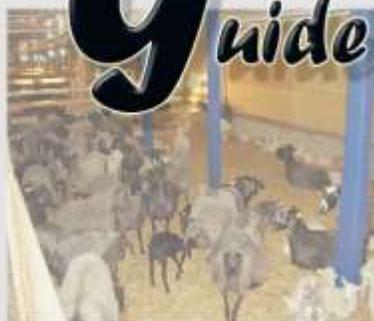
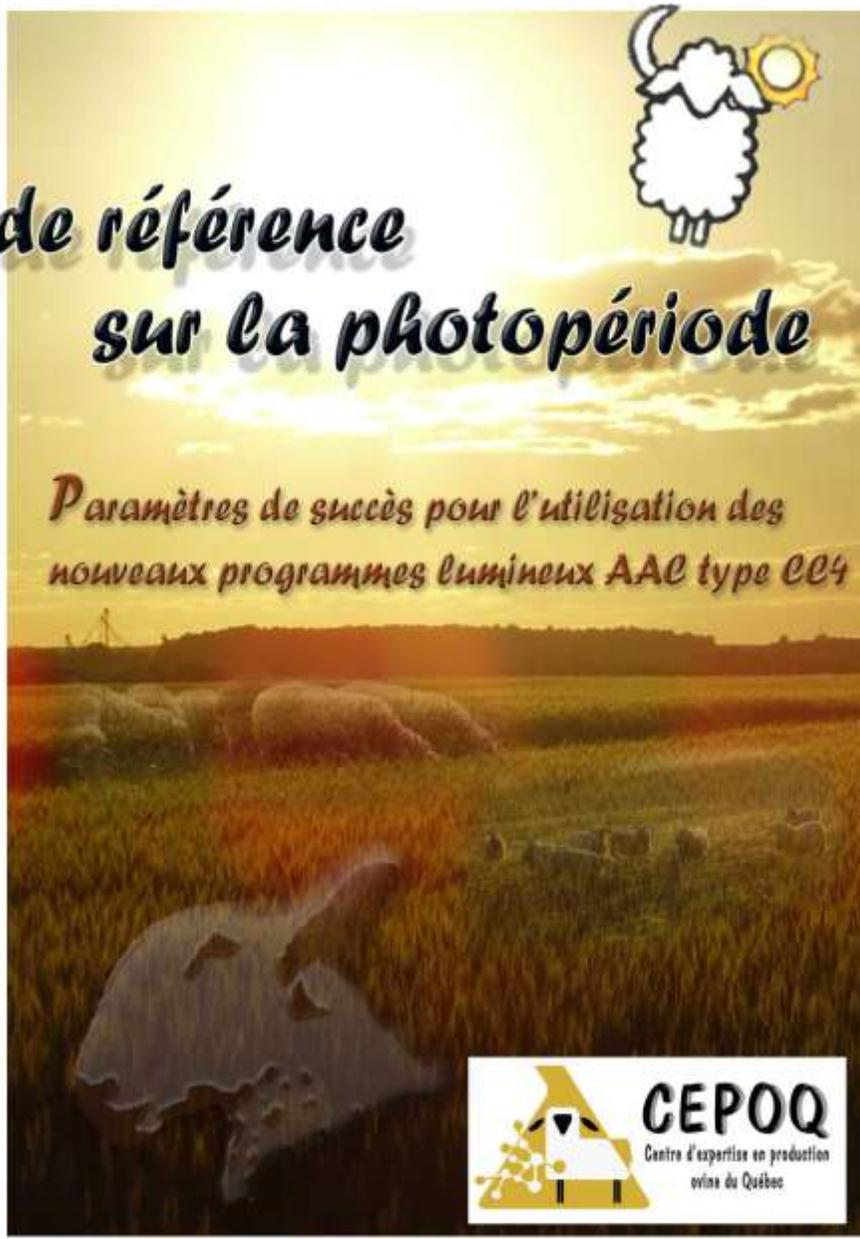


Guide de référence sur la photopériode



*Paramètres de succès pour l'utilisation des
nouveaux programmes lumineux AAE type CE4*



2008



Grâce à la collaboration et au financement de



Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec



Projet réalisé dans le cadre du programme

« Initiative d'appui aux conseillers agricoles »

Programme issu du Cadre Stratégique agricole fédéral- provincial



Guide de référence sur la photopériode

Paramètres de succès pour l'utilisation des nouveaux programmes lumineux AAC type CC4



Centre d'expertise en production ovine du Québec
Rédigé par Johanne Cameron, agr. M.Sc.
Juin 2008



REMERCIEMENTS

Le Centre d'expertise en production ovine du Québec souhaite remercier les différentes personnes et organisations dont les travaux de recherche ont servi de fondation aux principes élaborés dans le cadre du protocole AAC type CC4 et de ses variantes tels que présentés dans le présent guide technique.

Des remerciements spéciaux sont adressés au chercheur François Castonguay, Ph.D. d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, et son équipe de recherche, dont madame Mireille Thériault, M.Sc. et professionnelle de recherche à Agriculture et Agroalimentaire Canada.

La réalisation du présent guide a été rendue possible grâce à l'appui financier du Programme d'appui aux conseillers agricoles du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec – volet IACA-206 : Guides techniques en production.



TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES FIGURES	VII
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 LES PRINCIPES DE BASE DE LA PHOTOPÉRIODE	5
1.1. EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE CHEZ LES BREBIS ET LES BÉLIERS.....	6
1.1.1. Effet de la photopériode chez les femelles	6
1.1.2. Effet de la photopériode chez les béliers	9
1.2. LE RÔLE DE LA PHOTOPÉRIODE ... POUR BIEN COMPRENDRE LES MÉCANISMES D'ACTION	12
1.2.1. Un mécanisme complexe qui serait dicté en grande partie par la mélatonine	12
1.2.2. Deux hypothèses expliquant l'effet de la photopériode sur la reproduction des ovins	14
1.3. EFFET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LA REPRODUCTION DES OVINS	19
1.3.1. Le rythme de reproduction endogène chez la brebis	19
1.3.2. Le concept d'état photoréfractaire : un concept qui permet de comprendre les mécanismes d'actions des séquences lumineuses utilisées dans les programmes lumineux.....	21
1.3.3. Comprendre le concept d'historique photopériodique pour mieux contrôler le cycle reproductif des ovins.....	26
1.3.4. Le rôle fondamental des JL et des JC pour contrôler l'activité sexuelle.....	27
1.4. INDUCTION ARTIFICIELLE DE L'ACTIVITÉ SEXUELLE PAR LA PHOTOPÉRIODE	29
1.4.1. Changements graduels vs changements brusques entre les périodes de JL et de JC.	30
1.4.2. L'effet des séquences photopériodiques alternatives sur la reproduction des femelles.	31
1.4.3. Durée minimale des cycles photopériodiques alternatifs pour les femelles	33
1.4.4. Durée lumineuse journalière requise pour les traitements alternatifs de JC et de JL chez les femelles	33
1.4.5. L'effet des séquences photopériodiques alternatives sur la reproduction des mâles	34
1.4.6. Amélioration des performances de fertilité chez les femelles pas la préparation photopériodique des béliers	36
1.4.7. Cycles photopériodiques alternatifs continus pour les mâles	40
1.4.8. Durée lumineuse journalière requise pour les traitements alternatifs de JC et de JL chez les mâles	41
1.5. EN RÉSUMÉ... LES FACTEURS À CONSIDÉRER POUR RÉUSSIR AVEC SUCCÈS	43
CHAPITRE 2 AUTRES FACTEURS AFFECTANT LES PERFORMANCES REPRODUCTRICES CHEZ LES OVINS	47
2.1. FACTEURS ENVIRONNEMENTAUX AFFECTANT LA REPRODUCTION DES OVINS.....	48
2.1.1. La température.....	48
2.1.2. L'effet bélier.....	50
2.1.3. La race	52
2.1.4. L'état de chair, l'âge et le stade physiologique des femelles	53
CHAPITRE 3 CONTRÔLER LA REPRODUCTION PAR LA PHOTOPÉRIODE	55
3.1. PROGRAMMES PHOTOPÉRIODIQUES RÉALISÉS EN CONTRE-SAISON.....	56
3.1.1. Le programme classique de photopériode.....	56



3.1.2.	Description du calendrier classique de photopériode.....	57
3.1.3.	Principes de base du calendrier photopériodique classique.	60
3.1.4.	Résultats attendus et obtenus en recherche.	62
3.1.5.	Les coûts d'utilisation du programme classique de photopériode.	64
3.1.6.	Les avantages du programme classique de photopériode.	64
3.1.7.	Les inconvénients du programme classique.	65
3.1.8.	En conclusion sur ce programme	66
3.2.	PROGRAMMES PHOTOPÉRIODIQUES RÉALISÉS SUR UNE BASE ANNUELLE	68
3.2.1.	Le programme de photopériode AAC type CC4	69
3.2.2.	Description du calendrier de photopériode AAC type CC4	71
3.2.3.	Les principes de base du calendrier photopériodique AAC type CC4	79
3.2.4.	Les résultats obtenus lors d'un premier projet portant sur le calendrier photopériodique de base AAC type CC4	81
3.2.5.	Les variantes du programme photopériodique AAC type CC4	89
3.2.6.	Résultats attendus et obtenus par la recherche (recherche effectuée sur les variantes du protocole AAC type CC4)	95
3.2.7.	Bâtiments requis pour appliquer le protocole lumineux AAC type CC4	101
3.2.8.	Intensité lumineuse requise pour utiliser la photopériode ou les programmes AAC type CC4	104
3.2.9.	Un projet réalisé pour mesurer l'impact du transfert des brebis allaitantes en JC dans le protocole de photopériode AAC type CC4	107
3.2.10.	Les coûts d'utilisation du programme photopériodique AAC type CC4	108
3.2.11.	Les avantages du programme AAC type CC4 et de ses variantes	109
3.2.12.	Les inconvénients du programmes AAC type CC4 et de ses variantes	112
3.2.13.	En conclusion sur ces programmes	115
CHAPITRE 4 POUR CONCLURE		116
RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES.....		120



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Performances zootechniques moyennes compilées durant les trois années du projet.	62
Tableau 2.	Performances zootechniques obtenues dans les groupes soumis au traitement lumineux AAC type CC4 dans un premier projet réalisé entre septembre 2001 et octobre 2003.	82
Tableau 3.	Performances reproductives des brebis du groupe témoin et du groupe D (exposé au programme photopériodique AAC type CC4) selon la période de la saillie.	88
Tableau 4.	Entreprises ayant participé au projet sur l'évaluation du programme photopériodique AAC Type CC4	90
Tableau 5.	Types de calendrier photopériodique utilisés dans chaque entreprise dans le cadre du projet sur l'évaluation du protocole photopériodique AAC Type CC4	93
Tableau 6.	Fertilité des femelles soumises aux différentes variantes du programme photopériodique AAC Type CC4 et CC4½ chez les 7 entreprises.....	96
Tableau 7.	Productivité globale des femelles soumises au système de production AAC Type CC4 et CC4½ chez les 7 entreprises.....	97



LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Variation saisonnière de l'activité sexuelle chez les brebis Île-de-France.	6
Figure 2.	Schéma représentatif du cycle oestral chez les brebis.....	7
Figure 3.	Variation saisonnière du poids testiculaire et de la production spermatique chez les béliers de race Île-de-France.	10
Figure 4.	Patron de sécrétion de la mélatonine en fonction de la durée nocturne.	13
Figure 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.	16
Figure 6.	Hypothèse de l'action de la photopériode sur la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de LH.	17
Figure 7.	État réfractaire aux JL et initiation de l'activité de reproduction chez les brebis.	23
Figure 8.	État réfractaire aux JC et arrêt de l'activité sexuelle chez les brebis.	24
Figure 9.	Évolution de la circonférence testiculaire chez des béliers soumis à différents traitements lumineux ou exposés à la lumière naturelle.....	36
Figure 10.	Effet de la durée d'éclairement sur la production spermatique hebdomadaire chez les béliers adultes de race Île-de-France.....	37
Figure 11.	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.	39
Figure 12.	Calendrier de photopériode généralement proposé dans l'application d'un programme photopériodique Classique	57
Figure 13.	Visuel de production du calendrier de régie de base AAC type CC4	77
Figure 14.	Pourcentage de brebis démontrant une activité ovulatoire après le début des JC dans le programme AAC type CC4.....	87
Figure 15.	Fréquence cumulative de la répartition des saillies pendant la période d'accouplement (Jour 1 = mise aux béliers)	99
Figure 16.	Répartition des saillies pendant la période d'accouplement a) en saison et b) en contre-saison sexuelle (Jour 1 = mise aux béliers)	100
Figure 17.	Effet de l'intensité lumineuse (Faible : 10 lux; Moyenne : 30 lux; Élevée : 117 lux) sur le début de la cyclicité des femelles après le passage en jours courts (JC)	106



INTRODUCTION

Depuis quelques années au Québec, 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.



Un rapport présenté par le MAPAQ en 2003 soulignait toutefois que la productivité des élevages ovins québécois était très faible (1.47 agneaux réchappés/brebis/année) en comparaison au potentiel que l'espèce est en mesure d'atteindre dans nos conditions d'élevage (2.5 agneaux réchappés/brebis/année). Cette situation

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.



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.



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

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 liés 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 ne se retrouvent pas dans la viande des agneaux commercialisés, les consommateurs sont frileux

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.



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 minimales 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 reposait 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. C'est ainsi que des chercheurs du Québec ont mis sur pieds un tout nouveau programme de régulation lumineuse, permettant d'atteindre des niveaux de productivité jamais égalés.

Ce guide de référence contient l'essentiel de la littérature portant sur la photopériode. On y retrouve un premier chapitre expliquant l'effet de la photopériode sur la reproduction de l'espèce ovine. Cette première section, bien que très théorique, présente tous les



paramètres de base devant être maîtrisés afin de bien comprendre comment les programmes lumineux doivent être construits et comment ces derniers régissent la reproduction de cette espèce si saisonnière. Un second chapitre contient des informations relatives à l'effet de différents paramètres environnementaux et sociaux affectant la capacité de reproduction des ovins. Le dernier chapitre présente finalement les différents programmes lumineux qui ont été développés au Québec au cours des deux dernières décennies. Le lecteur pourra y retrouver les résultats qui devraient être attendus en appliquant l'un ou l'autre de ces programmes en élevage. Tous ces aspects permettront sans aucun doute d'accroître la capacité d'intervention des conseillers dans l'application de ces programmes au sein des entreprises ovines québécoises.





CHAPITRE 1

LES PRINCIPES DE BASE DE LA PHOTOPÉRIODE

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. Depuis plusieurs années, de nombreux chercheurs ont clairement établi que l'activité sexuelle saisonnière des ovins était contrôlée essentiellement par les variations annuelles de la photopériode. Ainsi, chez les animaux saisonniers, tel que les ovins, 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. Ce phénomène naturel de reproduction s'intègre également dans un processus de survie et d'adaptation à l'environnement. En effet, la reproduction saisonnière favorise la mise bas 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. Dans les espèces couramment utilisées en agriculture, la domestication a atténué plusieurs de ces comportements saisonniers (réf. 145). 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 (réf. 145). 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. Une bonne compréhension de ces phénomènes reproductifs endogènes permet de mieux contrôler la reproduction de ces animaux fortement saisonniers. Ces principes de base sont présentés dans le présent chapitre.



1.1. Effet de la photopériode chez les brebis et les béliers

1.1.1. Effet de la photopériode chez les femelles

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 (réf. 58, 146, 41, 127, 116). Cette période de reproduction est la période d'oestrus, caractérisée par la cyclicité et la réceptivité sexuelle des femelles. On nomme cette période la « *saison sexuelle* », c'est la période naturelle de reproduction pour cette espèce. Durant le printemps et l'été, la saison d'anoestrus s'installe, c'est ce qu'on appelle la « *contre-saison* » (Figure 1). La saison d'anoestrus, caractérisée par l'absence de comportement oestral et une réduction très importante (voire nulle) de l'activité ovarienne, peut varier en durée⁸ et en intensité⁹ entre les races (réf. 146, 51, 145).

Chez les femelles, il est évident que cette courbe reproductive affecte les performances de fertilité annuelles.

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.

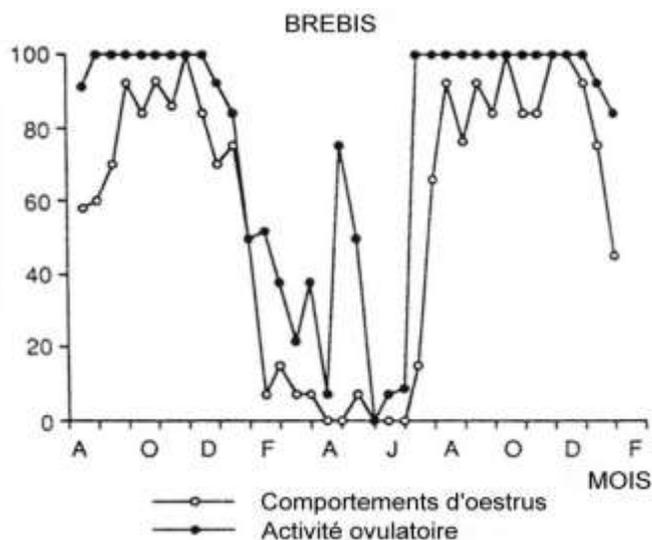


Figure 1. Variation saisonnière de l'activité sexuelle chez les brebis Île-de-France. Adaptée de Chemineau et al. (1992a). Réf. 20.

Les performances sont généralement à la baisse à partir des mois de janvier et de février et reviennent à des taux plus intéressants à partir d'août et de septembre. Durant la période de contre-saison, les taux de fertilité obtenus en saillie naturelle¹⁰ sont fortement diminués, voire nuls et ce, dans la grande majorité des races et des croisements disponibles au Québec.

