Landrace ewes using a synthetic light regimen. *J. Anim. Sci.*, 61: 329 – 336.
- Watson-Whitmyre, M., Stetson, M.H. 1983. Simulation of peak melatonin release restores sensitivity to evening melatonin injection in pinealectomised hamsters. *Endocrinology*, 112 : 763 - 765.
- Williams, H. et Ward, S. 1988. Melatonin and light treatment of ewes for autumn lambing. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 423 – 429.
- Wodzicka-Tomaszewska, M., Hutchinson, J.C.D. et Bennett, J.W. 1967. Control of the annual rhythm of breeding in ewes : effects of an equatorial daylength with reversed thermal seasons. *J. Agric. Sci.*, 68: 61 –67.
- Yeates, N.T.M. 1949. The breeding season of the sheep with particular reference to its modification by artificial light. *J. Agric. Sci.*, 39: 1 – 43.
- Yeates, N.M.T. 1953. The effect of high air temperature on reproduction in the ewe. *J. Agric. Sci.*, 43: 199 – 203.

Chapitre 4

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Malgré la forte croissance de l'industrie ovine au Québec, cette dernière fait toujours face à plusieurs problématiques qui pourraient compromettre son développement. Parmi les difficultés que ce secteur agricole rencontre, la difficulté d'approvisionner les marchés de façon constante et régulière est, sans conteste, l'une des plus importantes. Cette problématique rend l'industrie ovine québécoise fragile à la compétition étrangère et même à la concurrence de l'Ouest canadien. Afin d'assurer la pérennité de ce secteur et le maintien de son développement, les producteurs devront effectuer des ajustements profonds de leur façon de faire et de produire. Trop longtemps cette production a été considérée comme un élevage simple, facile et marginal. La réalité est toute autre. Le caractère saisonnier de cette bête d'élevage compromet réellement la rentabilité des élevages d'agneaux.

En production ovine, la saisonnalité de l'espèce touche toutes les entreprises. Les producteurs doivent se donner l'objectif d'étaler la production d'agneau à l'année longue, non seulement pour conserver leur place sur les marchés, mais également pour assurer un revenu régulier à leur entreprise. Comme gestionnaire d'entreprise, les producteurs doivent atteindre cet objectif avec le maximum d'efficacité et surtout à faible coût. Souvent, les programmes de production accélérée ont été critiqués pour leur forte productivité qui n'était malheureusement pas associée à une rentabilité équivalente. Les techniques hormonales de désaisonnement disponibles sont dispendieuses et les résultats sont souvent décevants. Les producteurs qui mettent temps, argent et efforts dans l'utilisation de pratiques de désaisonnement ont beaucoup d'attentes et espèrent voir leurs résultats technico-économiques s'améliorer. La réalité des élevages démontre cependant qu'il y a place à une nette amélioration. L'utilisation d'un

programme photopériodique, comme celui développé dans ce projet, permet d'atteindre un bon équilibre entre la productivité et la rentabilité de l'élevage. Cette nouvelle méthode permet d'obtenir d'excellentes performances de fertilité et de prolificité durant toute l'année. Elle permet d'intégrer des paramètres de régie indispensables dans les élevages et surtout d'optimiser l'utilisation des bâtiments existants dans l'entreprise.

Les résultats obtenus dans cette étude ont démontré qu'il était possible d'atteindre une fertilité annuelle de plus de 90 %. Avec une bonne régie et une mortalité raisonnable chez les agneaux, les producteurs devraient sevrer au moins 1,7 agneaux/brebis/agnelage. Ainsi, ce programme permettrait d'améliorer les performances de productivité des élevages ovins ainsi que leur rentabilité. Alors que la dernière étude sur le coût de production de l'agneau au Québec (MAPAQ, 2002) indiquait que les fermes sous étude avait vendu en moyenne 1.32 agneaux/brebis/année, un producteur utilisant cette nouvelle technique pourrait mettre en marché 2.3 agneaux/brebis durant la même période ($1.8 \text{ agneaux sevrés/agnelage} * 1,3 \text{ agnelage/brebis/année}$), ce qui correspond à une augmentation de 0.98 agneaux de plus par brebis par année! Les producteurs seraient ainsi en mesure d'améliorer leur sort du côté des performances zootechniques. Cette productivité supplémentaire se traduirait inévitablement par un bénéfice économique substantiel pour le producteur.

En plus d'améliorer les performances zootechniques, ce nouveau programme lumineux permet d'assurer une meilleure régularité des agnelages. En effet, les performances obtenues dans l'étude ont démontré qu'il était possible d'avoir d'excellents taux de fertilité en toute saison. Ainsi, les agnelages sont répartis de façon uniforme durant toute l'année. Ceci permet donc au producteur de mettre en marché de l'agneau à toutes les semaines. Cet aspect permet de donner un revenu régulier au producteur tout en lui assurant ses marchés et en lui permettant de demeurer compétitif pour l'avenir (impact à long terme pour le producteur vs ses marchés ou acheteurs). Ce projet a été réalisé en condition de « terrain ». La flexibilité de la technique a donc été éprouvée. La division du troupeau en plusieurs groupes de femelles permet d'étaler le travail et d'optimiser les tâches à réaliser pour suivre une bonne conduite d'élevage. Ainsi, l'application de ce type de programme lumineux semble faciliter le travail du producteur, les tâches deviennent régulières et organisées. Les résultats démontrent ainsi que cette méthode

permettrait d'atteindre une forte productivité et une très bonne rentabilité et ce, sans charge de travail supplémentaire.

Sous nos conditions climatiques hivernales, les producteurs doivent loger leurs animaux à l'intérieur de bâtiments résistants aux rigueurs de l'hiver. Considérant le coût de ces bâtiments et les charges qui y sont liées, il est essentiel de trouver des façons d'optimiser et de rentabiliser ces derniers. Le nouveau programme photopériodique développé dans cette étude est donc une technique qui trouve sa place dans le contexte de production québécois. En effet, cette méthode permet d'utiliser les bâtiments existants en y apportant des modifications souvent très peu coûteuses. La méthode permet ainsi de donner une fonction propre à chaque section des bâtiments d'élevage et d'utiliser l'espace de façon optimale.

Bien que le coût de la technique puisse varier entre les entreprises, les frais sont nettement inférieurs à ceux habituellement déboursés pour les autres méthodes de désaisonnement. Dans cette étude, il a été estimé que le coût associé à la technique photopériodique représentait un peu moins que 2,50\$/brebis/année, ce qui correspond aux frais d'électricité supplémentaire utilisée pour l'éclairage des bâtiments en JL. Nos calculs nous ont finalement démontré qu'un producteur qui aurait appliqué la même régie (4 groupes, agnelages répartis durant l'année), mais qui aurait utilisé des techniques hormonales pour synchroniser les chaleurs de ses brebis en contre-saison, aurait obtenu près de 20 000\$ de revenus de moins dans son entreprise ! Au Québec, on compte actuellement près de 1000 entreprises ovines. L'application de cette technique permettrait à plusieurs de ces entreprises d'atteindre la rentabilité tant attendue.

Pour le consommateur, la plus forte avancée de cette étude est sans aucun doute la réduction de l'utilisation d'hormones exogènes en production ovine. Dans un système photopériodique fonctionnant très bien, il serait même possible de croire à une élimination complète des traitements hormonaux et ce, par la réforme des femelles ne répondant pas au programme lumineux. Cette nouvelle technique permettrait ainsi à l'industrie de se développer efficacement, tout en répondant au souhait des consommateurs qui sont frileux au sujet de l'utilisation des hormones en production animale.