Un rappel sur le cycle reproductif des brebis.

Les brebis sont considérées comme des polyoestriennes saisonnières, c'est-à-dire que leur cycle annuel de reproduction est

¹⁰ Saillies naturelles : sans aucune induction de chaleur chez les femelles



caractérisé par la succession de plusieurs cycles oestriques d'une durée d'environ 16 à 18 jours durant une partie de l'année (automne et hiver), qui est suivie d'une période anœstrale (printemps et été), où on observe une absence complète des cycles ovariens (réf. 163, 58). Les chercheurs Legan et Karsch (1979 – réf. 77) ont bien décrit les mécanismes

physiologiques impliqués dans la reproduction saisonnière des brebis. Durant la période de reproduction, les cycles oestriques 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 montre comment le cycle oestrique des brebis évolue dans le temps.

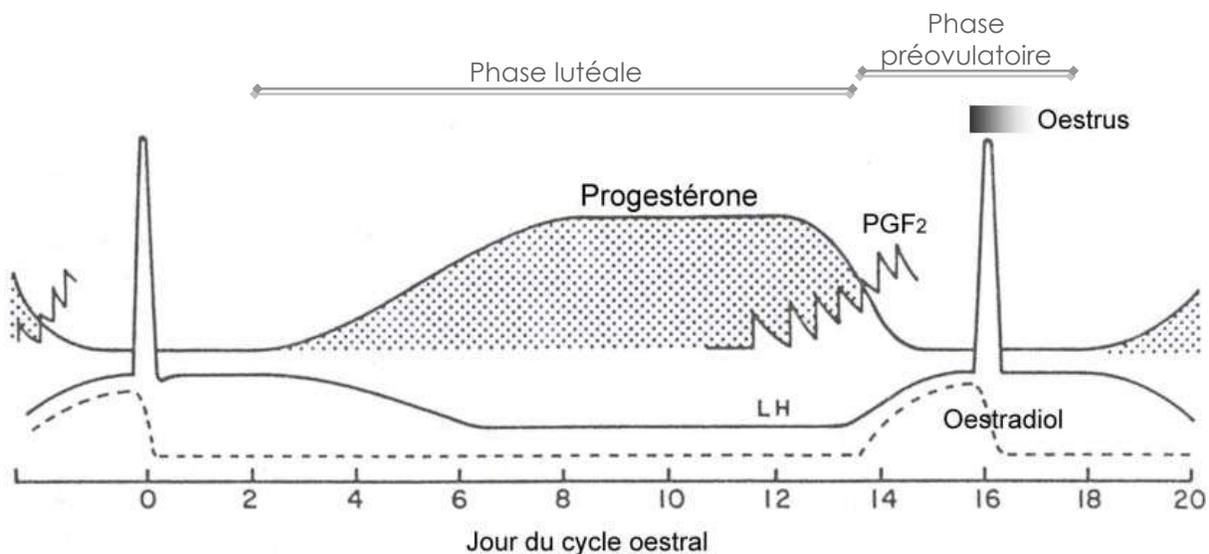


Figure 2. Schéma représentatif du cycle oestrique chez les brebis.
Adaptée de Goodman (1988b). Réf. 54

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 celles observées avant le début de la phase préovulatoire. Cette augmentation du niveau basal de LH est accompagnée d'une augmentation proportionnelle de la sécrétion d'oestradiol par



les follicules dominants qui sont en croissance rapide. La sécrétion de l'oestradiol induit l'apparition du comportement oestral chez les femelles. Cette élévation du niveau d'oestradiol 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 ainsi

durer de 24 h à 48 h. Notons que cette durée peut être variable selon la race (réf. 54) ou d'autres facteurs, tel que la présence continue d'un bélier (réf. 47). L'intervalle entre les périodes de chaleur (réceptivité sexuelle) détermine donc la durée du cycle sexuel chez les femelles.

Durant la période anœstrale, soit durant la période de contre-saison, la plupart des composants de l'axe reproductif hypothalamo-hypophysaire sont fonctionnels mais leur activité est fortement réduite. En effet, on observe une réduction très importante de sécrétion de GnRH et de LH (réf. 146, 10, 51). 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 (réf. 52, 155, 141). Voilà pourquoi, chez les ovins, durant la période de contre-saison, il y a absence d'ovulation et de réceptivité sexuelle. C'est ce qui qualifie bien ce moment de « *période anœstrale* ».

Heureusement, cet état « d'infertilité temporaire saisonnière » est réversible. En effet, lors de la transition entre la période d'anœstrus et la période de reproduction, la réactivation de l'axe hypothalamo-hypophysaire et de la sécrétion pulsatile de GnRH favorise la reprise de l'activité sexuelle (réf. 77, 81). 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. Il est donc normal de constater ce genre de mécanisme à la fin de la saison sexuelle et au début d'une nouvelle période de reproduction.

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, un chercheur américain (Notter, 2000 – réf. 102) 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). Plusieurs autres auteurs ont coroboré cette observation. Ceci suggère que 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 (réf. 124, 50). Mentionnons que certains auteurs (réf. 101) ont observé une baisse notable 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. En effet, il

est largement reconnu que des températures élevées peuvent augmenter la mortalité embryonnaire (réf. 40).



1.1.2. Effet de la photopériode chez les béliers

Chez les béliers, des variations saisonnières de l'activité sexuelle sont également présentes, mais de façon moins marquée que chez les femelles (réf. 82, 83, 145). Ainsi, bien que les mâles soient potentiellement capables de se reproduire toute l'année, leur activité sexuelle, endocrinienne et spermatogénique, baisse fortement en intensité au printemps et en été (réf. 24, 25, 121). 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 (réf. 75, 121), une augmentation importante des anomalies morphologiques des gamètes (réf. 24) ainsi qu'une chute considérable de la quantité de spermatozoïdes dans la semence (réf. 29).



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 (réf. 85). 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 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. Notons que certaines études rapportent que l'initiation de la croissance et de la régression testiculaire débute à des moments variables entre les races (réf. 119, 81, 36, 121). Des variations individuelles pourraient également être observées à l'intérieur d'une même race (réf. 24).

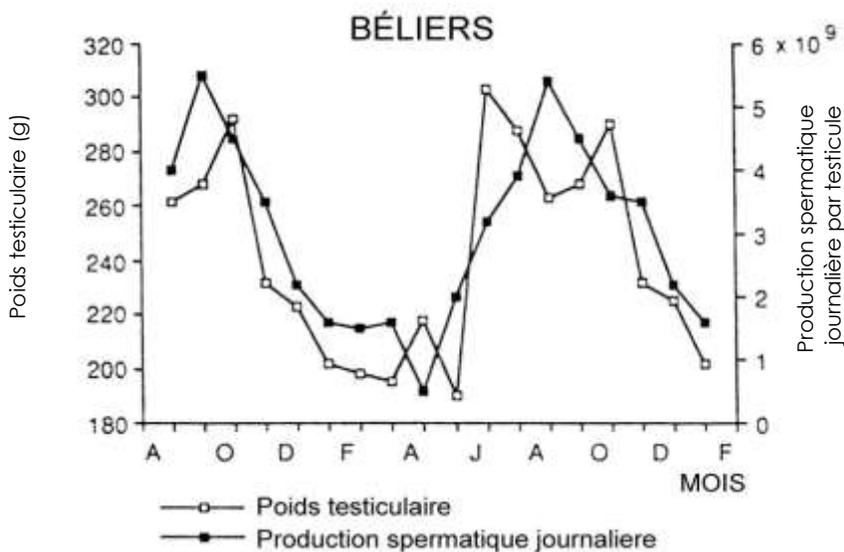


Figure 3. Variation saisonnière du poids testiculaire et de la production spermatique chez les béliers de race Île-de-France. Adaptée de chemineau et al. (1992a – réf. 20)



Les moutons et la lumière. Puisque la saison oestrale des moutons débute généralement lorsque la durée du jour diminue et se termine lorsque les jours allongent, les ovins ont été qualifiés «*d'espèce saisonnière de jours courts*». Alors, comment la lumière peut-elle agir sur leur reproduction ? Dans quelle situation et à quels moments ? La section suivante vous en dira plus !





1.2. Le rôle de la photopériode ... pour bien comprendre les mécanismes d'action

1.2.1. Un mécanisme complexe qui serait dicté en grande partie par la mélatonine

Comme on l'a vu précédemment, 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 (réf. 24, 146, 43, 88). Ainsi, depuis longtemps, il a été clairement établi que l'activité sexuelle saisonnière des ovins était contrôlée essentiellement par les variations annuelles de la photopériode. 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. En voici plus sur cette hormone de la nuit!

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 épiphyse (réf. 20, 22). Une fois rendu à la glande pinéale, le signal lumineux régule la sécrétion de MEL selon la

photopériode ambiante en modulant l'activité de certaines enzymes (20, 22, 141).

La mélatonine est sécrétée uniquement durant les périodes de noirceur. Ainsi, la perception de l'obscurité par l'animal entraîne la synthèse et la libération de MEL par les cellules sécrétrices de la glande pinéale (Figure 4). La sécrétion de cette hormone réagit rapidement aux variations lumineuses, c'est-à-dire un peu comme un interrupteur On/Off. En effet, des études ont montré que dès la fermeture des lumières, la concentration de MEL augmente progressivement. Cette

augmentation des niveaux de mélatonine débute dans les 2 à 10 minutes suivant le début de la période d'obscurité et demeure à des niveaux de concentration nocturne jusqu'à l'ouverture des lumières (réf. 131). 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 (réf. 103). Suite à l'ouverture des lumières, les concentrations de mélatonine plasmatique chutent rapidement, pour revenir à des concentrations diurnes (de jour) en seulement 5 à 10 minutes (réf. 131). Le patron nocturne de sécrétion de MEL a été

La durée de sécrétion de mélatonine est directement proportionnelle à la durée de la nuit.

Lorsque les nuits sont longues, la sécrétion de MEL est longue et c'est la durée de sécrétion de cette hormone qui permettrait aux animaux de reconnaître la durée du jour et ainsi reconnaître la saison de reproduction.



observé dans plusieurs études tant en conditions artificielles que naturelles (réf. 12, 13, 73, 74, 44). La lumière du jour a ainsi un effet inhibiteur direct sur la sécrétion de MEL (réf. 42). Par ailleurs, notons que la durée de sécrétion de MEL est directement proportionnelle à la durée de la nuit (réf. 74, 6,

7). Ainsi, lorsque les nuits sont longues (période de JC – automne et hiver) la sécrétion de MEL est longue et c'est la durée de sécrétion de cette hormone qui permettrait aux animaux de reconnaître la durée du jour et ainsi reconnaître la saison de reproduction (réf. 70).

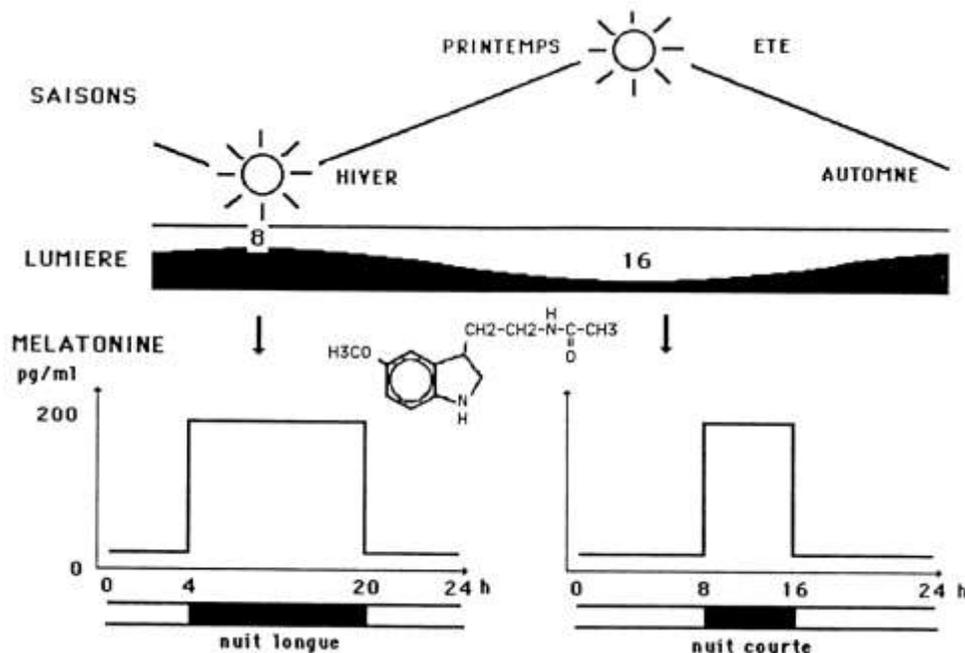


Figure 4. Patron de sécrétion de la mélatonine en fonction de la durée nocturne.

Tirée de Chemineau *et al.* (1992b – réf. 21)

La MEL est ainsi considérée comme un messenger 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, tel les ovins (réf. 141).

Intensité lumineuse et sécrétion de mélatonine. 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 complètement élucidée. Afin d'inhiber la sécrétion de MEL durant la journée, les animaux doivent être exposés à une intensité lumineuse minimale et perceptible. Ainsi, dans un système de photopériode complet et fonctionnel, il est essentiel que les animaux soient exposés à une intensité lumineuse minimale leur permettant de faire une distinction évidente entre le jour et la nuit. Chez les béliers, des études (réf. 8) ont démontré que la sécrétion nocturne de MEL pouvait être supprimée de manière significative par un flash lumineux¹¹ d'une intensité aussi faible que 1.0 lux, 25.1 lux et 88.6 lux, mais non par une intensité inférieure à 1 lux (0.15 lux fut non efficace pour inhiber la sécrétion de mélatonine). Chez les chevaux, une autre espèce saisonnière, des chercheurs ont observé qu'une intensité lumineuse de 3 lux pouvait inhiber la sécrétion de MEL (réf. 23). De plus, chez cette espèce de JL¹², l'activité ovarienne pouvait être stimulée par une intensité lumineuse aussi faible que 10 lux. D'autres chercheurs ont découvert que le niveau d'intensité lumineuse (10, 100, 500 ou

1000 lux) pouvait avoir 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 (réf. 17). Plusieurs études européennes portant sur la photopériode 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 (réf. 49). Cependant, ces recommandations n'ont pas été appuyées par des résultats de travaux. Heureusement, des récentes études réalisées au Québec nous permettent désormais de donner une recommandation plus fiable concernant l'intensité lumineuse minimale à utiliser dans l'application de protocole photopériodique (voir chapitre 3, section 3.2.8.).

1.2.2. Deux hypothèses expliquant l'effet de la photopériode sur la reproduction des ovins

Deux hypothèses expliquent l'effet que joue la lumière sur la reproduction physiologique interne des ovins. Bien que cette partie du guide puisse paraître très lourde et complexe, ces notions sont essentielles à une bonne compréhension des mécanismes influençant

¹¹ Courte période d'éclaircissement donnée durant la période de noirceur. Généralement le flash lumineux est d'une durée approximative d'une heure et est utilisé en soirée.

¹² Chez les chevaux l'activité de reproduction survient lorsque la durée du jour rallonge. On qualifie ainsi ces derniers comme étant une espèce de jours longs.



l'activité reproductive de cette espèce saisonnière.

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 (une hormone synthétisée dans les ovaires) 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 du sang. C'est pourquoi des chercheurs 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 (réf. 61). 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.

L'hypothèse de la rétroaction négative de l'œstradiol fut mise en évidence pour la première fois en 1977 (réf. 76). 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. En procédant de la sorte, les chercheurs étaient en mesure de contrôler efficacement l'effet qu'aurait pu avoir les ovaires sur la fonction reproductive des ovins. Les auteurs notèrent (Figure 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 5). Ceci démontrait que l'œstradiol pouvait jouer un rôle négatif très important sur la sécrétion pulsatile 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 auteurs avaient ainsi mentionné que les variations de la sensibilité à l'œstradiol pouvaient être sous contrôle photopériodique (réf. 77).

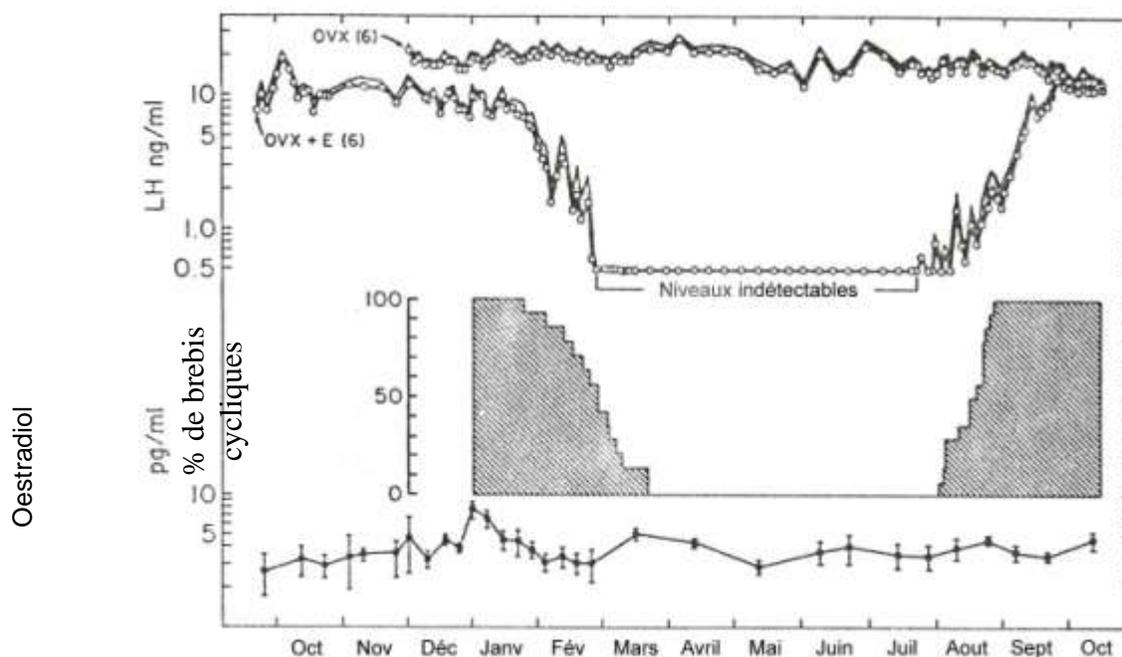


Figure 5. Variations saisonnières de l'activité sexuelle des brebis en réponse à la variation de la rétroaction négative de l'œstradiol sur la sécrétion de LH.