Actuellement, la demande pour le système de production développé dans le cadre de ce projet est en pleine expansion. Depuis les premières saillies réalisées à l'automne 2001, beaucoup d'encre a coulé sur ce sujet. Ainsi, en 2006, on compte présentement plus de 20 entreprises qui utilisent notre programme. Cette forte demande a favorisé le travail de plusieurs ressources dans l'industrie (chercheurs, agronomes, techniciens, ...). Et nous ne sommes qu'au début de cette aventure...

Bien que cette technique ait permis de faire progresser les connaissances dans le domaine des programmes de contrôle lumineux, il reste néanmoins des éléments d'amélioration à travailler. Dans l'avenir, il sera important de développer des projets visant à améliorer les conditions ambiantes dans les sections en JC durant la période estivale. Puisque la température semble être un des paramètres importants à contrôler pour obtenir les résultats escomptés en contre-saison, il faudra trouver des aménagements permettant aux animaux d'être confortables, sans toutefois gonfler les frais associés à la technique. Ainsi, il reste encore du travail à faire afin de rendre cette technique compatible avec l'environnement de production de la plupart des éleveurs ovins québécois.

Annexe I

TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES MOYENNES

Tableau 3.11. Températures moyennes, minimales, et maximales enregistrées mensuellement de septembre 2001 à octobre 2003.

Année	MOIS	Température moyenne (°C)	Moyenne des températures maximales enregistrées (°C)	Moyenne des températures minimales enregistrées (°C)	Température maximale enregistrée (°C)	Température minimale enregistrée (°C)
2001	Septembre	14,0	19,0	9,0	29,4	1,4
2001	Octobre	7,3	11,8	2,8	22,1	-4,1
2001	Novembre	1,7	4,6	-2,1	13,5	-10,7
2001	Décembre	-2,6	-1,0	-6,0	3,2	-17,0
2002	Janvier	-8,2	-4,3	-12,0	1,5	-21,5
2002	Février	-8,8	4,1	-13,5	4,2	-24,4
2002	Mars	-5,0	-0,5	-9,5	8,4	-19,0
2002	Avril	3,8	8,2	-0,7	21,5	-10,0
2002	Mai	9,3	14,7	3,7	25,7	-1,2
2002	Juin	14,9	20,5	9,3	28,2	2,6
2002	Juillet	19,8	25,4	14,2	33,0	8,8
2002	Août	19,4	25,8	12,9	33,3	6,2
2002	Septembre	15,6	21,9	9,3	33,0	1,8
2002	Octobre	6,1	12,8	2,7	24,0	-7,2
2002	Novembre	-2,4	1,0	-5,7	14,3	-15,2
2002	Décembre	-7,4	-3,5	-11,0	2,8	-25,6
2003	Janvier	-14,6	-10,6	-18,7	0,0	-28,1
2003	Février	-13,3	-8,0	-18,5	1,8	-30,9
2003	Mars	-6,1	-0,9	-11,3	8,8	-26,7
2003	Avril	1,1	6,0	-3,7	14,9	-13,6
2003	Mai	10,8	15,8	5,7	28,9	0,4
2003	Juin	17,1	23,5	10,6	34,2	3,2
2003	Juillet	18,5	23,7	13,1	29,1	9,3
2003	Août	18,1	22,8	13,3	29,2	5,0
2003	Septembre	15,3	20,9	9,6	29,1	4,2
2003	Octobre	6,5	10,6	2,3	24,0	-4,0

Source. : Station météorologique K9, Québec
<http://k9station.tripod.com/>

Annexe II

RÉPARTITION DES SAILLIES FÉCONDANTES SUITE À

L'INTRODUCTION DU BÉLIER DANS LES GROUPES EXPOSÉS À

LA PHOTOPÉRIODE

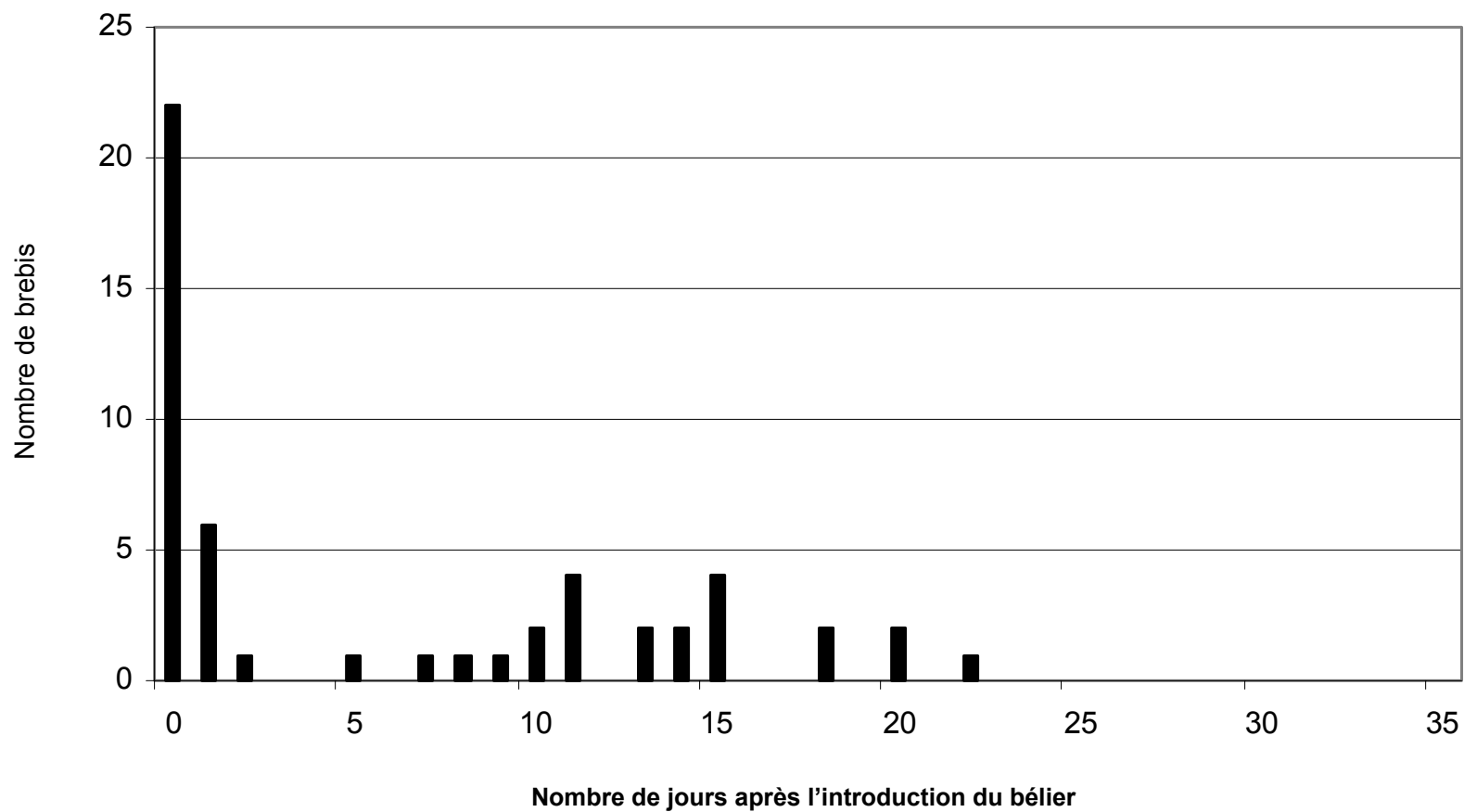


Figure 3.7. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe A1 (accouplements réalisés du 23 novembre 2001 au 2 janvier 2002).

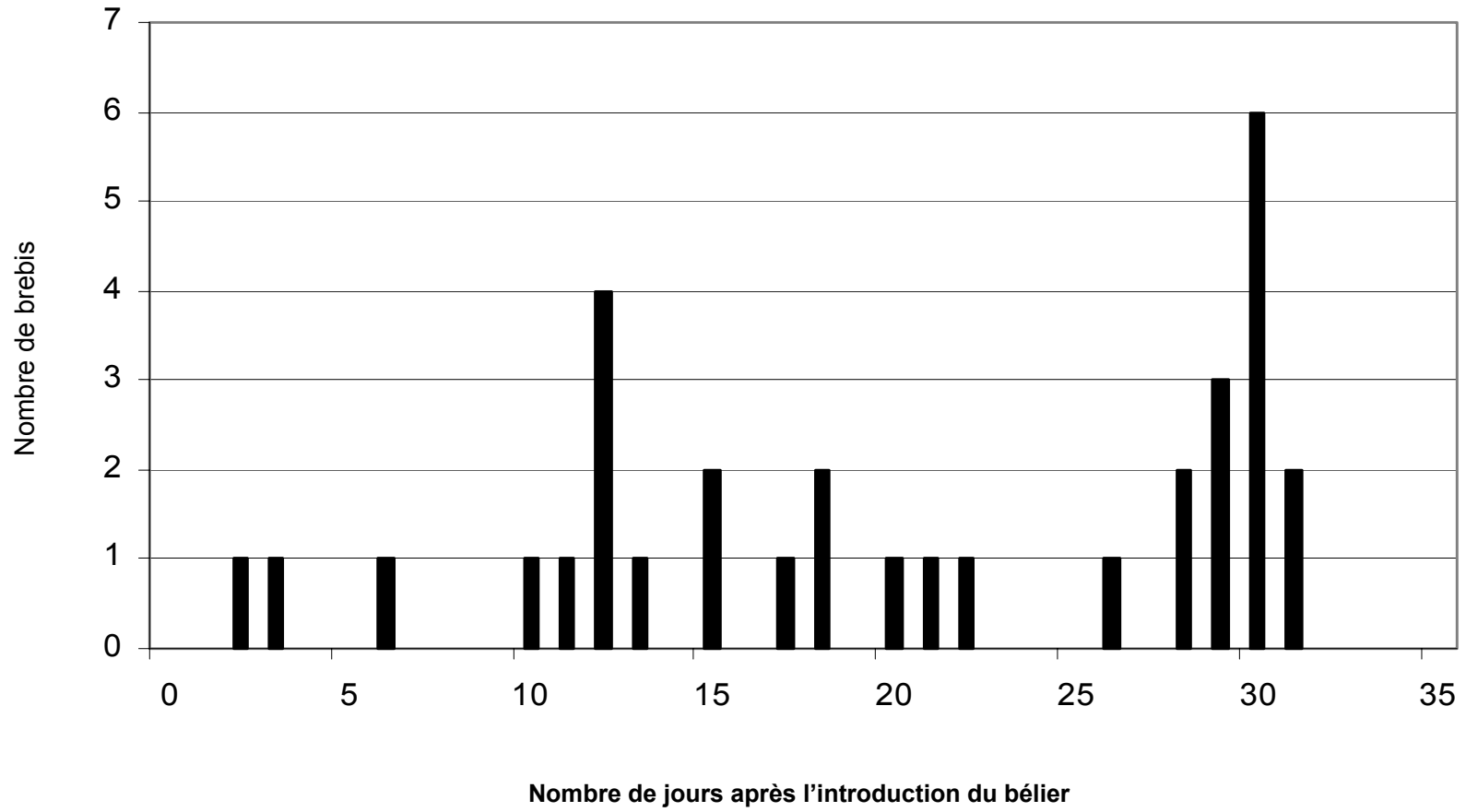


Figure 3.8. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe A2 (accouplements réalisés du 1 août au 5 septembre 2002).

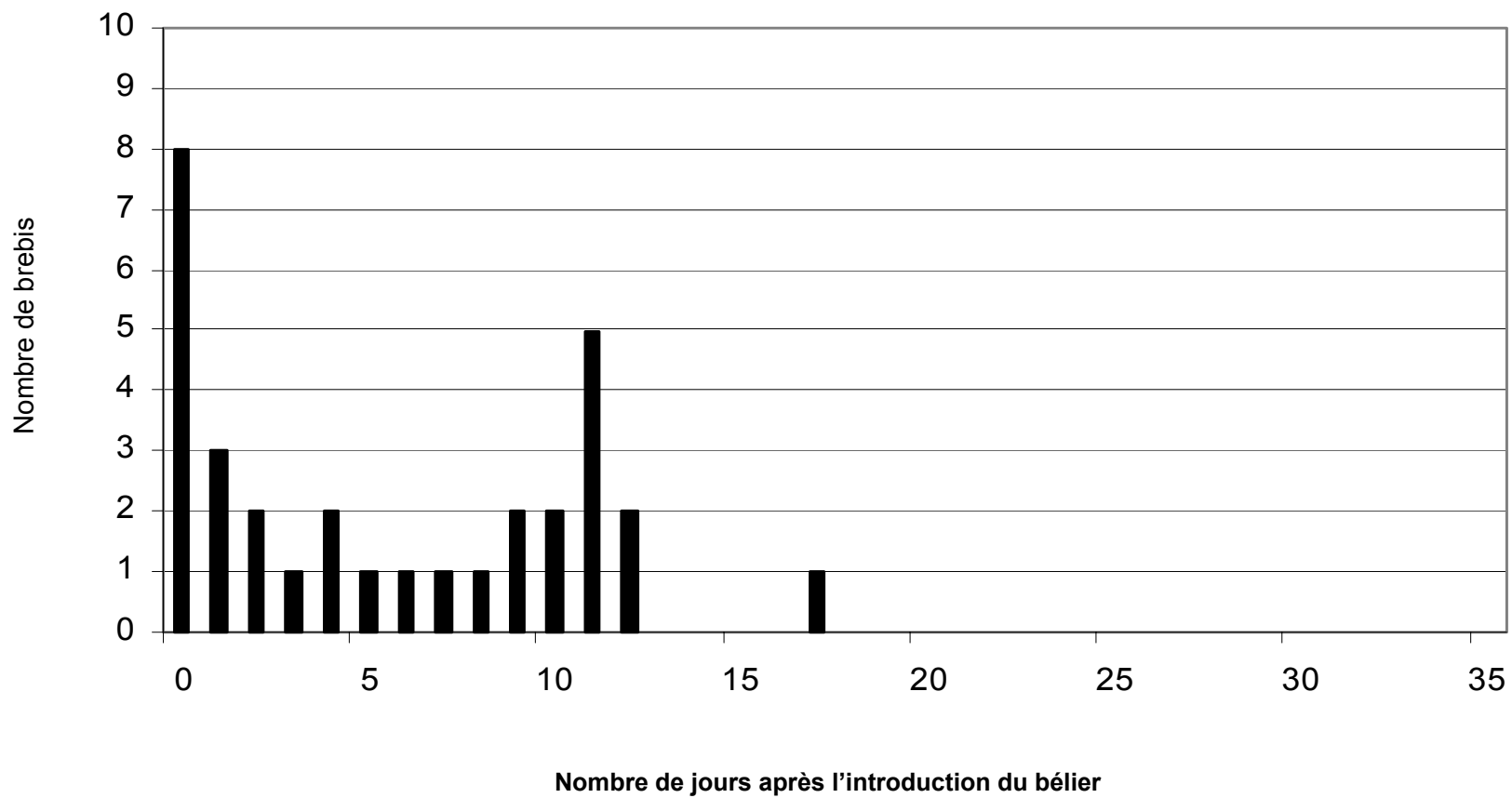


Figure 3.9. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe A3 (accouplements réalisés du 7 avril au 5 mai 2003).