Adaptée de Legan et Karsch, (1977). Réf. 76

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. Cette 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'anœstrus (Figure 6).

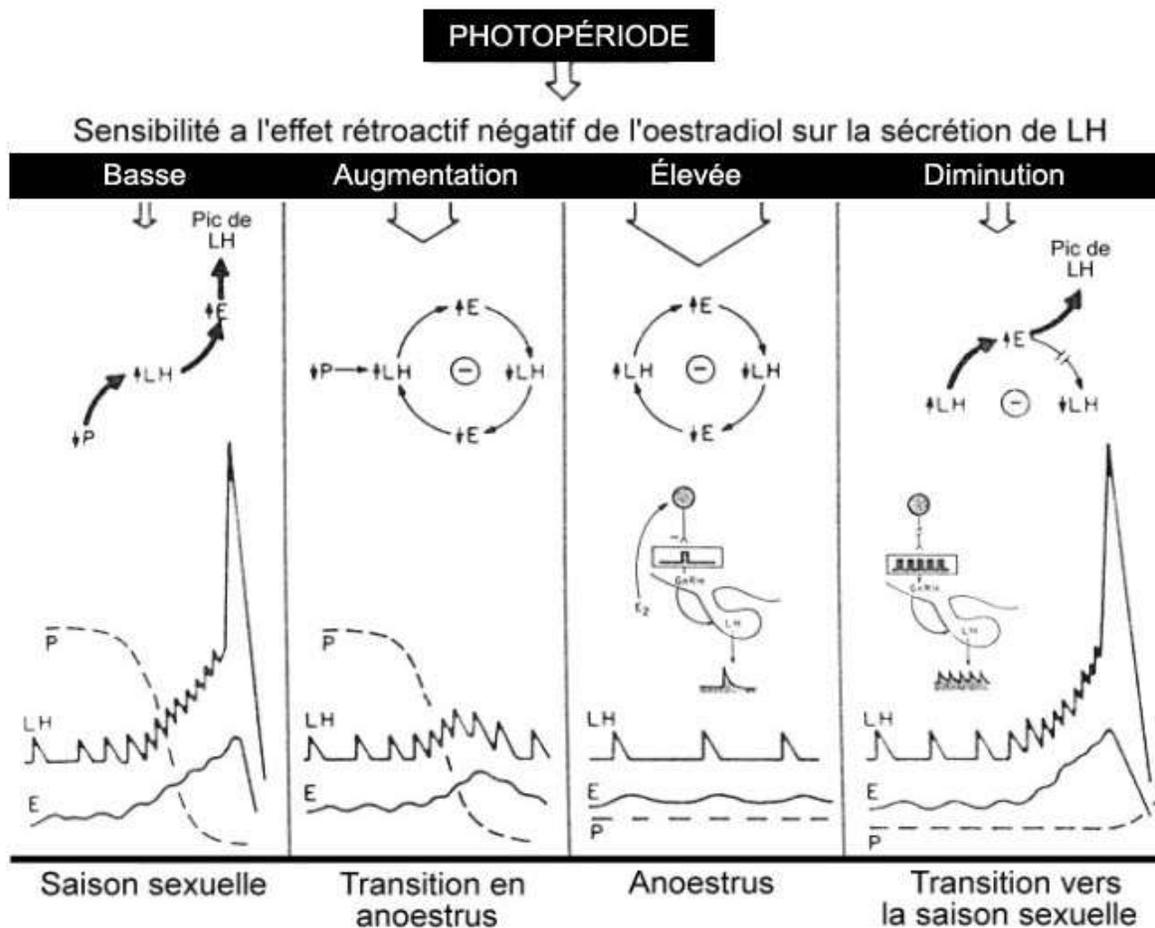


Figure 6. Hypothèse de l'action de la photopériode sur la rétroaction négative de l'oestradiol sur la sécrétion de LH. Adaptée de Karsch et al., (1980). Réf. 68.

Selon cette hypothèse, à l'approche de la saison sexuelle, la sensibilité de l'hypothalamus à l'effet négatif de l'oestradiol serait progressivement levée, permettant ainsi la reprise des événements physiologiques menant à l'ovulation (réf. 68, 79).

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 (réf. 21, 45). En conditions artificielles, il a été démontré qu'un long



message quotidien de MEL (effet d'un JC) stimulait la sécrétion pulsatile de GnRH après environ 40 à 60 jours chez les brebis (réf. 90). 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 messenger 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 (réf. 52). 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 pulsativité 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 messenger, la mélatonine. Cependant, plusieurs auteurs ont mentionné que les changements dans le patron de la pulsativité de sécrétion de LH étaient relativement subtils et que ce phénomène physiologique, encore incompris, pouvait être mineur (réf. 97, 53, 54, 156, 51, 145). D'autres auteurs ont toutefois 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 (réf. 81). Finalement, chez les mâles et les femelles, la photopériode pourrait exercer un effet indépendant et dépendant des stéroïdes sur la sécrétion de LH (réf. 53).





1.3. Effet de la photopériode sur la reproduction des ovins

En résumé, en conditions naturelles ou artificielles, les JC ou décroissants sont stimulateurs de l'activité sexuelle alors que les JL sont inhibiteurs (réf. 78, 81). De façon générale, un JC peut être défini comme un jour dont la durée lumineuse est de moins de 12 h (réf. 21). 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. Il est donc faux de croire qu'il est possible de maintenir les femelles en période oestrale en les exposant continuellement à des JC et ce, même si les JC devraient avoir la fonction d'induire leur activité de reproduction. Si tel avait été le cas, il aurait été simple de travailler de la sorte et l'industrie ovine entière en aurait été réjouie. Mais le système de reproduction des ovins est beaucoup plus complexe! C'est ainsi que des études ont présenté l'évidence qu'un rythme de reproduction endogène était présent dans l'espèce ovine (réf. 79).



Ce rythme de reproduction endogène contrôlerait l'activité de reproduction des femelles et ce, dans le but que ces dernières mettent bas une fois par année, idéalement dans la période la plus propice à la survie des agneaux, au printemps. Ce rythme endogène favorise l'apparition du comportement oestral durant la saison sexuelle, à l'automne et à l'hiver. Le défi pour les chercheurs, les producteurs et l'industrie? Réussir à contourner ou du moins à influencer ce rythme biologique afin de répondre à la demande du marché, qui n'est pas qu'une seule fois par année!

1.3.1. Le rythme de reproduction endogène chez la brebis

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. Des chercheurs notèrent que des brebis aveugles (énucléation bilatérale des yeux) et dont les ovaires avaient été retirés (dans le but d'écarter l'influence de l'hypothèse de rétroaction négative de l'oestradiol – hypothèse d'un effet indirect de la lumière), présentaient des variations annuelles marquées de la sécrétion de l'hormone LH (réf. 79). Ces femelles exprimaient des variations saisonnières de leur activité de



reproduction. Chez ces dernières, la sécrétion de LH était plus élevée en automne et en hiver et diminuait de manière importante au printemps et en été. Ce phénomène de variation saisonnière de la sécrétion hormonale était observable même si les brebis ne percevaient pas la lumière. Dans la même étude, des brebis aveugles, mais dont les ovaires étaient intacts, avaient présenté des variations identiques de l'activité saisonnière ovarienne (réf. 79). Des résultats similaires furent aussi observés dans d'autres études mais cette fois chez des femelles qui avaient subi l'ablation de la glande pinéale (réf. 11, 69). Ainsi, dans l'ensemble de ces études, les femelles présentaient des variations saisonnières de l'activité reproductive et ce, même si elles ne pouvaient percevoir la lumière. Ces études ont ainsi permis de démontrer que la reproduction saisonnière des ovins était sous le contrôle d'un rythme endogène, qui pouvait être indépendant de l'information photopériodique externe. Par ailleurs, 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 (réf. 130, 141). Notons que dans ces études, les auteurs indiquaient (réf. 79) que des facteurs externes, comme la présence de phéromones mâles ou de brebis en oestrus, pouvaient avoir synchronisé la reproduction de ces brebis aveugles ou ne pouvant traduire le message

lumineux (absence de glande pinéale). Ceci suggère ainsi que les ovins sont des animaux très sensibles à leur environnement immédiat et pourraient réagir à tous les stimulus externes (lumière, effet bélier, température, ...) pour synchroniser leur période de reproduction au moment le plus propice.



L'expression de ce rythme endogène a également été observée chez des animaux pouvant percevoir la lumière. Ainsi, on a observé que des brebis maintenues sous une photopériode constante de JC durant une période prolongée démontraient des cycles d'activité sexuelle saisonnière (saison oestrale). Ces cycles étaient espacés d'environ 10 à 12 mois et ils étaient entrecoupés de longues périodes d'inactivité sexuelle (anoestrus) (réf. 34, 62, 63, 72, 64). Ces femelles, pourtant bien capables de percevoir la lumière, présentaient également un rythme de reproduction circannuel endogène les poussant à se reproduire environ une seule fois par année et ce, malgré le fait qu'elles étaient exposées à des JC en continu. Un paramètre très



important observé dans ces études : les auteurs notèrent que ces périodes de variations de l'activité sexuelle étaient désynchronisées entre les individus. Ainsi, les épisodes d'activité ovarienne survenaient de façon aléatoire entre les femelles; certaines brebis cyclaient à plus d'une reprise durant l'année alors que d'autres cyclaient une seule fois (réf. 65). Par ailleurs, il devenait impossible de prédire à quel moment ces dernières pouvaient initier une nouvelle période d'activité reproductive. Notons que pour la plupart des femelles suivies dans le cadre de ces études, les périodes d'activité sexuelle ne correspondaient plus au patron reproductif normal de brebis exposées à la photopériode naturelle (activité ovarienne normale rencontrée en saison, à l'automne et en hiver). En effet, en absence d'indices lumineux leur permettant de reconnaître le moment réel de l'année (dans ces études, le seul indice était un traitement continu de JC), ces brebis devenaient progressivement «acycliques». Ainsi, elles cyclaient de façon aléatoire, la plupart une fois par année mais pas nécessairement durant la période de reproduction attendue (automne, hiver). Chez certaines femelles, les périodes anoestralles étaient très longues, pour d'autres très courtes (réf. 130). Certaines pouvaient cycliser environ une seule fois par année au printemps, à l'hiver ou à l'été et plusieurs présentaient des patrons reproductifs erronés et répétés à plusieurs moments durant l'année. Ces

observations nous démontrent qu'il est essentiel de ne jamais maintenir les ovins sous une période lumineuse constante durant une période prolongée, sans quoi on risque de donner un «*mauvais message*» au rythme physiologique interne de reproduction endogène de cette espèce saisonnière et ce, tout en risquant de perdre progressivement le «*contrôle*» sur leur fonction reproductive.

1.3.2. Le concept d'état photoréfractaire : un concept qui permet de comprendre les mécanismes d'actions des séquences lumineuses utilisées dans les programmes lumineux.

Les découvertes précédentes démontrèrent que la perception de l'information lumineuse extérieure était indispensable à la synchronisation du rythme de reproduction endogène des ovins. Les moutons doivent être en mesure de percevoir des variations lumineuses dans leur environnement afin de reconnaître les saisons et ainsi influencer adéquatement leur rythme biologique interne de reproduction (réf. 3). Ces variations lumineuses leur permettent d'initier leur fonction reproductive au bon moment et surtout de façon ordonnée. Les études précédentes permirent également de découvrir un autre secret caché chez cette espèce saisonnière : le concept «*d'état photoréfractaire*». En effet, les variations de



l'activité sexuelle observées dans le patron de reproduction des brebis exposées continuellement aux JC mirent en évidence cet « état réfractaire à la photopériode ». Ainsi, même si ces femelles étaient exposées à une lumière devant en théorie stimuler leur activité sexuelle sur une période continue (JC = stimulateur de l'activité sexuelle), après un certain moment d'exposition à cette photopériode, les brebis ne « répondaient » plus à ce stimulus et retournaient progressivement en période d'anoestrus (réf. 127, 71). Le concept d'état réfractaire est donc simple; les brebis deviennent réfractaires lorsqu'elles ne répondent plus à un traitement qui devrait en théorie activer ou inhiber leur activité de reproduction. Par exemple, si on sait que les JC servent à induire l'apparition des chaleurs, lorsque les brebis cessent leur comportement oestral (même si elles sont exposées à cette photopériode stimulatrice de l'activité sexuelle), cela signifie qu'elles sont devenues réfractaires au traitement de JC; elles ne répondent plus au traitement de JC et retournent en période d'anoestrus (même en l'absence de JL).

La découverte de l'état photoréfractaire. Le développement de l'état réfractaire à la lumière a été mis en évidence en 1985 lorsque des chercheurs 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 (réf. 128). 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 ovariectomisées (ovx - ablation des ovaires) et traitées à l'œstradiol¹³ ont été maintenues, à partir du solstice d'été, sous une photopériode constante de JL. L'activité reproductrice de ces brebis, mesurée par une 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 mais gardées sous lumière naturelle simulée (2 octobre \pm 8 jours) ou sous une photopériode naturelle (30 septembre \pm 2 jours) et que chez les femelles intactes exposées à la lumière naturelle (28 septembre \pm 3 jours). Ceci démontrait que ces brebis 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 7. Des phénomènes similaires ont été observés dans plusieurs autres études réalisées avec d'autres races de moutons, notamment chez les Dorset à cornes et les Welsh Mountain (réf. 161) ainsi que chez les Galway et les Finnois (réf. 110).

¹³ Ovariectomie et traitement à l'œstradiol : Dans le but d'écarter l'hypothèse d'un effet indirect de la lumière sur le système reproducteur et d'observer uniquement l'effet de la lumière sur l'induction de l'activité hormonale.



Ces auteurs ont ainsi découvert que les brebis pouvaient devenir «réfractaires aux jours longs». Ainsi, même si en théorie les jours longs ont pour effet d'abolir l'activité reproductive de cette espèce saisonnière, une exposition prolongée aux jours longs ne permet pas de

maintenir l'anoestrus chez les femelles. Les brebis deviennent «réfractaires» aux JL, elles ne répondent plus à ce stimulus et elles initient une nouvelle période d'activité sexuelle et ce, peu importe sous quelle luminosité elles se retrouvent.

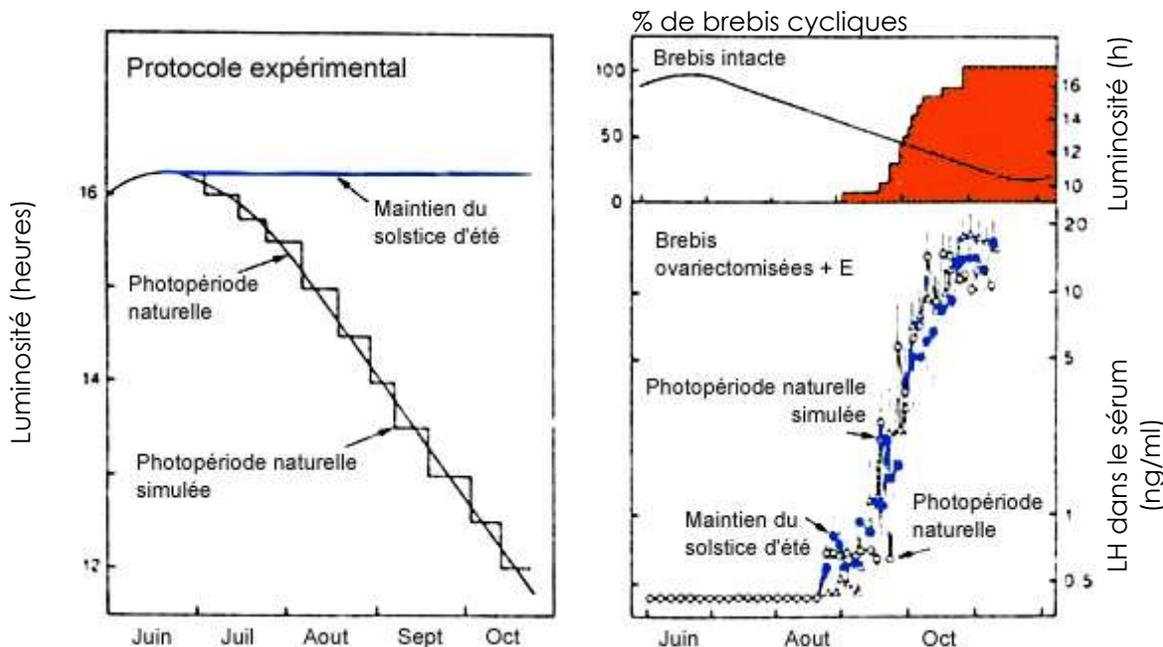


Figure 7. État réfractaire aux JL et initiation de l'activité de reproduction chez les brebis.