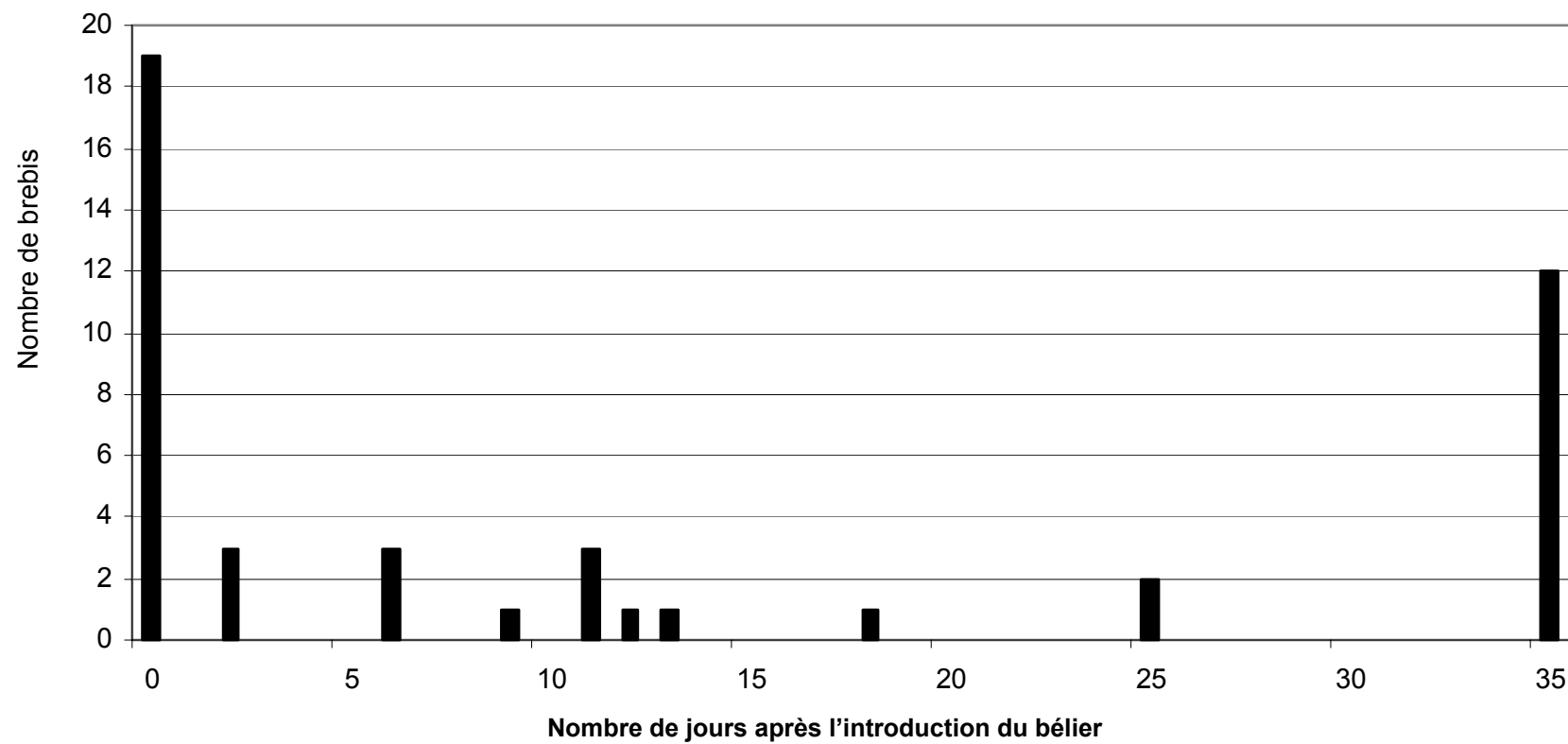


Figure 3.10. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe B1 (accouplements réalisés du 6 août au 10 septembre 2001).