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). Réf. 128

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'anoestrus (Réf. 127). Ainsi, chez des femelles Suffolk ovx, traitées à l'œstradiol et placées sous une photopériode

Une prolongation de la durée lumineuse de JL à partir du solstice d'été ne permet pas de freiner la reprise de l'activité sexuelle des femelles à l'automne.
L'état réfractaire aux JL ainsi que le **rythme endogène de reproduction** permettent aux animaux d'initier cette période d'activité sexuelle au moment approprié.

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. Ceci 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 8). Ce phénomène fut par ailleurs observé dans d'autres études (réf. 100, 110).

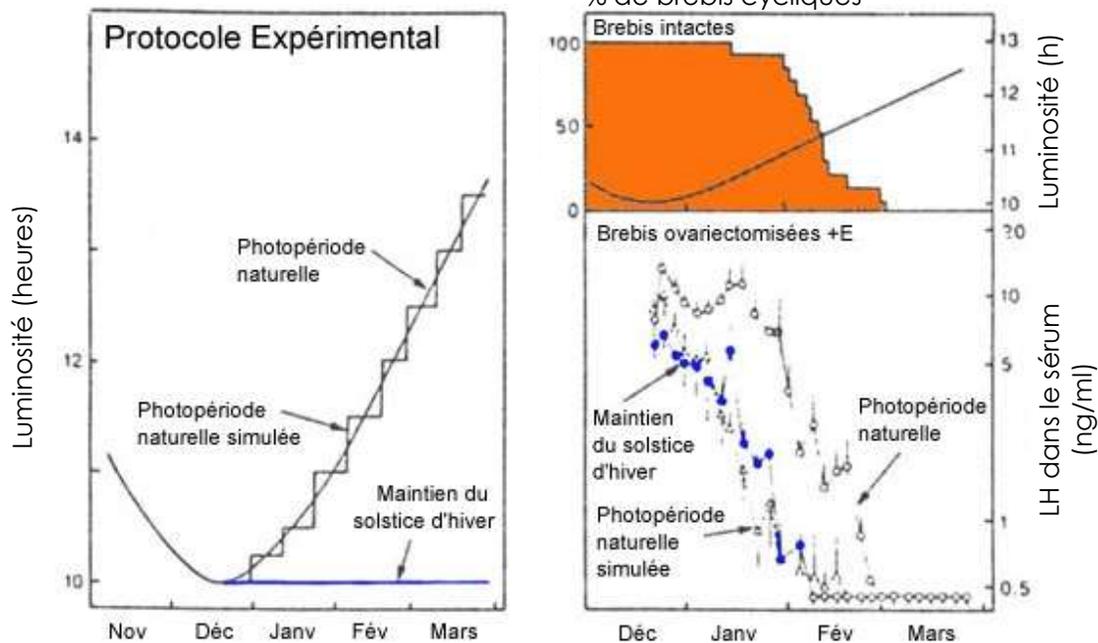


Figure 8. État réfractaire aux JC et arrêt de l'activité sexuelle chez les brebis.

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) – Réf. 127

Toutes ces études démontrèrent que les JC n'avaient pas toujours des effets stimulateurs de l'activité sexuelle. De même, les JL n'avaient pas toujours des effets inhibiteurs sur l'activité de reproduction des ovins. Ces recherches présentaient l'évidence que les animaux

n'avaient pas besoin de percevoir les variations photopériodiques

L'état réfractaire aux JL et aux JC pourrait être en partie responsable de la transition naturelle entre les saisons reproductives, soit de l'initiation de l'activité reproductive des femelles en automne (réfractaires aux JL) et de l'arrêt de la reproduction saisonnière en hiver et au printemps (réfractaires aux JC)

environnementales 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 permettait d'expliquer les transitions entre les périodes d'anœstrus et d'œstrus. Certains auteurs proposèrent que le développement de l'état réfractaire aux JL et aux JC puisse 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 (réf. 127, 128). Les ovins semblent ainsi 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'anœstrus lors de conditions réfractaires, pouvait expliquer les variations cycliques de l'activité oestrale des moutons élevés sous photopériode constante (réf. 34, 3).

Après combien de temps se développe l'état réfractaire? En conditions artificielles, plusieurs chercheurs ont ensuite tenté de déterminer à quel moment ou à partir de combien de jours les femelles devenaient réfractaires à un traitement lumineux constant. Dans la plupart de ces recherches, on exposait des femelles à une période continue de JC et on notait (par des prélèvements sanguins permettant de doser certaines hormones reliées à la reproduction) à partir de quel moment les femelles ne répondaient plus au stimulus « JC » et retombaient en période anoestrale. À

l'inverse, des brebis étaient aussi exposées à des périodes prolongées de JL afin de noter à quel moment elles ne répondaient plus à ce stimulus sensé inhiber leur activité de reproduction. Ainsi, on notait le moment où elles initiaient leur activité sexuelle. Ces études ont permis de déterminer que chez les ovins, cet état semble s'installer après environ 100 à 200 jours de traitement lumineux constant et cette durée semble varier entre les races (réf. 98, 110, 69, 87, 90, 67, 15, 108). Par exemple, chez les Suffolk, une étude semblait indiquer que l'état photoréfractaire semblait s'être développé chez la plupart des femelles après une exposition constante de plus de 150 jours de JC (réf. 87). Ceci suggère que les races moins naturellement désaisonnées, comme les Suffolk par exemple, auraient besoin d'être exposées à une plus longue période de traitement lumineux constant avant de développer cet état réfractaire leur permettant de passer d'une période oestrale à une période anoestrale ou l'inverse. 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 (réf. 80).

L'état réfractaire aux JL et aux JC semble s'installer après environ 100 à 200 jours de traitement lumineux constant et cette durée varierait entre les races.



1.3.3. Comprendre le concept d'historique photopériodique pour mieux contrôler le cycle reproductif des ovins.

La découverte de l'état photoréfractaire permet 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. En voici un peu plus sur ce concept simple.

Les JL jouent un rôle bien plus important que la simple inhibition de l'activité sexuelle chez les ovins. Ils permettent d'entraîner efficacement le rythme endogène afin que la saison de reproduction débute au moment opportun.

L'historique photopériodique, un concept simple. 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 (réf. 70), mais également par la direction du changement lumineux. Ainsi, des chercheurs avaient établi ce concept en démontrant que les animaux pouvaient percevoir une exposition de seulement 13 h de lumière/jour comme une période de JL, s'ils avaient été au

préalable exposés à une plus courte période de luminosité, soit à une durée lumineuse de 10 h de lumière (réf 129). 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 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. Chez les ovins, 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 conclurent 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 (réf. 85, 129, 88).

En conditions naturelles, ce sont les variations annuelles de la durée du jour qui permettent aux animaux de créer cet historique photopériodique. Ainsi, la synchronisation de la reproduction saisonnière automnale résulte d'une exposition à une séquence lumineuse de jours croissants débutant bien avant le



solstice d'été (jours croissants du printemps) puis à une réduction de la durée journalière par la suite (réf. 140). En conditions artificielles, il a été démontré que l'alternance entre les périodes de JL et de JC permettait de créer un historique photopériodique permettant de synchroniser le rythme de reproduction endogène chez les ovins (réf. 19).

1.3.4. Le rôle fondamental des JL et des JC pour contrôler l'activité sexuelle

L'exposition à des JL serait le principal indice photopériodique permettant aux animaux de synchroniser leur rythme de reproduction circannuel (réf. 88, 154). Ainsi, dans la construction de l'historique photopériodique, la présence d'une période de JL est primordiale pour synchroniser la reproduction annuelle des animaux. 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 (réf. 154). 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, d'autres chercheurs démontrèrent que l'exposition à une période de JC était essentielle au maintien d'une durée normale de la saison de reproduction

(réf. 89). 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 (réf. 87).

De nouvelles définitions du rôle des JC et des JL.

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. Le but de l'alternance entre ces périodes de luminosité de JL et de JC: «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 seulement certaines portions du cycle photopériodique annuel pouvait permettre de synchroniser le rythme endogène de reproduction des ovins (réf. 130, 88). En effet, ces auteurs indiquèrent que l'exposition des animaux au cycle annuel complet de photopériode n'avait peut-être pas besoin d'être requis pour initier l'activité de



reproduction des femelles. Ainsi, l'exposition à des JL durant un moment spécifique de l'année pouvait 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 (réf. 70, 130, 160).

La période de sensibilité aux JL, une période critique pour initier un traitement lumineux.

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). Ces chercheurs notèrent que l'exposition à une séquence artificielle photopériodique de JL, suivie 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 et ainsi avancer leur période d'activité sexuelle en contre-saison. Cependant, lorsque les brebis étaient exposées à ce traitement de JL 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 exposées à la 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. Cet état réfractaire aux jours longs s'était installé progressivement durant le printemps et l'été chez ces femelles. Ainsi, ces auteurs avaient découvert que l'axe reproductif neuroendocrinien redevenait peu à peu sensible à l'effet inductif d'un traitement de JL suivi de JC aux environs du solstice d'hiver (réf. 144).



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, des chercheurs ont observé qu'une période d'exposition d'environ 60 jours de JL, aux



environs du solstice d'hiver, était pleinement suffisante pour lever l'état réfractaire aux JC chez des brebis Suffolk (réf. 67). Cependant, dans cette étude, ils avaient noté qu'une exposition à seulement 30 jours de JL était partiellement efficace pour lever l'état réfractaire et ainsi resensibiliser les animaux aux JC suivant cette période de JL. Sweeney *et al.* (1995a) avaient par ailleurs noté qu'une exposition à une période de seulement 35 jours de JL suivie d'une période de JC, après le solstice d'hiver, permettait d'avancer significativement la saison de reproduction des brebis de race 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 (réf. 5).



Ces dernières études concernant le rythme endogène de reproduction, le concept d'état réfractaire à la lumière et l'historique photopériodique allaient révolutionner la façon avec laquelle les chercheurs

travaillaient avec les séquences alternatives de JL et de JC en conditions de luminosité artificielle.

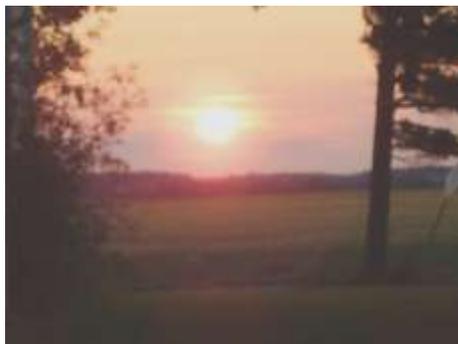


Ces découvertes permettaient désormais de comprendre à partir de combien de temps les femelles ne répondaient plus à un stimuli donné (JL ou JC pour inhiber ou activer la reproduction), de comprendre comment bénéficier du concept d'état photoréfractaire pour faciliter l'induction des chaleurs entre les transitions entre les périodes de JL et de JC et de connaître le moment « idéal » pour initier un programme lumineux avec succès.



1.4. Induction artificielle de l'activité sexuelle par la photopériode

Dans l'élaboration de programmes pour ces périodes de JL et de JC? Quelle photopériodiques visant à contrôler la reproduction des ovins, l'alternance entre les périodes de JL et de JC pourrait donc être considérée comme étant la «**clé**» permettant de manipuler le rythme



endogène des animaux, l'exposition aux JL étant nécessaire afin de restaurer l'effet des JC sur l'induction de l'activité sexuelle des femelles et pour prévenir l'état réfractaire (réf. 20, 21). En conditions artificielles, l'alternance photopériodique, c'est-à-dire

alterner des périodes de JL à des périodes de JC, permet de contrôler l'état réfractaire et de constituer un historique photopériodique « artificiel » chez les animaux. La création de cet historique photopériodique artificiel permet ensuite de synchroniser la reproduction des animaux au moment désiré. Il

restait donc à savoir : À quel moment les animaux deviennent-ils réceptifs à ces séquences alternatives de lumière, c'est-à-dire à quel moment expriment-ils un comportement sexuel adéquat pour obtenir de bonnes performances de reproduction? Quelles sont les durées les plus appropriées

différence de durée lumineuse journalière doit-on donner entre les périodes JL et de JC? Voici les réponses à ces questions.

1.4.1. Changements graduels vs changements brusques entre les périodes de JL et de JC.

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 (réf. 140). Cependant, en conditions artificielles, les animaux n'auraient pas besoin de percevoir ces changements graduels de photopériode. En effet, en conditions artificielles, des chercheurs 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 (réf. 60). Ainsi, il est possible de faire passer directement des brebis d'une photopériode longue à une photopériode courte sans affecter les performances reproductives.

Des études ont permis de découvrir que chez des femelles exposées à des cycles alternatifs de 3 mois de JL et de 3 mois de JC, l'activité de reproduction débutait environ 50 jours après le début de l'exposition aux JC et se terminait environ 20 à 35 jours après le début de l'exposition aux JL.



Notons que cette façon de faire est aussi beaucoup plus simple en conditions d'élevage puisqu'elle requière l'utilisation de simples minuteries.

1.4.2. L'effet des séquences photopériodiques alternatives sur la reproduction des femelles.

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, des chercheurs 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) (réf. 19). 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,

La période de latence entre le début de l'exposition aux JC et l'induction de l'activité sexuelle pourrait être influencée par la race. Chez les races plus désaisonnées (ou leurs croisements), on suggère que cette période de latence puisse être plus courte.

même en contre-saison sexuelle. Un pas dans la bonne direction lorsque l'on compare aux traitements hormonaux qui ne permettent généralement d'induire qu'une seule période d'activité ovulatoire en contre-saison. 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. 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 (réf. 19). 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 (réf. 137).

Des résultats relativement similaires furent observés dans d'autres études où cette fois on utilisait des brebis ovariectomisées et traitées à l'œstradiol ainsi que des brebis intactes. Dans une première étude, 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 (réf. 125, 69, 87). Dans une



autre recherche 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 (réf. 125). 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. Une autre recherche utilisant des brebis de race Suffolk ovx et traitées à l'oestradiol observa que les femelles présentaient des signes d'activité sexuelle, perceptibles par une élévation de la sécrétion de LH, environ 50 jours après le début des JC (réf. 69). 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 une autre étude sur des brebis Suffolk ovx et traitées à l'oestradiol (réf. 87). 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 (réf. 54, 5). En ce sens, des chercheurs avaient noté que des brebis de races moins saisonnières répondaient plus rapidement et plus efficacement à un traitement de MEL que les races très saisonnières telles que certaines races anglaises telles que la Romney et la Corriedale (réf. 137). Ceci suggère que chez les races plus

désaisonnées (et leurs croisements), l'induction de l'activité sexuelle pourrait se faire plus rapidement suite au début des JC.

L'ensemble de 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

Plusieurs études ont démontré que des cycles photopériodiques de courte durée, c'est-à-dire alternant moins de 3 mois de JL à moins de 3 mois de JC, ne permettaient pas de contrôler efficacement l'activité sexuelle chez les brebis.



ovulatoire des brebis devient maximale permet ainsi de déterminer la période idéale d'introduction des béliers afin d'optimiser les résultats de fertilité.

1.4.3. Durée minimale des cycles photopériodiques alternatifs pour les femelles

Un chercheur français a étudié l'effet de cycles alternatifs courts chez des brebis Île-de-France (réf. 147). Dans cette étude, trois groupes de brebis furent soumis à des cycles photopériodiques alternant 1, 2 ou 3 mois de JL et de JC. Ces trois groupes furent comparés à des brebis exposées à la lumière naturelle.

L'auteur a observé qu'il était difficile de contrôler efficacement l'activité ovulatoire des femelles exposées à des cycles photopériodiques courts. En effet, bien que ce dernier avait 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, il

observa également la présence de périodes d'anœstrus plus importantes chez les femelles exposées aux cycles plus courts. En ce sens, d'autres chercheurs observèrent que des brebis de race 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 (réf. 107). 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 courte durée, c'est-à-dire de moins de 3 mois de JL alterné aux JC, ne permettent pas de contrôler efficacement l'activité de reproduction chez les brebis.

1.4.4. Durée lumineuse journalière requise pour les traitements alternatifs de JC et de JL chez les femelles

Dans les années 1970, des chercheurs ont observé que l'écart entre les périodes de JL et de JC devait être suffisant afin de synchroniser plus efficacement le début de l'activité œstrale suite au passage en JC (réf. 32). À cette époque, on avait déjà établi qu'un écart minimum de 3 heures était requis entre les séquences photopériodiques (écart de 3

heures entre le traitement de JL et le traitement de JC). Dans cette étude, les auteurs avaient noté que des brebis exposées à une période de JL de 18h15 de lumière

Des recherches ont démontré que les femelles initiaient plus rapidement leur activité de reproduction suite à un passage en JC lorsque l'écart entre la période de JL et de JC était plus important. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des écarts variant de près de 8 à 12h entre les périodes de JC et de JL.



(18h15L:5h45N¹⁴) 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, plus courte était l'initiation de l'activité oestrale. De plus, dans cette étude, les auteurs avaient observé que 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.

¹⁴ Séquence lumineuse comprenant 18 heures et 15 minutes de lumière durant le jour et 5 heures et 45 minutes de noirceur durant la nuit.

1.4.5. L'effet des séquences photopériodiques alternatives sur la reproduction des mâles

Tout comme les brebis, les béliers sont très influencés par les variations annuelles de la

Chez les béliers, des traitements lumineux bien appliqués permettent d'avancer significativement l'activité sexuelle, augmentent la libido, augmentent le volume scrotal et surtout améliorent la qualité de la semence comparativement à des mâles exposés à la lumière naturelle.

durée du jour. Bien que les JC favorisent l'activité de reproduction, tout comme les femelles, 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 (réf. 63, 3). 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.

Chez les mâles, on a observé qu'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, permettait d'améliorer les performances reproductives chez ces derniers en contre-saison. Une étude réalisée en Angleterre 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 (réf. 59). 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

mimant des jours courts (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 9). 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 (réf. 127).



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.