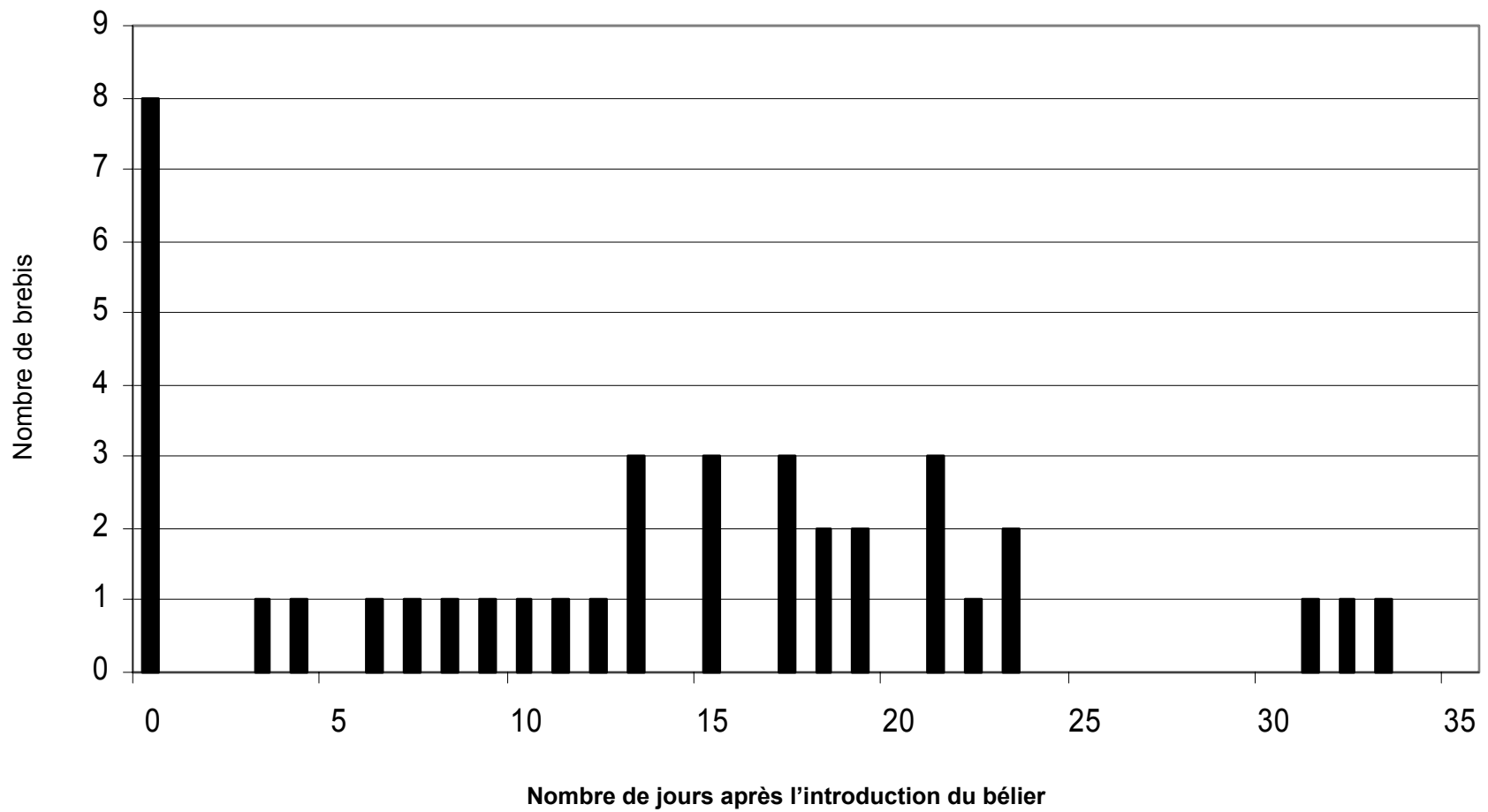


Figure 3.11. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe B2 (accouplements réalisés du 3 avril au 8 mai 2002).

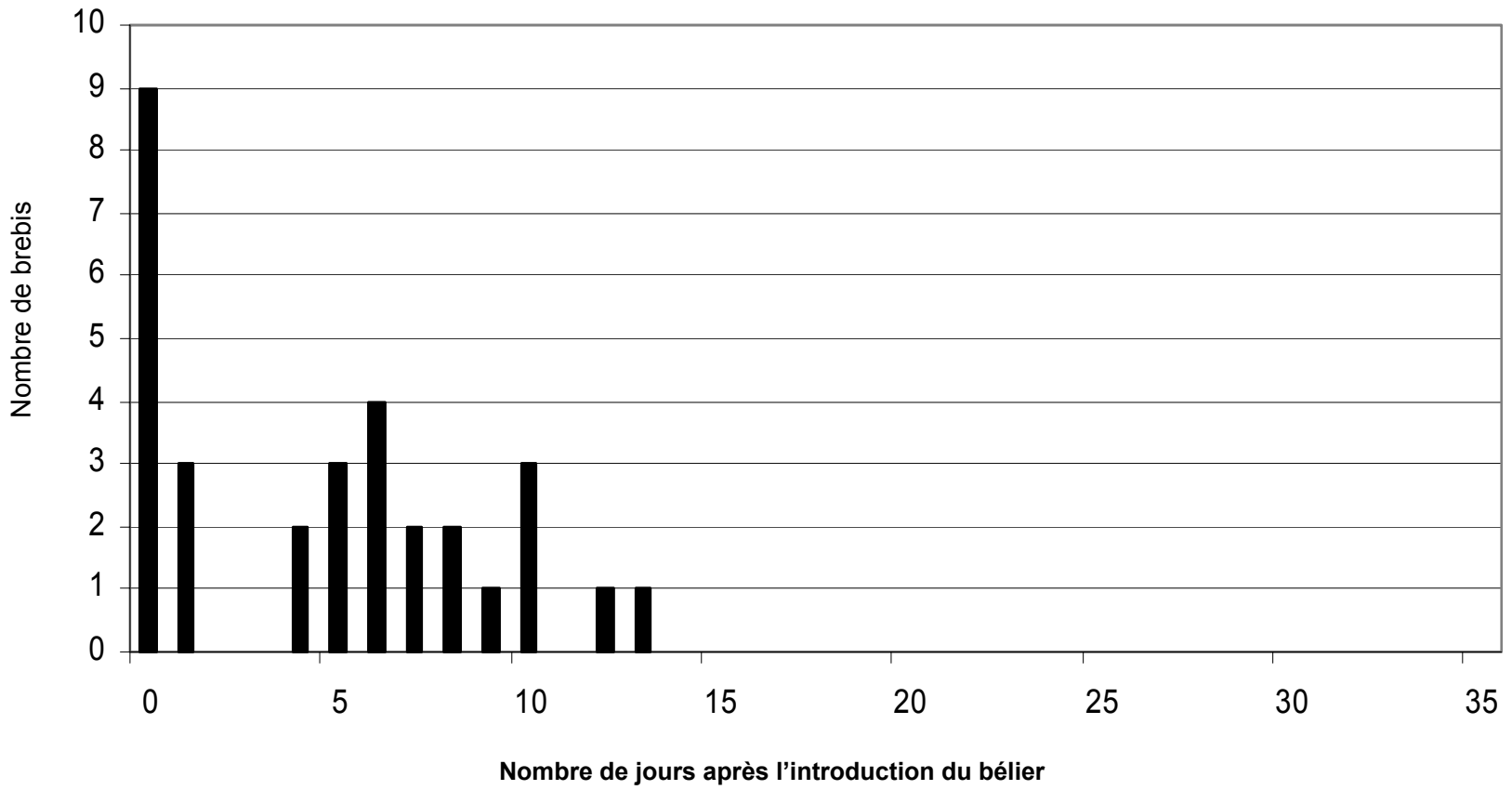


Figure 3.12. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe B3 (accouplements réalisés du 29 novembre 2002 au 3 janvier 2003).