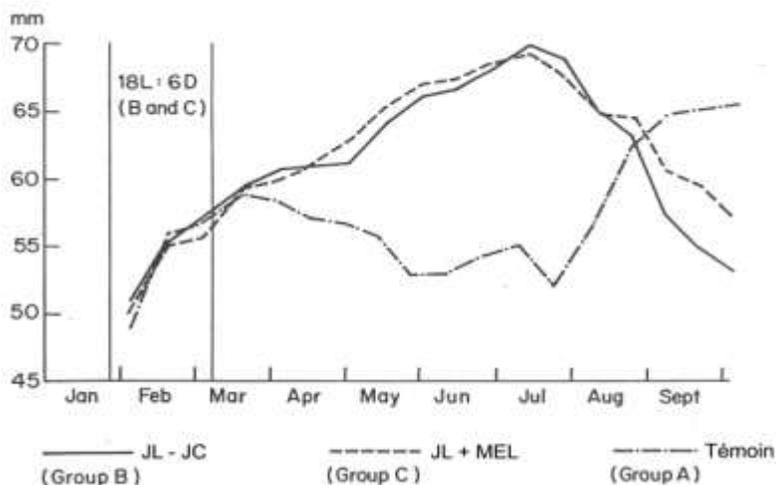


Figure 9. Évolution de la circonférence testiculaire chez des béliers soumis à différents traitements lumineux ou exposés à la lumière naturelle

Adaptée de Hanif et Williams (1991). Réf. 59

1.4.6. Amélioration des performances de fertilité chez les femelles pas la préparation photopériodique des béliers

En plus d'améliorer la capacité de reproduction des béliers, les traitements photopériodiques appliqués chez les mâles peuvent également contribuer à améliorer les performances de fertilité des femelles. Des chercheurs ont démontré que les mâles avaient une part de responsabilité importante sur l'obtention de bons résultats de fertilité chez les femelles (réf. 26). En fait, ces derniers ont au moins 50% de la responsabilité! 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 recevait 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 10).

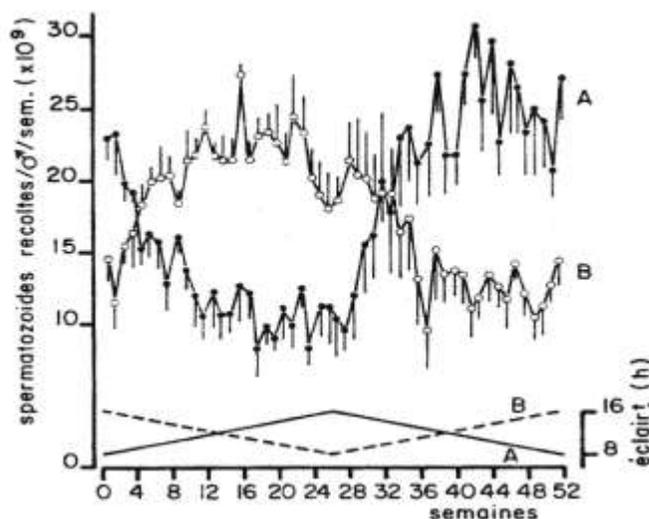


Figure 10. Effet de la durée d'éclairage sur la production spermatique hebdomadaire chez les béliers adultes de race Île-de-France.

Tirée de Colas *et al.* (1985). Réf.26

Dans cette étude, 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'agnelages 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 expliquerait

Les études suggèrent que la préparation photopériodique des béliers permet d'améliorer les performances de fertilité chez les femelles en contre-saison.

principalement cette différence (moins de spermatozoïdes anormaux, spermatozoïdes plus nombreux et plus motiles) chez les béliers exposés aux traitements lumineux.

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, les chercheurs avaient noté que ce type de traitement pouvait influencer la prolificité, la fertilité et la mortalité embryonnaire en saillies naturelles (réf. 46). 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 dans une autre étude (réf.

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.

133) 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 (réf. 25). Notons que dans ces études, les performances de fertilité des brebis étaient supérieures à celles où les femelles étaient inséminées artificiellement. En conclusion, ces chercheurs 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 (réf. 25, 26). Ces facteurs pouvaient agir favorablement à l'obtention de meilleurs résultats de fertilité comparativement aux saillies réalisées lors d'inséminations artificielles.

Cependant, bien que les types de programmes lumineux décrits au préalable favorisent l'amélioration des performances

reproductives en contre-saison, l'arrêt de ce type de traitements (durant la saison estivale)

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, les chercheurs 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 (réf. 27). Cette observation pouvait résulter d'un effet résiduel du traitement photopériodique JL-JC suite au retour sous la lumière naturelle.

D'autres auteurs ont également noté ce type de réaction chez de jeunes béliers exposés à la photopériode au printemps, puis retournés sous lumière naturelle durant la période estivale. Dans cette étude, l'objectif était d'avancer la puberté sexuelle de jeunes béliers nés en automne. Généralement, la puberté sexuelle de ces jeunes mâles aurait été atteinte à l'automne suivant, mais grâce au traitement photopériodique, on réussit à avancer significativement leur diamètre scrotal ainsi que leur volume testiculaire comparativement à des mâles exposés à la lumière naturelle. Sur la figure 11, 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 comparativement au groupe maintenu sous lumière naturelle (groupe A). 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 (réf. 27). 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 11).

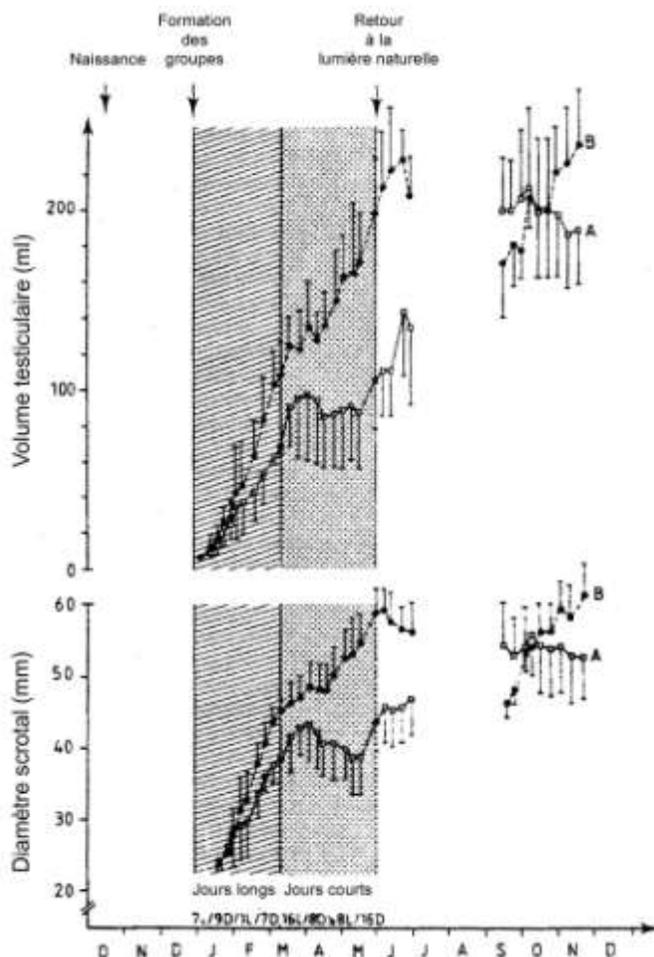


Figure 11. Évolution du volume testiculaire et du diamètre scrotal chez des béliers exposés à la lumière naturelle ou à un traitement lumineux alternant les JL et les JC en contre-saison.

Adaptée de Colas *et al.* (1987). Réf. 27



Ces dernières observations suggèrent que les mâles exposés à la photopériode devraient soit être écartés des premières saillies automnales (août et septembre) ou idéalement maintenus sous des cycles photopériodiques continus (sans retour sous la lumière naturelle).

1.4.7. Cycles photopériodiques alternatifs continus pour les mâles

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. Des chercheurs ont ainsi 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 (réf. 121). 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 permet 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 alors que l'utilisation de ce traitement lumineux alternatif permit de maintenir la taille scrotale pendant 14 mois chez les béliers Île-de-France et pendant 15 mois chez des béliers Suffolk (réf. 4).

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 (réf. 121, 4, 30). 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

Chez les béliers, les programmes photopériodiques alternant les périodes de JL aux périodes de JC à tous les mois ou à tous les deux mois seraient à privilégier pour optimiser les performances sexuelles.



photopériodiques, une stimulation fréquente, mais de courte durée, des concentrations de LH durant les 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, 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 (réf. 121). 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 (réf. 75). D'autres auteurs avaient d'ailleurs démontré qu'un état photoréfractaire semblait s'installer chez des béliers exposés à une photopériode constante depuis plus de quatre mois (réf.

120). 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.



1.4.8. Durée lumineuse journalière requise pour les traitements alternatifs de JC et de JL chez les mâles

Chez les béliers, la plupart des études réalisées ont impliqué l'utilisation de séquences de JL où la durée lumineuse était d'environ 16 heures de lumière par jour et de période de jours courts où les mâles étaient exposés à environ 8 heures d'éclairage journalier. Ce type de séquence lumineuse est donc recommandé. Toutefois, plusieurs études réalisées chez les mâles ont

Chez les béliers, il a été démontré que l'utilisation du flash lumineux, permettant de mimer une période de JL, était efficace pour améliorer leurs fonctions reproductives.



impliqué une utilisation très efficace 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 efficacement un traitement de JL de 16 h de

lumière, mais en réduisant fortement les dépenses électriques liées à l'éclairage (réf. 115). Cette observation suggère qu'il est possible d'exposer à des séquences photopériodiques alternant des périodes de JC de 8h de lumière par jour à des périodes de JL faisant appel au principe du flash lumineux pour mimer les JL (7L :9N :1L :7N) (réf. 27). Ce type de séquence lumineuse a toutefois été peu évalué chez les femelles.





1.5. En résumé... les facteurs à considérer pour réussir avec succès

La revue de littérature précédente a clairement démontré que la photopériode était le principal facteur contrôlant l'activité de reproduction chez les ovins. Grâce aux nouvelles connaissances acquises en recherche concernant les mécanismes d'action de la lumière sur le rythme de reproduction endogène des ovins, il est maintenant possible d'identifier les facteurs permettant de réussir avec succès en utilisant la photopériode.

Les recherches portant sur le contrôle lumineux nous indiquent la nécessité de créer un historique photopériodique « artificiel » afin d'induire l'activité reproductives des femelles tout comme celle des mâles. Ainsi, l'alternance entre les périodes de JL et de JC devient essentielle à la réussite de tout protocole photopériodique, et surtout à un meilleur contrôle du rythme endogène de reproduction chez les ovins. Nous savons maintenant que les JL sont essentiels à une bonne synchronisation de ce rythme endogène. Il est donc impossible d'induire efficacement l'activité sexuelle en contre-saison avec des JC si les animaux ne sont pas exposés à des JL au préalable. Ces découvertes nous montrent également que les ovins ont des phases de réceptivité spécifiques aux traitements lumineux ; ceux-ci sont très réceptifs aux JL aux environs du solstice d'hiver

et très peu à d'autres moments dans l'année. Cette dernière découverte nous indique ainsi que tout programme lumineux devrait être initié à la fin de l'automne et au début de l'hiver et non à d'autres moments de l'année. Concernant l'alternance entre les périodes de JL et de JC, nous savons désormais que ces dernières doivent être d'une durée adéquate selon le sexe des animaux. Ainsi, chez les femelles on devrait opter pour des séquences dont la durée minimale est de 3 mois d'alternance entre les JL et les JC. Chez les mâles, nous savons maintenant que les séquences alternatives rapides (1 à 2 mois d'alternance entre les JL/JC) donnent les meilleurs résultats.



Un point essentiel : ces études nous permettent de connaître à quel moment des femelles exposées à des séquences alternatives de JL et de JC deviennent cycliques après le début de l'exposition aux JC (environ 50 jours après le



début des JC), de comprendre l'importance du développement de l'état photoréfractaire et de le maîtriser à notre avantage (développement de l'état réfractaire après 100 à 200 jours d'exposition à une période lumineuse constante). Ces recherches soulèvent finalement l'importance que jouent les béliers sur la fertilité des femelles et qu'une préparation photopériodique des mâles

permet d'optimiser les résultats de fertilité des brebis. Ces nouvelles connaissances nous donnent ainsi de nouveaux indices afin de mieux bâtir les programmes lumineux. De façon concrète, il est ainsi possible d'établir des protocoles intégrant l'ensemble de ces découvertes afin d'obtenir les résultats attendus par les producteurs, les chercheurs et l'industrie.





PRINCIPAUX PARAMETRES ISSUS DE CES CONNAISSANCES

LE RAPPEL SCIENTIFIQUE !

- Les ovins expriment un rythme endogène de reproduction circannuel qui les entraîne à se reproduire naturellement environ une fois par année ;
- Ce rythme endogène de reproduction est entraîné par les variations annuelles de photopériode ;
- Dans la nature, la croissance et décroissance naturelle de la durée du jour entraînent ce rythme de reproduction annuel en créant un « *historique photopériodique* » pour les ovins qui sont ainsi en mesure de percevoir la succession des saisons ;
- En conditions artificielles, il est possible de créer cet « historique photopériodique » en exposant les animaux à des séquences planifiées de JL et de JC ;
- Dans le concept d'historique photopériodique, un JC est perçu comme tel par l'animal seulement si sa durée lumineuse journalière est inférieure à la séquence lumineuse à laquelle il a été exposé au préalable (ex : 12h de lumière/jour est considéré par l'animal comme un JL si il est exposé au préalable à 8h de lumière/jour) ;
- Lors de l'alternance entre JL et JC, on sait désormais que les changements brusques de durée lumineuse sont aussi efficaces que les changements graduels ;
- Les animaux deviennent réfractaires à une durée lumineuse prolongée. Ainsi, les études démontrent que cet état réfractaire apparaît après environ 100 à 200 jours d'exposition à une durée lumineuse constante et cette durée varie selon les races. Chez les races plus saisonnières, l'apparition de l'état photoréfractaire apparaîtrait plus tardivement, soit après une plus longue durée à une exposition lumineuse constante;
- Le développement naturel de l'état réfractaire à une photopériode donnée favorise les transitions entre les périodes d'activité et d'inactivité sexuelle chez les ovins ;
- L'alternance entre les périodes de JL et de JC permet de construire l'historique photopériodique, de contrôler l'état photoréfractaire et de contrôler l'activité de reproduction des ovins ;
- Afin d'initier une période d'activité sexuelle en contre-saison, on sait désormais que les JL doivent absolument précéder les JC afin d'obtenir la réponse reproductive désirée ;
- On sait désormais que les animaux sont sensibles au traitement artificiel de JL aux environs du solstice d'hiver et non pas durant le début de l'automne puisqu'ils y sont réfractaires à ce moment de l'année. Un traitement de JL débutant vers la fin de l'automne et couvrant le solstice d'hiver est ainsi le plus efficace pour améliorer la réponse reproductive des femelles exposées à des JC au printemps;



- On sait qu'une différence de près de 4 heures entre une période de JL et une période de JC permet aux animaux de créer un historique photopériodique et d'initier l'activité sexuelle. Néanmoins, les études démontrent qu'un écart d'au moins 8 heures donne de meilleurs résultats et est à privilégier pour favoriser une induction plus rapide et plus intense de l'activité sexuelle suite au début de l'exposition aux JC.
- Chez les femelles, afin de contrôler efficacement l'activité de reproduction, les études ont démontré que la durée minimale de chaque période de JL et de JC devrait être d'au moins 3 mois;
- Chez les mâles, les études ont démontré que les séquences alternatives courtes (1 à 2 mois d'alternance entre les JL et les JC) favorisaient de meilleures performances (libido, production spermatique, qualité spermatique, réduction des variations saisonnières);
- Dans un programme alternant une période de JL à une période de JC (de durée appropriée), plusieurs études ont démontré que l'activité ovulatoire et oestral débutaient environ 50 jours après le début de l'exposition aux JC. Il s'agirait ainsi du moment le plus propice pour mettre les femelles à l'accouplement ;
- Chez les femelles exposées à des séquences alternatives de JL et de JC, on sait désormais que l'activité ovulatoire cesse environ 35 jours suite au passage en JL. Il est donc important de planifier adéquatement les séquences afin de ne pas altérer les performances reproductives ;
- Les études ont démontré que la préparation photopériodique des béliers améliorerait les performances reproductives des femelles en contre-saison.





CHAPITRE 2

AUTRES FACTEURS AFFECTANT LES PERFORMANCES REPRODUCTRICES CHEZ LES OVINS

Les variations saisonnières de l'environnement et les variations causées par la photopériode sur le comportement alimentaire et sur la physiologie des animaux peuvent aussi 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.



2.1.. Facteurs environnementaux affectant la reproduction des 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 (réf. 79, 96, 111, 141, 145). 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.



2.1.1 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, dès 1967, des chercheurs ont démontré que des fluctuations artificielles de la température n'altéraient pas le patron de reproduction annuel des ovins (réf. 159).

Les effets des températures extrêmes sur la reproduction des animaux sont connus depuis longtemps (réf. 139). 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 (réf. 164, 132). 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 (réf. 38, 2).

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, des chercheurs avaient démontré (réf. 40) 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 (réf. 40, 2, 1). 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 (réf. 39, 40, 149, 132). 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 (réf. 39, 164).

L'exposition à un stress thermique durant la gestation peut également affecter le poids des agneaux à la naissance et la mortalité

périnatale (réf. 164, 135, 16, 103). Les effets néfastes de la température sur les fœtus seraient importants surtout dans le dernier tiers de la gestation (réf. 132; 164). Vers la fin des années 1960, des chercheurs 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 (réf. 135).