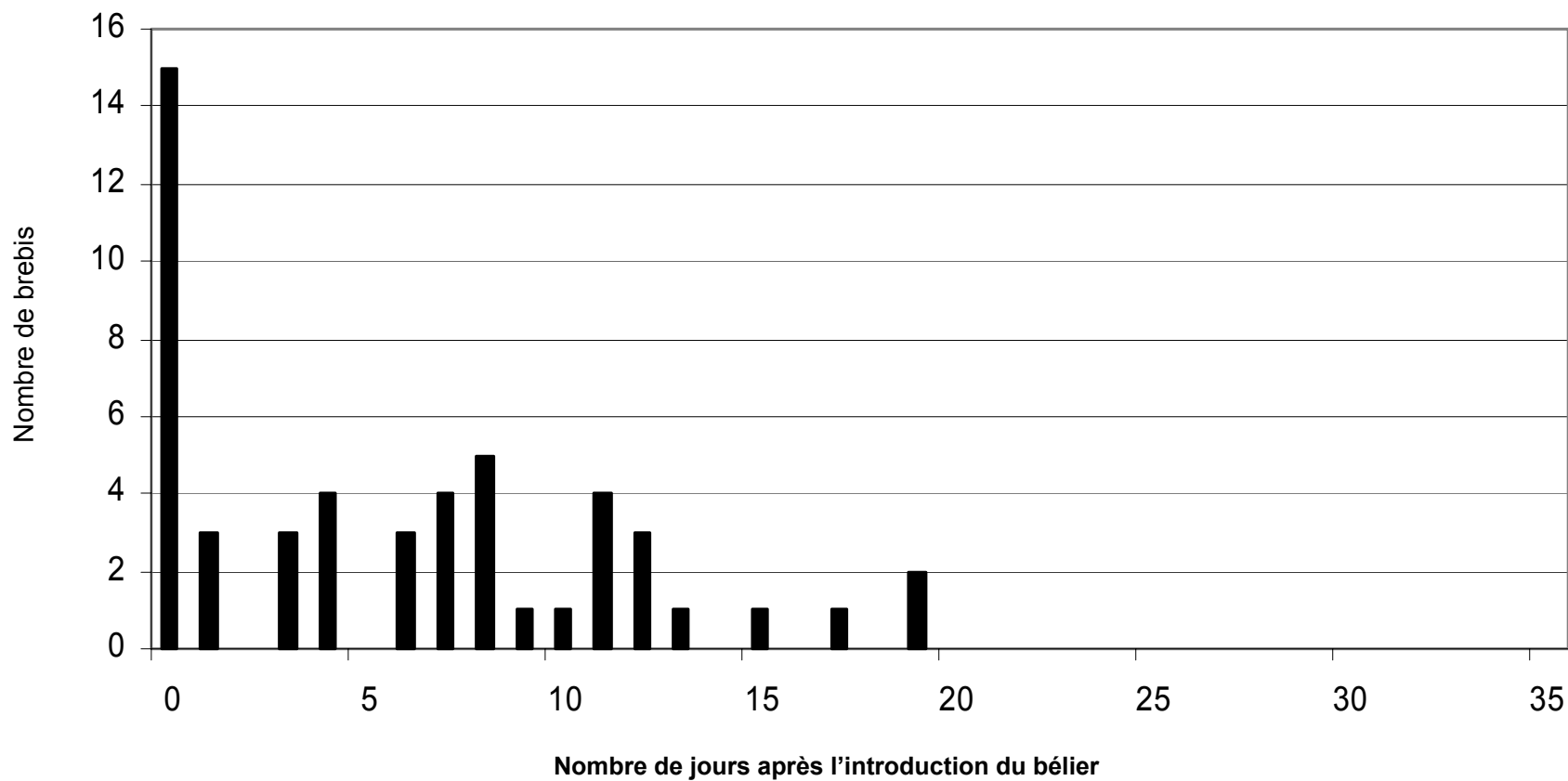


Figure 3.13. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe C1 (accouplements réalisés du 6 février au 13 mars 2002).

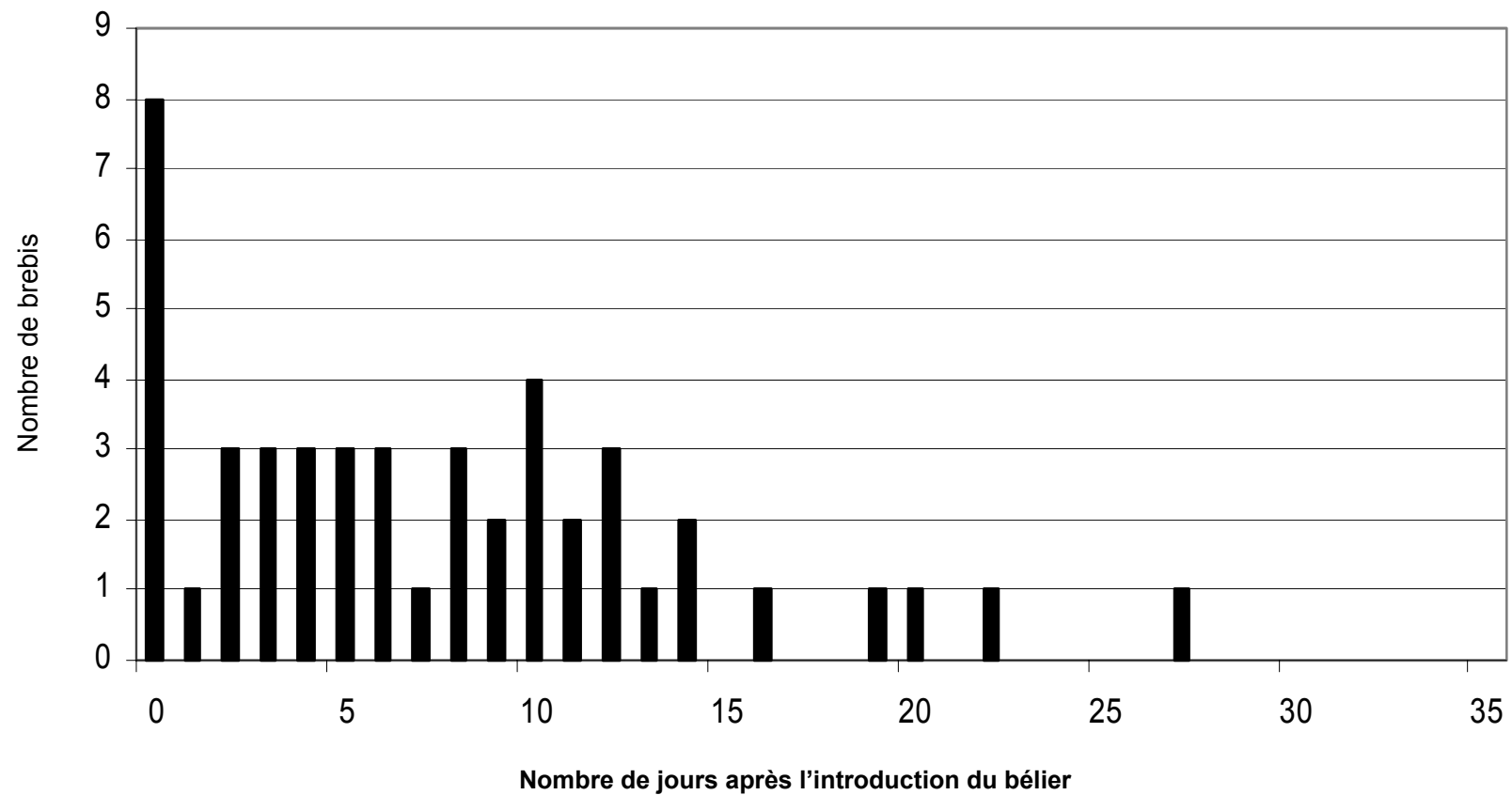


Figure 3.14. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe C2 (accouplements réalisés du 4 octobre au 8 novembre 2002).