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 (réf. 164), des études ont montré que l'exposition à des températures extrêmes au début ou durant la saison oestrale pouvait 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, des chercheurs 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 (réf. 39). Par la suite, d'autres scientifiques 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 (réf. 132). 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, ces auteurs 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 thermiques durant la période d'accouplement pourrait donc affecter négativement les performances de fertilité des brebis. En ce sens, des chercheurs 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 (réf. 84). Au milieu du dernier siècle, deux scientifiques 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 (réf. 37). 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 maximale 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 (réf. 22). En effet, en 1980, des auteurs (réf. 24) ont 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.

2.1.2. 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 (réf. 111). 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 (réf. 150).

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 (réf. 112; 94; 95). Chez les femelles, cette première ovulation n'est souvent pas accompagnée de comportement oestral, c'est pourquoi on la qualifie d'ovulation « silencieuse ». Des auteurs (réf. 112,113) 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 (réf. 112,113; 95). Les chercheurs 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 (réf. 112, 113; 95). 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 (réf. 112, 113; 118). Cependant, le CL formé suite à la seconde ovulation semblait sécréter assez de progestérone pour être fonctionnel durant une phase lutéale normale (réf. 118). 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 l'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 (réf 112, 113).

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 (réf. 103). Néanmoins, l'efficacité de l'effet mâle peut varier selon plusieurs facteurs. En ce sens, des



chercheurs (réf. 122) 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 (réf. 106). Dans l'étude réalisée par Nugent et Notter (1990 – réf. 106), 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. Dans une étude précédente, ces mêmes auteurs (réf. 105) 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'anœstrus 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.

2.1.3. 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'anœstrus 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'anœstrus saisonnier varient de façon notable entre les races (réf. 36; 157; 102). Il est donc normal de penser que la race des ovins pourrait également affecter la réponse à un traitement photopériodique (réf. 157; 5).



En Amérique du Nord, la race maternelle Dorset a longuement été reconnue pour son désaisonnement (réf. 103; 36). 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 (réf. 48). Cependant, les races paternelles comme la Suffolk, la Hampshire et la Columbia seraient très peu désaisonnées (réf. 36; 66). 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 (réf. 103; 36; 124).

2.1.4. 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 (réf. 35; 50). Dans un système d'agnelages accéléré, des auteurs (réf. 99) 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 – réf. 50) avaient noté que la durée de l'anoestrus 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 (réf. 35).

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, un auteur américain (réf. 102) a 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, l'auteur avait noté que les taux de prolificité chutaient de 0,17 à 0,20 agneaux né par agnelage lorsque les femelles étaient âgées de plus de 8 ans. De même, ils avaient observé 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 (Réf. 114; 153). Ainsi, en contre-saison, l'anoestrus post-partum pourrait nuire à la conception dans les deux mois suivant l'agnelage. L'état d'anoestrus observé suite à

la mise bas pourrait être affecté par la nutrition (réf. 162; 126), la lactation (réf. 91), l'état de chair (réf. 14) et il pourrait être amplifié par l'anoestrus saisonnier (réf. 28). Goulet et Castonguay (2002 – réf. 55) 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.



CHAPITRE 3

CONTRÔLER LA REPRODUCTION PAR LA PHOTOPÉRIODE

Chez la brebis, un traitement photopériodique vise à contrôler le rythme endogène circannuel des femelles et à synchroniser l'apparition de leur comportement oestral au moment voulu. Comme nous l'avons vu précédemment, 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. 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, c'est-à-dire en contre-saison, au printemps. La plupart des essais réalisés chez les brebis et publiés dans la littérature ont tenté d'avancer la saison sexuelle naturelle (de quelques semaines) ou d'induire une activité sexuelle intense en contre-saison.



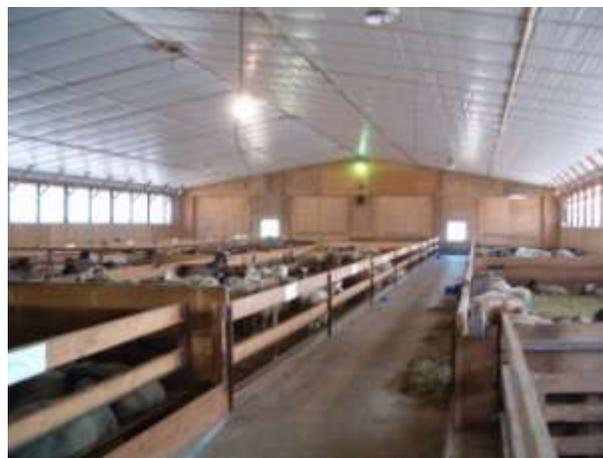
3.1. Programmes photopériodiques réalisés en contre-saison

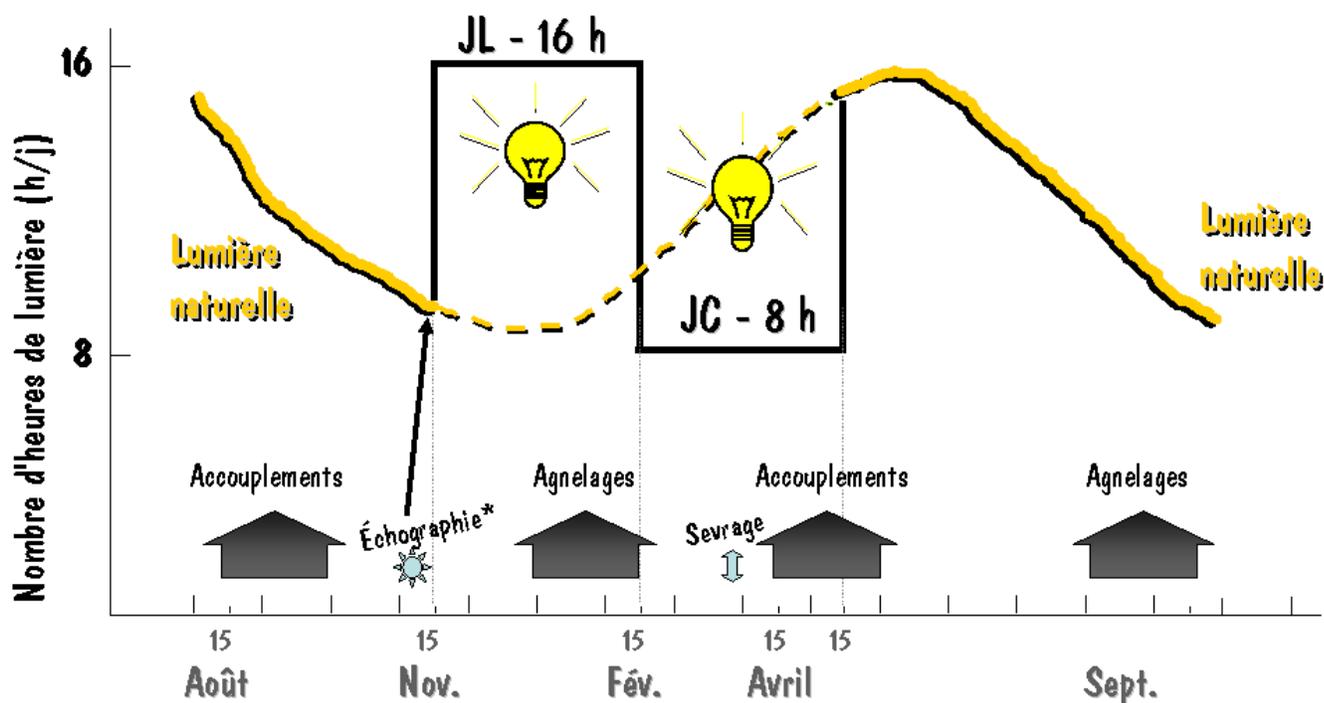
3.1.1. Le programme classique de photopériode.

Ce type de protocole a été utilisé durant de nombreuses années au Québec. On l'appelle désormais le «*programme classique de photopériode*». Depuis les années 1980, plusieurs producteurs ovins québécois ont déjà adopté ce type de programme lumineux. Ce protocole photopériodique consiste à exposer les femelles à une séquence de 3 mois de JL (débutant en novembre et se terminant en février) à une séquence de 3 mois de JC (débutant à la fin des JL en février et se terminant aux environs du mois de mai). L'alternance entre ces 2 périodes de luminosité permet d'induire une période d'activité sexuelle en contre-saison et ainsi de réaliser des saillies au printemps, un moment où l'activité sexuelle est naturellement inhibée.

Contrairement aux traitements hormonaux qui consistent à synchroniser une ovulation et l'oestrus à un moment bien précis, cette technique permet d'induire plusieurs cycles oestriques chez les femelles. Ces dernières présentent ainsi des chaleurs et un cycle de reproduction relativement similaire à celui observé durant l'automne. Ainsi, face aux traitements hormonaux, le principal avantage de cette technique est de rendre les brebis

cycliques. Les brebis non saillies à la première ovulation peuvent donc être saillies de nouveau durant cette période oestrale induite par le traitement photopériodique. La figure 12 présente le calendrier typique le plus commun et généralement le plus rencontré lorsque l'on traite de ce programme Classique de photopériode.





*Seules les femelles gestantes sont exposées au programme lumineux

Figure 12. Calendrier de photopériode généralement proposé dans l'application d'un programme photopériodique Classique (Adapté de : François Castonguay, AAC).

3.1.2. Description du calendrier classique de photopériode.

Si on observe le calendrier classique proposé ci-haut, la période de saillie devrait débuter aux environs du 15 août et se poursuivre pour une durée maximale de 45 jours, soit jusqu'à la fin du mois de septembre. Les brebis demeurent sous lumière naturelle entre le mois d'août et le début du traitement lumineux en novembre. Notons que dans ce calendrier, la saillie a lieu en août, soit au tout début de la saison sexuelle et ce, pour la plupart des races non désaisonnées retrouvées au Québec. Afin d'améliorer les performances de cette

première saillie, il est fortement suggéré d'utiliser la méthode de l'effet bélier 2 semaines avant la « vraie » mise au bélier le 15 août. Ainsi, le 1^{er} août, un bélier vasectomisé ou un bélier muni d'un tablier pourrait être intégré dans le groupe de femelles afin de stimuler plus hâtivement le réveil du système reproductif dans une plus forte proportion chez celles-ci en ce début de saison sexuelle. Environ 40 à 45 jours après le retrait des béliers, il est suggéré de procéder à une échographie de gestation. Cette échographie survient ainsi juste avant le début du traitement photopériodique, soit près d'une semaine



avant le début des JL. Seules les femelles gestantes initient le traitement de photopériode, toutes les femelles non gestantes étant remises à l'accouplement durant l'automne. Les brebis initient donc la période de trois mois de JL aux environs du 15 novembre. On suggère d'exposer les femelles à une durée lumineuse de 16 heures de lumière par jour durant cette période (JL : 16L : 8N). Ce traitement de JL se poursuit durant toute la période de gestation des femelles. Les agnelages surviennent presque tous durant la séquence de JL, soit à la toute fin de la période en janvier et en février. Il faut noter qu'avec une période de saillies d'une durée de 45 jours, certaines femelles peuvent mettre bas dans les quelques jours suivant le transfert en JC. Néanmoins, seules quelques retardataires peuvent mettre bas aussi tardivement et cette observation n'est pas chose courante. Idéalement, si la préparation à la saillie automnale s'est bien réalisée (état de chair adéquat, effet bélier efficace, alimentation soutenue, ...), on souhaite que la plupart des femelles mettent bas avant le 1^{er} février. Ces agnelages précoces favorisent la remise en reproduction à un moment plus propice pour l'obtention de meilleures performances de fertilité et de prolificité lors des saillies suivantes réalisées en contre-saison, soit une saillie réalisée au moins 70 jours après les derniers agnelages (> 70 jours *post-partum* pour l'ensemble des femelles).

Ensuite, vers le 15 février, après 3 mois complets de JL (90 jours de JL), les brebis sont transférées en JC. On suggère à ce moment de réduire la durée lumineuse à 8 heures d'éclairage par jour (8L : 16N). Les brebis terminent leur lactation en JC; on procède à la préparation au tarissement et ensuite au sevrage. Ce dernier devrait avoir lieu au moins une semaine avant la mise au bélier. Ainsi, selon les dates suggérées dans ce calendrier, le sevrage ne devrait pas dépasser le 8 avril. Suite à la période de tarissement, qui dure généralement une semaine, on prépare les brebis à l'accouplement en donnant un *flushing* alimentaire approprié et ce, jusqu'à ce qu'elles atteignent l'état de chair souhaité (cote de chair visé de 3,0 à 3,5). Les brebis sont ensuite placées à la saillie vers la mi-avril (15 avril). Ce moment précis correspond à 60 jours après le début de l'exposition aux JC. C'est le moment auquel on s'attend à avoir le plus de femelles présentant une activité oestrale intense. Cette période de saillies se poursuit en JC pour une durée d'environ 45 jours. À la fin de la période de saillies, les femelles retournent sous lumière naturelle. On confirme ensuite le taux de fertilité obtenu avec cette technique de désaisonnement environ 40 à 45 jours après le retrait des béliers. Ce programme permet finalement d'obtenir une période de mise bas à l'automne, soit des mises bas concentrées principalement durant le mois de septembre et pouvant se poursuivre jusqu'au début du mois d'octobre. L'objectif



d'obtenir des mises bas en contre-saison est donc atteint avec ce type de programme lumineux.



Notons que ce programme photopériodique est également efficace pour induire l'activité sexuelle des agnelles prépubères. Dans ce cas, le même protocole photopériodique s'applique. Ainsi, la période de 90 jours de JL débute le 15 mars pour se terminer à la mi-février. Aux environs du 15 février, on expose les jeunes femelles à une période de 90 jours de JC puis on introduit les béliers avec ces agnelles 60 jours après le début des JC. Cette technique de désaisonnement est très utile pour avancer la période de reproduction des agnelles, particulièrement celles nées en automne. En effet, sans traitement permettant d'induire les chaleurs en contre-saison, la période oestrale de ces dernières aurait lieu naturellement à l'automne suivant, ce qui réduirait leur productivité à vie. Ce programme de photopériode permet ainsi d'induire une période d'activité en contre-

saison (cyclicité sexuelle) tout en limitant les interventions invasives que requièrent les traitements hormonaux, citons dans ce cas précis les éponges vaginales. Chez les agnelles, la pose d'éponges vaginales nécessite généralement un dépuceage au préalable. Il s'agit donc d'une méthode invasive et beaucoup plus risquée pour les producteurs moins expérimentés.

Dans le programme photopériodique classique, les béliers suivent le même régime lumineux que les femelles. Cette alternance entre les JL et les JC stimule ainsi leurs performances de reproduction au printemps. Puisque les mâles sont généralement dans les mêmes bâtiments que les femelles, il est généralement recommandé de tenter de les placer dans des parquets qui éviteront tout contact avec ces dernières et ce, dans le but de favoriser un effet bélier lors de la mise à l'accouplement. Idéalement, lorsque possible, ces derniers devraient être isolés des femelles au moins un mois avant afin de bénéficier de cet effet bélier qui peut, en combinaison avec la photopériode, améliorer les chances de succès. Évidemment, la meilleure recommandation consiste à proposer l'aménagement d'une chambre d'élevage pour les béliers. Ce type de structure permet d'élever les mâles à l'écart des femelles, permet de donner une régie bien adaptée à ces derniers et surtout, favorise l'effet bélier lors de l'accouplement. Notons qu'il est toutefois



essentiel que cette chambre d'élevage présente des conditions d'ambiance parfaites (densité, paillage, ventilation, ...).

Bien entendu, les dates proposées dans le calendrier présenté ci-haut peuvent être modifiées selon la réalité présente dans chaque entreprise. Ainsi, les dates suggérées pourraient être légèrement modifiées en fonction de la date de saillie visée en contre-saison et ce, tant pour les agnelles que pour les brebis. Ce qui est important, par contre, c'est de respecter les principes de base qui ont permis d'élaborer ce calendrier photopériodique classique.

3.1.3. Principes de base du calendrier photopériodique classique.

D'un point de vue scientifique, les principes d'utilisation de cette technique ont été bâtis dans le but de favoriser l'obtention de bons résultats en contre-saison. Voyons quels sont-ils. Tout d'abord, on peut constater que le traitement de JL débute au moment opportun. En effet, la période de JL débute à la fin de l'automne et couvre adéquatement le solstice d'hiver. Tel que mentionné dans le chapitre précédent, il s'agit d'une période où les femelles sont très réceptives à un traitement photopériodique de JL. Deuxièmement, on observe que la séquence de JL est d'une durée de 90 jours; ainsi la séquence minimale de 3 mois d'une durée

lumineuse constante est respectée. Par ailleurs, on respecte l'alternance entre les périodes lumineuses, la séquence de JL étant suivie d'une période de trois mois de JC. Cette alternance favorise la construction d'un historique photopériodique « artificiel » par les animaux. Troisième élément favorisant l'obtention de bons résultats : l'écart entre la luminosité journalière donnée entre les JL et les JC. Dans ce type de programmes, on recommande un écart minimum de 8 heures de lumière/jour entre la période de JL et la période de JC (JL - 16L : 8N / JC - 8L : 16N). Autre élément essentiel : le moment de la mise au bélier... La littérature a montré que des femelles exposées à des séquences photopériodiques alternant des périodes d'au moins 3 mois de JL à 3 mois de JC initiaient leur activité sexuelle environ 50 jours après le début des JC. Dans ce calendrier, la mise au bélier est donc effectuée au moment le plus opportun, soit 60 jours après le début des JC. Ceci laisse supposer que la grande majorité des femelles sont déjà cycliques lors de l'introduction des mâles.

Finalement, il faut noter que ce calendrier intègre plusieurs paramètres de régie essentiels et que le respect de ces derniers favorise l'obtention de bons résultats. Premièrement, on peut constater que les accouplements de l'automne sont planifiés afin de regrouper, autant que possible, les accouplements au début de la période de saillies automnale. Cet



élément permet de gérer adéquatement le groupe de femelles (au même stade physiologique, échographies à temps fixe, alimentation en fin de gestation répondant aux besoins des femelles, lactation de durée similaire, tarissement et sevrage à temps fixe, ...) et surtout de leur donner un repos suffisant entre le tarissement et la mise au bélier réalisée en contre-saison. On devrait viser un intervalle *post-partum* minimum d'au moins 60 à 70 jours pour l'ensemble des femelles placées à l'accouplement. Ainsi, avec les dates proposées dans ce calendrier, la très grande majorité des saillies fécondantes devrait avoir lieu avant la mi-septembre, soit dans les trente premiers jours de la saillie. Voilà pourquoi en août, l'effet bélier est largement recommandé puisqu'il favorise le regroupement et l'avancement du comportement oestral dans le groupe de femelles placées à l'accouplement. Afin de s'assurer que les brebis agnelleront dans les dates désirées et qu'elles auront ensuite un repos minimal de 60 à 70 jours entre la mise bas et l'accouplement, une échographie de gestation devrait être réalisée. Dans ce calendrier, cette échographie est réalisée au début du mois de novembre. Celle-ci permet non seulement d'évaluer le taux de gestation mais permet aussi de valider l'âge des foetus. Ces derniers devraient être âgés d'environ 60 jours (45 à 75 jours). Si on constate que les

Notons que les chercheurs avaient constaté que les producteurs respectant les principes de base du calendrier obtenaient et ce, de façon répétée, des résultats de fertilité dépassant 85%.

foetus sont trop jeunes ou que les brebis mettent bas trop tardivement durant la période de jours longs (mise bas dépassant le 5 février dans ce calendrier précis), on devrait repousser le début des jours courts (étirer la période de jours longs). Ainsi, on devrait s'assurer que toutes les femelles du groupe aient un intervalle *post-partum* minimum de 70 jours entre l'agnelage et la saillie. Des études réalisées au Québec ont démontré qu'une période de 4 mois de JL suivie de JC était efficace pour induire l'activité de reproduction des femelles en contre-saison. Dans ce cadre de calendrier, il serait toutefois préférable de ne pas dépasser plus de 120 jours de JL puisque ceci affecte la productivité totale du groupe (intervalle plus long entre les agnelages, improductivité accrue). La planification des saillies de l'automne est donc gage de succès!

Les dates de régie présentées dans le calendrier proposé ci-haut peuvent être modifiées selon la réalité présente dans l'entreprise. D'un point de vue régie, il s'avère toujours essentiel de planifier les accouplements de l'automne dans le but de s'assurer que les femelles auront un intervalle *post-partum* adéquat en contre-saison. D'un point de vue purement « photopériodique », il est essentiel de respecter certains paramètres. En effet, il faut toujours s'assurer que les JL débutent aux



environs du solstice d'hiver, un moment où les femelles sont très sensibles et réceptives à cette durée d'éclairement. Selon la littérature actuelle, les JL ne devraient pas débiter avant le 15 novembre puisqu'ils ne seraient pas effectifs tôt en automne, ne donnant ainsi aucun effet sauf, bien entendu, des dépenses énergétiques inutiles. Afin de se donner plus de chances de succès, la durée minimale de la période de JL devrait être d'au moins trois mois. Si on examine attentivement ces séquences lumineuses, il est facile de constater qu'il est absolument impossible d'induire un comportement oestral chez les femelles avant le début du mois d'avril. Ainsi, chez les races non désaisonnées, il faut se rappeler qu'il est impossible d'induire une activité de reproduction par la photopériode entre les mois de janvier et de mars (inclusivement). Généralement, si on effectue des saillies durant cette période de l'année, nous obtiendrons les taux de fertilité naturels qui auraient été obtenus en saillie naturelle avec ou sans photopériode.

3.1.4. Résultats attendus et obtenus en recherche.

Et ça marche ce programme? Oui! Et la recherche l'a prouvé! Ce programme a déjà démontré son efficacité pour l'induction de l'activité sexuelle des femelles en contre-saison. Durant les années 1990, François Castonguay (chercheur à Agriculture et Agroalimentaire Canada) et Manon Lepage (agronome au Club d'encadrement technique de Québec) ont réalisé un projet de recherche au sein de 10 entreprises ovines au Québec. Ainsi, le calendrier photopériodique présenté au préalable fut répété durant trois années consécutives (1995 à 1998) sur au moins 50 femelles dans chacun des troupeaux. Le tableau 1 présente les performances obtenues dans le cadre de cette étude.

Tableau 1. Performances zootechniques moyennes compilées durant les trois années du projet.

	Année 1	Année 2	Année 3	Total
Nombre de femelles	625	616	436	1677
Fertilité (%)	70,4 [†] (51 – 90%)	86,3 (63 – 97%)	70,6 (55 – 85%)	75,8
Prolificté	1,8	1,9	1,7	1,8

[†]Moyenne (Minimum – Maximum)

Source : La reproduction chez les ovins. François Castonguay, AAC
Résultats du projet de l'étude de Lepage et Castonguay, 1999.



En résumé, dans ce projet, les taux de fertilité obtenus ont varié de 50% à près de 100% (97%). Les plus mauvais résultats ont été observés lorsque les producteurs ne respectaient pas les dates de régie et les paramètres de base indiqués dans le calendrier. Ceci soulève l'importance du respect intégral du protocole photopériodique pour atteindre la réussite. Notons que les chercheurs ont constaté que les producteurs respectant les principes de base du calendrier obtenaient et ce, de façon répétée, des résultats de fertilité dépassant 85%. Le principal facteur ayant nuit aux bonnes performances de fertilité était le faible intervalle post-partum. Dans certaines entreprises, un manque de planification des accouplements de l'automne (mise au bélier retardée), des accouplements échelonnés sur une trop longue période ou tout simplement un délai dans le déroulement des saillies fécondantes, avaient causé un retard dans la période de mise bas. Dans ce projet, puisque la période d'accouplement avait lieu à temps fixe, plusieurs femelles avaient un intervalle *post-partum* de moins de 70 jours lors de l'accouplement du printemps. Ces brebis n'étaient donc pas à un stade physiologique favorisant l'obtention de bons résultats de reproduction. Ceci pouvait ainsi affecter, de façon négative, tant la fertilité que la prolificité de ces femelles.

Ce projet permet également de mettre en lumière *l'effet résiduel au traitement photopériodique Classique*. Chez les brebis, cet effet résiduel est observable uniquement chez les femelles non gestantes suite aux saillies du printemps. Si on se souvient du calendrier proposé, on se rappelle qu'à la fin de la période de saillie, le traitement de JC est arrêté et les brebis retournent toutes sous lumière naturelle et ce, pour le reste de l'année. Chez les femelles non gestantes exposées à nouveau à la lumière naturelle, on devrait s'attendre à pouvoir les remettre à l'accouplement dès l'automne suivant, soit au tout début du mois de septembre. Or, les observations de ce projet ont montré que ces femelles non gestantes reprenaient leur activité sexuelle beaucoup plus tardivement durant l'automne, soit après le mois d'octobre. En effet, pour la très grande majorité des brebis non gestantes suite aux accouplements réalisés sous traitement photopériodique au printemps, les saillies fécondantes avaient débuté seulement à partir du mois de novembre. Des différences avaient cependant été notées, l'effet résiduel affectant moins sévèrement les femelles de génotype plus désaisonné ($\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{2}$ sang de Romanov). Ces accouplements tardifs affectaient ainsi négativement les performances globales des troupeaux suivis lors de ce projet. Ceci démontrait toute l'importance de suivre adéquatement le protocole pour obtenir les meilleurs taux de



succès en contre-saison et ce, dans le but de limiter l'effet résiduel à une très faible proportion de femelles n'ayant pas été saillies en contre-saison suite au programme photopériodique Classique. Chez les béliers, l'effet résiduel fut aussi noté. Chez ceux-ci, on observa une réduction de la libido et de la circonférence scrotale. Ces derniers n'étaient donc pas prêts aux saillies réalisées tôt en saison sexuelle.



3.1.5. Les coûts d'utilisation du programme classique de photopériode.

Lors de ce projet (en 1999), les auteurs avaient calculé que les coûts d'éclairage pour une bergerie de 300 m² (espace utile) étaient de 144\$ pour la séquence complète de 90 jours de JC (8 h de lumière/jour) et de 288\$ pour la séquence de trois mois, ou 90 jours, de JL (16 h de lumière/jour). Le coût total pour une bergerie de cette taille était donc de 432\$ pour cette période de 6 mois de traitement. Puisque l'on peut considérer qu'une bergerie

de 300 m² peut loger adéquatement 150 sujets (2 m² / tête), le coût de la technique, en terme de consommation électrique, avait été établi à 2,88\$/tête. Il est évident que ce coût dépend du type d'ampoules utilisées et de l'intensité lumineuse donnée (qui dépend en grande partie du nombre d'ampoules présentes dans le bâtiment). À ce coût, on doit aussi ajouter les frais initiaux de démarrage, soit l'achat et l'installation d'une minuterie (environ 250\$), les frais d'achat de matériaux pour l'obstruction des fenêtres, les frais liés à l'amélioration de l'intensité lumineuse (viser une intensité lumineuse minimale de 50 lux) et finalement, les coûts liés à l'amélioration de la ventilation, lorsque nécessaire.

3.1.6. Les avantages du programme classique de photopériode.

Cette technique comporte plusieurs avantages. La plupart de ceux-ci ont été préalablement listés; voyons un bref résumé de ces avantages :

- Ce programme permet d'induire une activité sexuelle cyclique intense en contre-saison. Cette activité est prolongée sur plusieurs cycles reproductifs, comparativement aux techniques hormonales qui ne permettent que de synchroniser une seule période d'accouplement. Ceci augmente ainsi les chances de succès en contre-saison face



aux différentes techniques hormonales disponibles;

- ❑ Si le calendrier photopériodique est bien appliqué, on peut s'attendre à des résultats de fertilité quasi équivalents à ceux observés en saison sexuelle. Ceci n'est généralement pas observé avec les techniques hormonales;
- ❑ Technique relativement simple (mais requérant toutefois un bon suivi) et peu coûteuse (selon la situation de départ dans l'entreprise et les changements à apporté aux bâtiments);
- ❑ La grande majorité des agnelages a lieu en période de JL (facilité d'intervention lors de la période de mise bas), mais seulement à condition que les saillies d'automne aient été planifiées dans les temps voulus;
- ❑ Les brebis saillies au printemps peuvent retourner sous lumière naturelle et pâturer au champs durant l'été;
- ❑ Les agnelages surviennent à l'automne, soit en septembre, ce qui permet d'éviter les fortes périodes de chaleur de l'été. La croissance des agneaux n'est donc pas affectée par les températures estivales élevées;
- ❑ Pour les producteurs souhaitant mettre des agneaux de lait en marché à la période de festivités entourant Noël, ce calendrier

permet de répondre adéquatement à cet objectif.

3.1.7. Les inconvénients du programme classique.

Le programme *Classique* permet de synchroniser un nombre restreint de femelles (un groupe à la fois) à un moment bien précis au printemps. Un seul groupe de brebis se retrouve donc en traitement photopériodique pendant six mois au total et l'accouplement se pratique pendant les mois d'avril et de mai. 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. Puisque nous avons vu que les femelles exposées à ce protocole lumineux et non gestantes suite aux accouplements printaniers reprennent tardivement leur activité reproductive à l'automne, il est essentiel d'exposer à ce régime lumineux uniquement les femelles que l'on souhaite mettre à l'accouplement en contre-saison. Il est donc essentiel que les brebis exposées à ce programme photopériodique se retrouvent isolées dans un bâtiment séparé ou dans une section séparée de la bergerie principale pour y subir les trois mois de JL et les trois mois de JC et ce, à l'écart des autres sujets du troupeau. Ainsi, Bien que ce programme lumineux soit efficace et relativement économique il présente quelques désavantages.



Voici les principaux désavantages liés à ce programme :

- ❑ Il n'est pas possible d'ajouter de brebis au groupe ciblé au départ, car le temps minimum du traitement de JL de trois mois ne serait pas respecté;
- ❑ Il est nécessaire d'isoler du reste du troupeau les brebis soumises au traitement;
- ❑ La quasi-totalité des entreprises ne dispose généralement que d'un seul bâtiment pour isoler les brebis sous contrôle lumineux. Ainsi, il n'est pratiquement pas possible d'avoir plus de deux groupes sous contrôle lumineux dans le calendrier classique. Donc, un groupe à la fois et un nombre restreint de femelles placées à la saillie en contre-saison sous cette technique;
- ❑ Les résultats de fertilité peuvent être très variables (de 51 % à 95 % dans l'étude de Lepage et Castonguay [1999]);
- ❑ Afin d'étaler les périodes de mise bas sur plusieurs mois, il est indispensable d'utiliser d'autres techniques de désaisonnement pour les autres mois de la contre-saison (fin mai, juin et juillet). Les traitements hormonaux demeurent ainsi nécessaires;
- ❑ Un des aspects négatifs les plus importants du traitement de photopériode classique, mis en évidence par Castonguay et Lepage (1998), est que, généralement, les brebis non gestantes, suite à

l'accouplement du printemps sous photopériode, reprennent leur activité sexuelle « naturelle » plus tardivement à l'automne suivant. Les béliers sembleraient aussi affectés par cette séquence lumineuse printanière. Un effet résiduel négatif est donc présent.

3.1.8. En conclusion sur ce programme

Le programme classique de photopériode est une technique de désaisonnement « naturelle » (ne requièrent pas de traitements hormonaux), relativement simple d'utilisation, très efficace lorsque le protocole est respecté et surtout, il s'agit d'une méthode très peu coûteuse pour les producteurs. Ce programme photopériodique est à privilégier dans les élevages souhaitant induire l'activité sexuelle d'une partie du troupeau en contre-saison. Notons que ce type de programme est idéal pour les agnelles que l'on souhaite accoupler en dehors de la saison naturelle de reproduction. Néanmoins, les producteurs souhaitant utiliser ce type de programme de désaisonnement doivent posséder les installations requises. Ainsi, les entreprises souhaitant utiliser ce type de protocole doivent posséder un bâtiment ou encore une section d'élevage indépendante. Cette section servira à isoler le groupe de femelle pour donner le traitement lumineux à un groupe de femelles spécifiques. En période de



JC, le bâtiment ne doit pas laisser passer la lumière extérieure et il doit être ventilé adéquatement.



Afin de mettre en marché des agneaux à longueur d'année, une obligation dictée par le marché, de plus en plus de producteurs adaptent leur régie de manière à répartir les

agnelages sur toute l'année. Pour ce faire, ils divisent leur troupeau en plusieurs groupes de brebis qu'ils accoupleront à des intervalles réguliers dans l'année, chaque trois mois par exemple. Dans ce système de production, l'utilisation du calendrier « classique » de photopériode n'est pas une solution applicable, étant donné les nombreux désavantages énumérés précédemment.

Le nouveau défi de cette technique repose donc sur le développement d'un nouveau programme lumineux, limitant le recours aux traitements hormonaux et pouvant être utilisé à l'année longue sur tout le troupeau afin d'échelonner la production d'agneaux sur une base annuelle.



3.2. 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. C'est le cas du programme de photopériode Classique présenté dans le chapitre précédent. 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 suivie 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 leurs femelles afin de ne pas affecter celles qu'il ne souhaite pas faire saillir au printemps. Les traitements photopériodiques intégrant une séquence de JL suivie de JC au printemps permet donc d'effectuer des accouplements à un moment bien précis en contre-saison et ce, uniquement sur les femelles ayant reçu 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.

Par le passé, plusieurs études ont tenté d'atteindre un des objectifs visés 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. Ces nombreuses études ne sont pas listées dans cet ouvrage. Mentionnons cependant que les résultats variables et très peu encourageants obtenus durant ces recherches ont largué celles-ci aux oubliettes vers la fin des années 1980, de telle sorte que ces types de protocoles n'ont jamais été testés en conditions d'élevage commercial. 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 a été possible d'identifier plusieurs lacunes dans les protocoles testés antérieurement. Celles-ci pourraient expliquer les résultats décevants obtenus lors de ces recherches. Parmi ces lacunes, 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 réaliser une juste comparaison des performances observées.

Les plus récentes recherches réalisées 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 ont ainsi donné 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 d'obtenir les résultats visés. Le potentiel de cette technique n'était donc pas encore pleinement atteint.

3.2.1. Le programme de photopériode AAC type CC4¹⁶

Voilà pourquoi, en 2001, un premier projet de recherche a été initié pour développer un tout nouveau calendrier photopériodique au Québec¹⁷. L'objectif de cette étude était de développer un programme photopériodique efficace et permettant d'induire l'activité de reproduction chez les brebis et ce, durant toute l'année. Il était aussi souhaité de bâtir un protocole de régie lumineuse flexible et applicable, c'est-à-dire en s'assurant de sa simplicité d'application pour les producteurs et en s'assurant que les agnelages surviendraient toujours seulement durant la période de JL. Ce protocole devait aussi permettre d'optimiser les performances reproductives d'un élevage entier (mâles et femelles). Ce programme a donc été construit en fonction des éléments suivants :

1. Un traitement lumineux alternant, en continu, des périodes de quatre mois de JL (120 jours) et de quatre mois de JC (120

¹⁶ Nom donné au programme de photopériode issu des travaux de Johanne Cameron, étudiante à la maîtrise (2001 – 2006) au département des sciences animales de l'Université Laval et de François Castonguay, chercheur à Agriculture et Agroalimentaire Canada et professeur associé à l'Université Laval. Ce programme lumineux expose 4 groupes de brebis à 4 mois de JL et à 4 mois de JC en alternance continue.