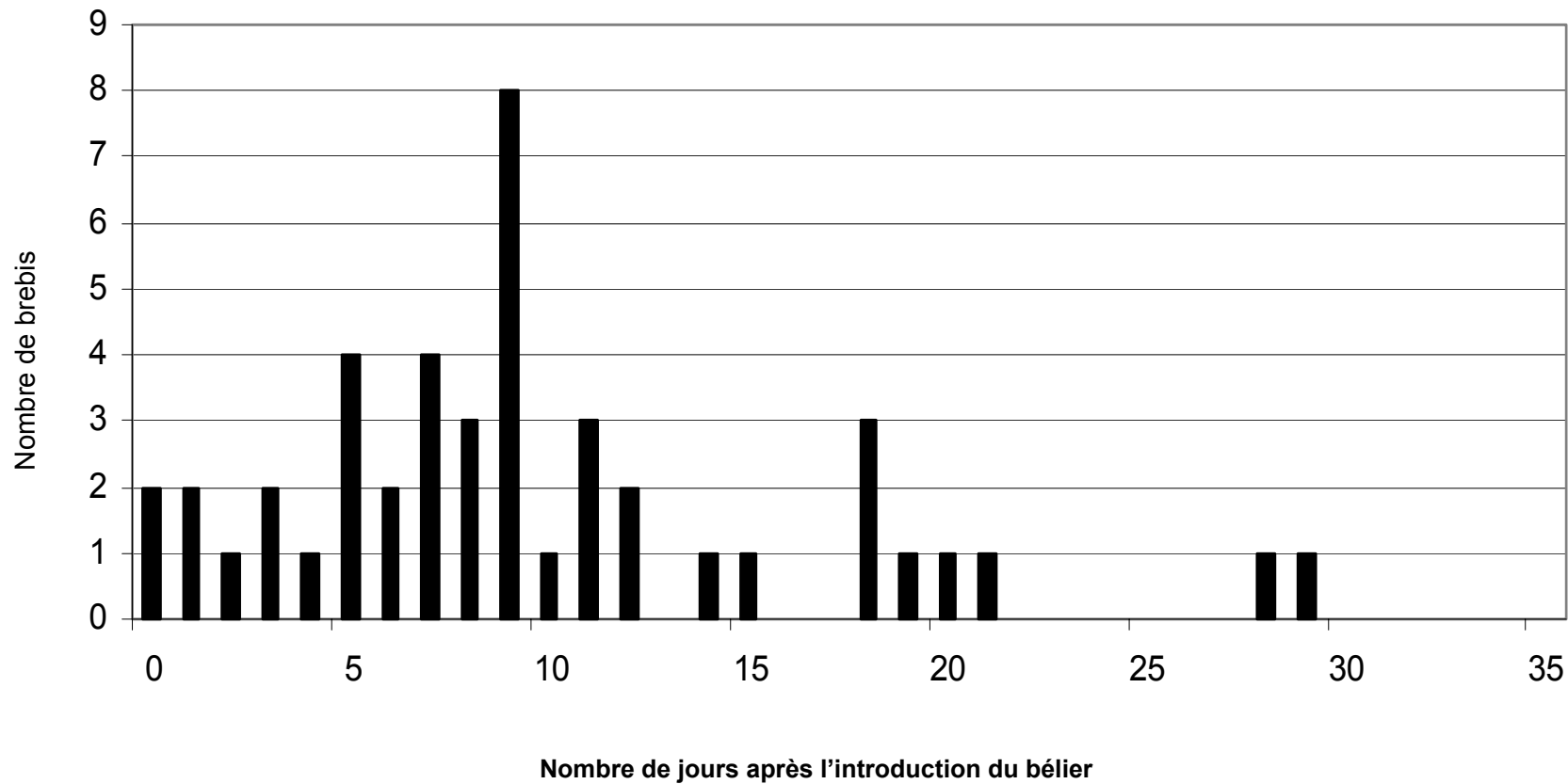


Figure 3.15. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe C3 (accouplements réalisés du 6 juin au 11 juillet 2003).

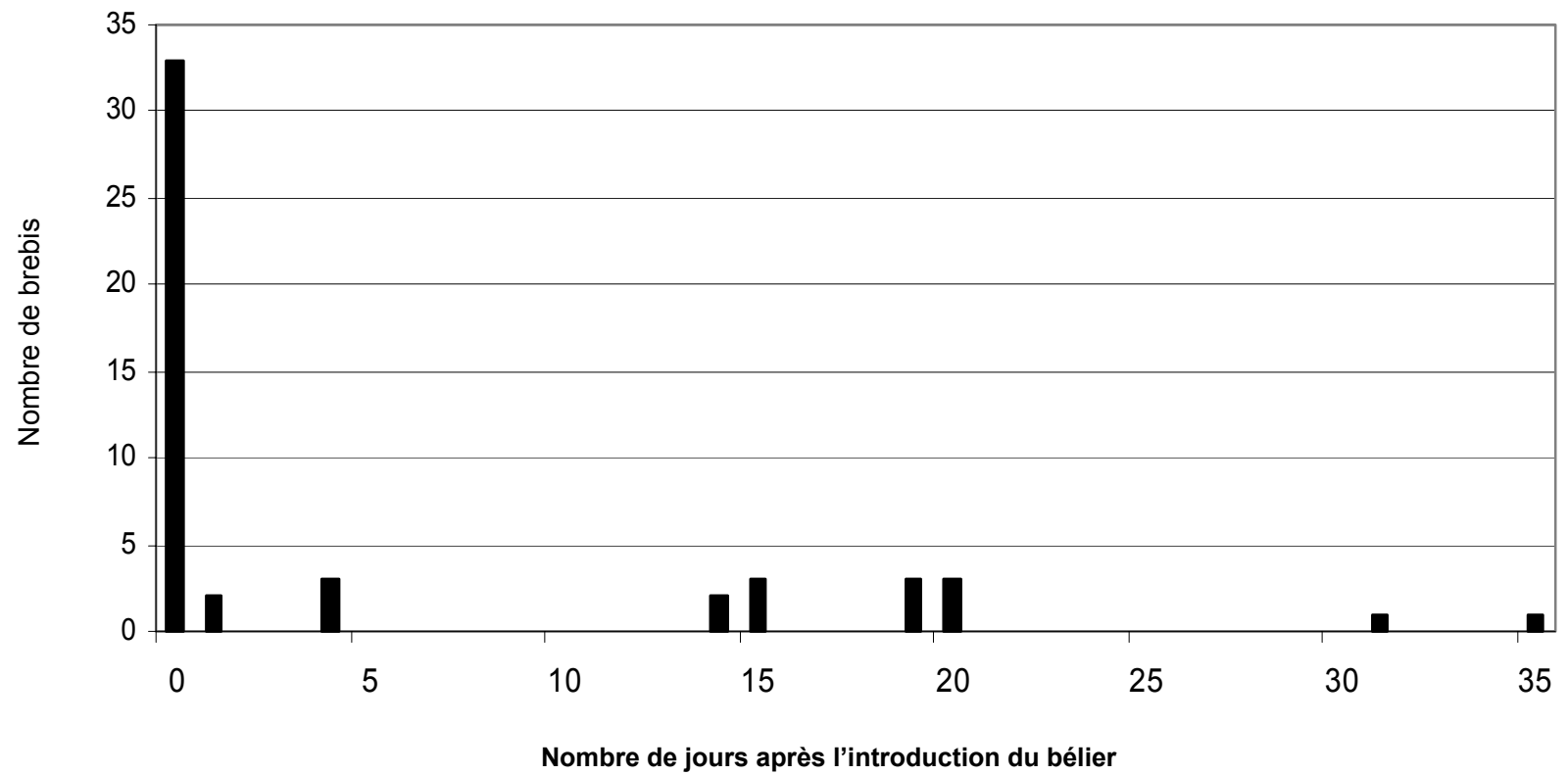


Figure 3.16. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe D1 (accouplements réalisés du 29 septembre au 3 novembre 2001).

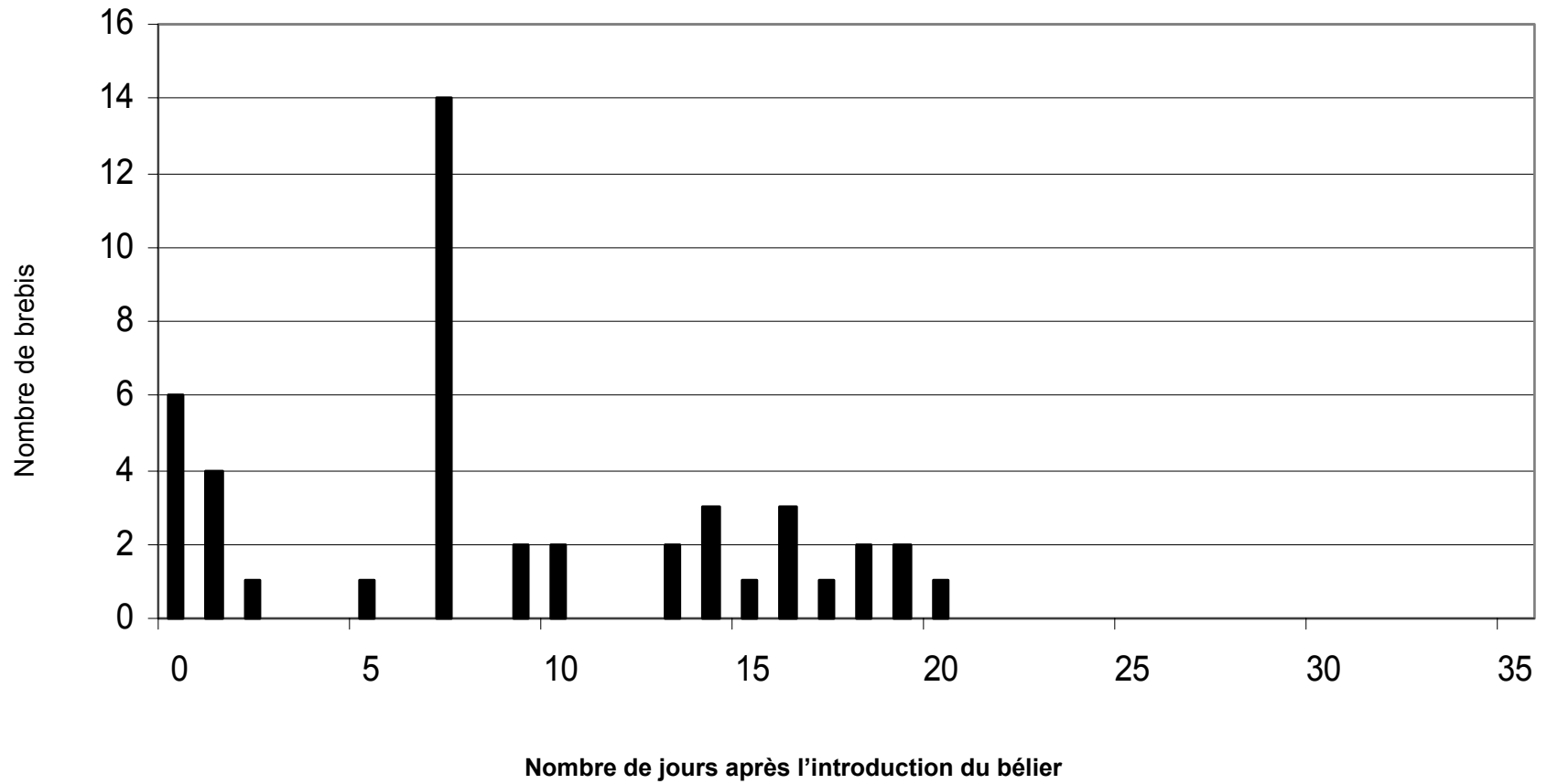


Figure 3.17. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe D2 (accouplements réalisés du 6 juin au 11 juillet 2002).

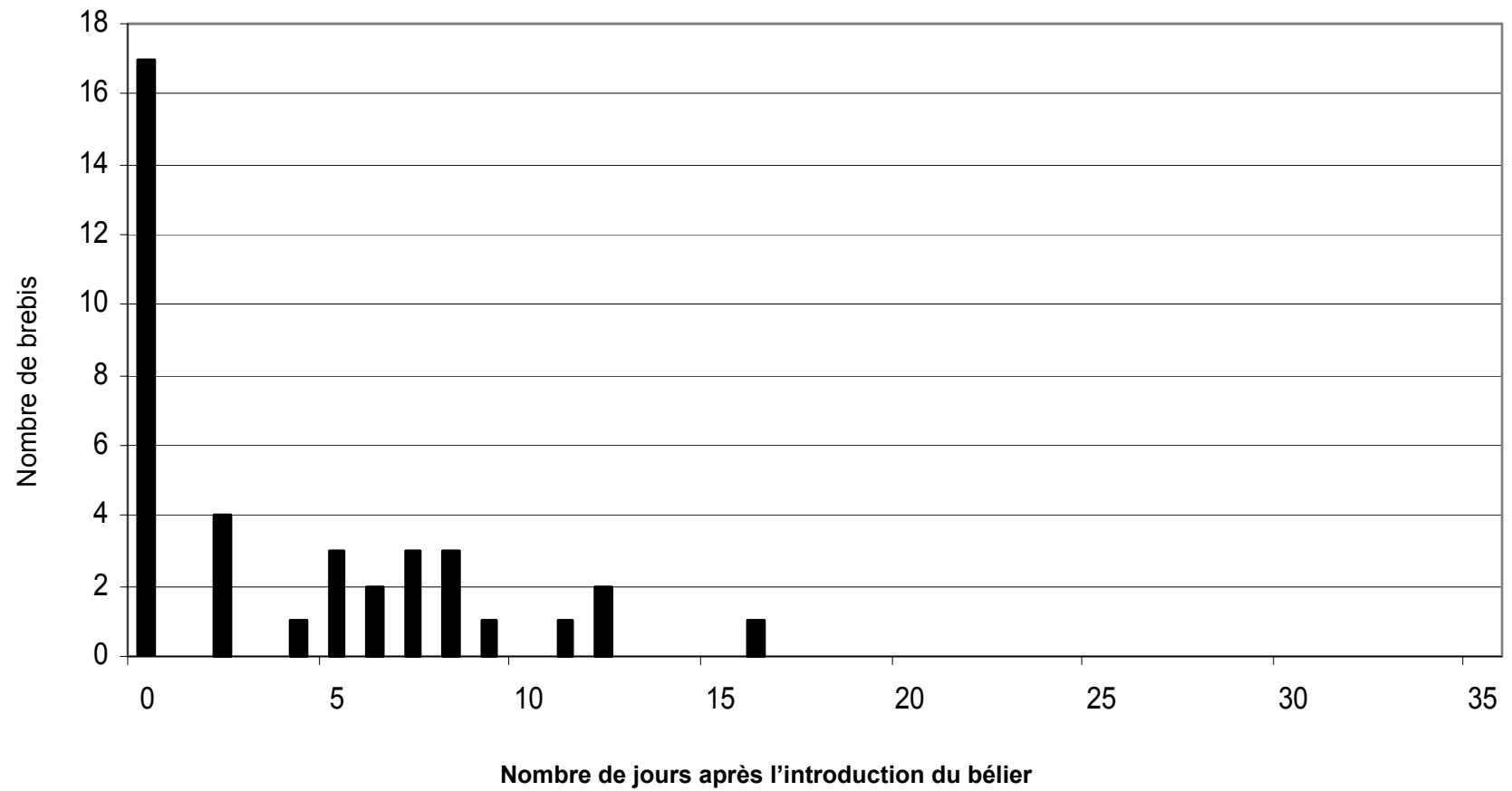


Figure 3.18. Répartition des saillies fécondantes suite à l'introduction du bélier dans le groupe D3 (accouplements réalisés du 5 février au 12 mars 2003).