¹⁷ Projet de maîtrise réalisé par Johanne Cameron sous la supervision du chercheur François Castonguay d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Financement par le FCAR.



jours). Ces périodes, d'une durée suffisante pour favoriser l'atteinte de l'état réfractaire, permettraient possiblement 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 conditions artificielles, 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'anoœstrus chez les ovins. Ainsi, lors de la création de ce protocole, il était 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, permettrait d'optimiser les performances de fertilité chez les brebis ;

Plusieurs études avaient 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 était possible de croire que chez des brebis exposées à des séquences lumineuses plus longues (quatre mois de JL/JC) l'activité ovulatoire débiterait avant ou aux environs du 50^e jour suivant le début de l'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 permettrait 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 était 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 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) permettrait d'optimiser les performances reproductives des béliers et des brebis et ce, tant en saison qu'en contre-saison ;

Chez les béliers, plusieurs études avaient démontré que des cycles alternatifs courts (un ou deux mois) permettent d'améliorer la qualité de la semence, en plus de stimuler et de maintenir leur activité de reproduction à un niveau comparable à celui naturellement observé durant la saison de reproduction. Ainsi, il était 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, favoriserait 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, tels 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, permettrait de maintenir les performances de productivité de brebis soumises à un rythme de production accéléré de trois agnelages en deux ans ;

Plusieurs études avaient 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 termes.

C'est en intégrant l'ensemble de ces principes de base que ce nouveau protocole de photopériode a été rédigé.

3.2.2. Description du calendrier de photopériode AAC type CC4

Les paramètres de base préalablement présentés ont ainsi permis de créer le calendrier photopériodique AAC type CC4. Ce nouveau protocole lumineux vise à exposer un groupe de femelles à une séquence lumineuse de quatre mois de jours longs (JL, 16 heures de lumière : 8 heures de nuit, 16L:8N) suivis de quatre mois de jours courts (JC, 8 heures de lumière : 16 heures de nuit, 8L:16N) et ce, en alternance continue. Les saillies ont lieu à tous les huit mois et ce, afin de respecter un rythme de reproduction accéléré visant trois agnelages en deux ans.

Si on débute à partir du commencement des JC (jour «0»), voici une description des



principaux événements survenant dans ce calendrier. La période de saillies débute toujours 55 jours après le début des JC, soit à un moment où l'on croit que la plupart des femelles expriment un bon comportement de chaleur. Pour les saillies réalisées sous le programme AAC type CC4, un ratio de 1 bélier pour 15 à 20 brebis devrait toujours être respecté. Lors des accouplements, on recommande également que les béliers soient munis de harnais-marqueurs et ce, de façon à identifier le moment de la venue en chaleur des femelles. Cette période d'accouplement dure 35 jours et, suite au retrait des béliers, les femelles demeurent en JC pour une période de 30 jours. Elles passent ainsi le premier tiers de leur gestation sous un régime de 8 heures de lumière/jour. À la fin de la période de JC, les brebis traversent en JL. Quelques jours après ce passage en JL, on procède à une échographie de gestation. Celle-ci doit être effectuée à l'intérieur des 10 jours suivant le passage en JL. Ce moment correspond à 35 à 40 jours après le retrait des béliers (70 à 75 jours après la mise au bélier), soit à un moment idéal pour bien évaluer la gestation des femelles (les fœtus sont âgés de 40 à 75 jours si l'échographie de gestation est effectuée 10 jours après le passage en JL). Il est recommandé de noter l'état de chair des femelles lors de l'échographie afin d'ajuster rapidement le programme alimentaire chez les femelles gestantes qui seraient trop maigres ou encore trop grasses.

Le jour de l'échographie, les femelles gestantes demeurent en JL (sous le protocole de base) tandis que les femelles non gestantes retournent en JC pour être saillies de nouveau. Ceci permet de limiter le temps improductif chez ces dernières et permet surtout de contourner l'effet résiduel qui pourrait résulter des séquences lumineuses auxquelles elles ont été exposées au préalable. Avant de remettre les femelles non gestantes à la saillie en JC, on recommande de leur donner un traitement hormonal (éponges vaginales + PMSG). Ceci est dû au fait qu'il est alors difficile de savoir où ces femelles se retrouvent dans leur « *historique photopériodique* » et surtout de déterminer si elles sont réfractaires aux JC (une luminosité à laquelle elles ont été exposées durant les 120 derniers jours) puisqu'elles n'ont pas répondu aux traitements photopériodiques et qu'elles demeurent sous un traitement lumineux continu. Puisqu'il est impossible de déterminer si ces femelles non gestantes sont déjà réfractaires aux JC et si elles sont en période d'oestrus ou d'anoestrus, il devient alors quasi impossible de prédire quelles peuvent être leurs performances reproductives si on les réexpose à des JC. Ainsi, afin de rétablir cette situation, le traitement hormonal est recommandé, au même titre que pour des brebis synchronisées devant être saillies hors saison. Si une même femelle est non gestante à plus de deux ou trois reprises



(selon le cas¹⁸), il est fortement recommandé de réformer cette dernière pour cause de troubles de fertilité.



Mais revenons aux femelles gestantes... soit celles ayant bien répondu au programme lumineux. Ces dernières demeurent en JL et ce, pour 120 jours. Il s'agit d'une période durant laquelle elles termineront leur gestation et seront préparées adéquatement pour la mise bas. Cinq à six semaines avant l'agnelage, on recommande fortement de tondre les femelles et de noter leur état de chair afin d'ajuster le programme alimentaire offert durant le dernier tiers de la gestation. À ce moment, on s'assure également d'appliquer le programme alimentaire de transition à l'agnelage. Celui-ci doit répondre adéquatement aux besoins en énergie, en protéines, en vitamines et en minéraux des

¹⁸ Durant la première année d'implantation, on peut être moins sévère sur les décisions de réforme, particulièrement pour les premières saillies réalisées en contre-saison.

femelles. On doit également porter une attention particulière au sélénium qui ne doit pas être déficient dans l'alimentation, particulièrement pour cette période critique. Ce minéral peut être servi directement dans l'alimentation ou encore administré par injection aux femelles. Le protocole de base recommande des injections de vitamines A, D et du complexe de vitamine E et sélénium dans le dernier tiers de la gestation. La période de transition à l'agnelage est également le moment privilégié pour procéder à la vaccination des femelles (selon le programme de santé mis en place par le vétérinaire praticien). Puisque les dates de mise bas sont bien établies, il est relativement simple d'appliquer un programme de vaccination efficace. Toutes ces étapes de préparation à la mise bas nous mènent donc à la période tant attendue : l'agnelage.

Notons que dans le calendrier AAC type CC4, la période d'agnelage a toujours lieu durant la période de JL, ce qui facilite grandement les interventions pour les agnelages. Lors de la mise bas, on recommande de noter l'état de chair des femelles et de former des parquets selon la taille de la portée. Ceci permet d'améliorer la précision du programme alimentaire distribué durant la période de lactation et d'ainsi répondre adéquatement aux besoins nutritionnels des femelles en lactation. La période d'agnelages peut s'échelonner sur une fenêtre approximative de



35 jours, soit une durée similaire à la période d'accouplements. Cette période d'agnelages débute ainsi 40 jours avant le prochain transfert en JC, pour se terminer 5 jours avant cette date de changement lumineux. Les brebis en lactation transfèrent alors, avec leurs agneaux, en JC. À ce moment, les agneaux sont en moyenne âgés de 22 à 23 jours (5 à 40 jours d'âge). Suite au passage en JC, les femelles terminent leur lactation. La préparation au tarissement et le sevrage ont ainsi lieu sous cette luminosité, la date limite du sevrage étant fixée à 35 jours suivant le passage en JC. On prépare les femelles au tarissement environ 7 à 10 jours avant la date du sevrage. Pour ce faire, on retire les concentrés de l'alimentation de même que les fourrages riches pour les remplacer progressivement par des fourrages de faible valeur nutritive. Le jour du sevrage, on sert de la paille. Il est aussi recommandé de couper l'eau d'abreuvement pour une période limite de 24h (à appliquer seulement lorsque la température ambiante n'est pas excessive). Après le sevrage, les femelles se retrouvent sous une régie de tarissement pour une période additionnelle de 10 jours. Ainsi, le lendemain du sevrage, les brebis ont de nouveau accès à de l'eau et un foin de pauvre qualité est progressivement ajouté à la ration de paille et ce, pour une période de trois à cinq jours suivant le sevrage. Lorsque les pis sont bien résorbés et que la période de tarissement est complétée adéquatement, la

période de *flushing* alimentaire peut débuter. Cette période de *flushing* commence ainsi environ 10 jours après le sevrage (selon l'état d'engorgement des glandes mammaires) et se poursuit durant toute la période de la saillie ou jusqu'à ce que les femelles atteignent l'état de chair désiré, soit 3,0 à 3,5.



En préparation à la période d'accouplement, on recommande de tondre les brebis (si cette opération n'est pas effectuée en préparation à l'agnelage), de tailler les onglons et de faire les injections de vitamines A-D et de vitamine E-sélénium. La période d'accouplement débute 10 jours après le début de la période de *flushing*, ce qui correspond à 55 jours après le début des JC. Le jour de l'accouplement, il est recommandé de noter l'état de chair des femelles placées à la saillie. Notons que le calendrier photopériodique a été construit de façon à respecter un intervalle *post-partum* minimum de 60 jours.



En résumé, pour un groupe de femelles, le protocole lumineux AAC type CC4 est réalisé en tenant compte des principales 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'agnelages
- J235**
Fin approximative de la période d'agnelages
- 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.**

Puisque l'un des objectifs du calendrier AAC type CC4 est d'assurer un étalement de la production d'agneaux durant l'année, ce calendrier est appliqué sur plusieurs groupes de femelles dans le troupeau. Ainsi, dans le calendrier AAC type CC4, afin d'étaler la naissance des agneaux sur différents mois, quatre groupes de femelles sont soumises à ce régime lumineux. L'entreprise qui utilise ce

protocole lumineux doit donc diviser son troupeau en quatre groupes d'accouplement (A, B, C et D). Ces groupes de femelles sont tous exposés à la même séquence lumineuse, soit de quatre mois de JL suivis de quatre mois de JC. De manière à obtenir des saillies à différents moments de l'année, le traitement photopériodique est décalé entre les groupes. De cette façon, les périodes d'agnelages surviennent à intervalle d'environ un mois, ce qui permet de produire des agneaux de marché de façon régulière durant toute l'année.

Afin d'utiliser l'espace des bâtiments de façon optimale, les groupes sont régis par paire. En ce sens, lorsque les brebis du groupe A sont dans la section des JL, les brebis du groupe B se retrouvent dans la section des JC. Ces deux groupes changent de section à un moment fixe, soit à une même date. Les groupes C et D fonctionnent de la même manière, mais les dates de changement lumineux pour ces deux groupes sont légèrement décalées par rapport aux groupes A et B et ce, 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 est donc étroitement liée.

Afin d'optimiser la productivité des mâles, ces derniers sont soumis à un protocole lumineux



alternatif de deux mois de JL (16L:8N) et de deux mois de JC (8L:16N). Les béliers peuvent être logés dans les sections utilisées pour le traitement photopériodique des femelles à condition qu'ils soient placés dans des parquets éloignés des brebis. Durant la période de JL, les mâles sont au repos et ne font pas de saillies. Lors de leur transfert en JC, les béliers poursuivent cette période de repos en préparation à la saillie et ce, pour une durée de 25 jours. À la fin de cet intervalle, les béliers sont placés à la saillie avec les femelles pour une durée de 35 jours. Puisque quatre groupes de femelles sont utilisés dans le programme de base AAC type CC4 et que les périodes d'accouplement sont régulières, deux groupes de béliers sont formés. La création de ces groupes permet de donner un répit aux mâles qui sont fortement sollicités par ce programme de régulation. Les dates de changement lumineux des deux groupes de mâles sont liées de telle sorte que lorsque les béliers du groupe 1 sont en JC, les béliers du groupe 2 se retrouvent en JL. Les changements lumineux des deux groupes de mâles surviennent ainsi toujours au même moment, ce qui permet d'optimiser l'espace dans les bâtiments. Les béliers du groupe 1 sont généralement utilisés pour les saillies des groupes A et B, tandis que ceux du groupe 2 effectuent les accouplements des groupes C

et D. Lors de chaque changement lumineux, on recommande d'évaluer l'état de santé des béliers, leur état de chair, leur circonférence scrotale, en plus de porter une attention particulière à la santé de leur appareil reproducteur. Notons que la circonférence scrotale des béliers doit être adéquate (plus de 30 cm) et lors de la saillie, les béliers manquant de libido et ne présentant pas de signes d'activité de reproduction devraient être immédiatement remplacés.

On peut constater que lorsque ce calendrier a été créé, tous les paramètres de régulation essentiels à une bonne conduite d'élevage y ont été intégrés. Ainsi, le moment idéal du *flushing* alimentaire, de l'échographie, de la tonte, de la préparation à l'agnelage (vaccin, vitamines), du début de la période d'alimentation de transition vers l'agnelage, du début de la période de tarissement, de la préparation des béliers, ..., ont tous été intégrés au calendrier de base AAC type CC4. Ce calendrier repose donc sur un ensemble de paramètres intégrant conduite d'élevage, alimentation, reproduction et contrôle lumineux. La figure 13 de la page suivante présente un exemple de calendrier officiel du programme photopériodique AAC type CC4 pour béliers et pour brebis.



Figure 13. Visuel de production du calendrier de régie de base AAC type CC4
Calendrier de régie de base AAC type CC4

Régie des brebis

Gr.	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Mois 7	Mois 8	Mois 9
A ₁	Ec			A A A A A		Pt S Df	L L L L L		Ec
	Ep Rp		I SA			CC Pf		Ff	Ep Rp
	CC		CC	CC cc cc cc cc			CC		CC
					Pm*		Ib	Rb	
B ₃	A		Pt S Df	L L L L L		Ec		A A A A A	
			CC Pf		Ff	Ep Rp		I SA	
	cc		CC	CC		CC	CC	CC cc cc cc cc	
	Pm*		Ib	Rb					Pm
C ₂	L L L L L		Ec			A A A A A		Pt S Df	L L L
		Ff	Ep Rp		I SA			CC Pf	
	CC		CC		CC	CC cc cc cc cc			CC
	Ib	Rb					Pm		Ib
D ₄		A A A A A		Pt S Df	L L L L L		Ec		
	SA			CC Pf		Ff	Ep Rp		I SA
		CC cc cc cc cc			CC		CC	CC	CC
			Pm*		Ib	Rb			

Régie des BÉLIERS

Gr.	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Mois 7	Mois 8	Mois 9
1			L L L L L				L L L L L		
	Pm		Ib Rb		Pm		Ib Rb		Pm
			Gr.B Gr.B Gr.B Gr.B Gr.B				Gr.A Gr.A Gr.A Gr.A Gr.A		
2	L L L L L				L L L L L				L L L
	Ib Rb		Pm*		Ib Rb		Pm		Ib
	Gr.C Gr.C Gr.C Gr.C Gr.C				Gr.D Gr.D Gr.D Gr.D Gr.D				Gr.C Gr.C Gr.C



LÉGENDE

A : Agnelage

CC : Mesure d'état de chair

Df Début flushing

Ec : Échographie

Ep : Pose d'éponges (brebis non gestantes)

Ff : Fin du flushing

I: tonte, onglons, vaccin contre l'entérotoxémie, lymphadénite caséuse, vit. A-D-E-Se, état de chair

Ib Introduction des béliers

L: Lutte

Pf : Préparation des femelles (tonte, vitamines A-D-E-Se)

Pm* : Préparation mâles (tonte, onglons, vitamines A-D-E-Se, examen syst. reproducteur)

Pt: Préparation au tarissement

Rb : Retrait des béliers

Rp : Retrait éponge

S : Sevrage

SA : Suralimentation durant la gestation

→ : Indique le transfert des femelles non gestantes et éponnées dans un autre groupe pour la saillie

Code de couleur :

	Jours courts
	Jours longs
	Période de saillies
	Période d'agnelage



Tel qu'on peut le constater sur la figure précédente, ce calendrier ne débute pas à un moment précis. En effet, aucun mois ou date ne sont spécifiés pour démarrer le programme photopériodique AAC type CC4. Néanmoins, une entreprise souhaitant démarrer sous ce protocole lumineux doit le faire à un moment bien précis dans l'année. Ainsi, tout comme le programme de photopériode classique, il est préférable de débiter le AAC type CC4 à l'automne. D'une part, ceci permet de bénéficier des saillies naturelles pour tous les groupes placés à l'accouplement entre le mois de septembre et le mois de janvier (inclusivement). D'autre part, et tel que précédemment mentionné, il s'agit du meilleur moment pour préparer les groupes de femelles devant être saillies en contre-saison à la séquence alternative de JL et de JC. Ainsi, les dates de régie du calendrier photopériodique AAC type CC4 varient d'une entreprise à une autre, selon le stade physiologique des femelles et la réalité présente dans l'entreprise lors du démarrage du programme lumineux. Il s'avère donc impossible d'appliquer systématiquement un même calendrier d'une ferme à une autre puisque la réalité et la régie peuvent largement différer. L'important est seulement de s'assurer que les principes de base du calendrier sont respectés. Puisque le démarrage du calendrier n'est pas une chose simple et que les dates de régie du calendrier varient d'une entreprise à une autre, il est essentiel d'être appuyé par une personne expérimentée et de suivre à la lettre les étapes indiquées dans le document : « *Guide de*

démarrage et d'implantation des nouveaux programmes lumineux AAC type CC4 ».



3.2.3. Les principes de base du calendrier photopériodique AAC type CC4

Le calendrier AAC type CC4 repose sur plusieurs paramètres qui ont été déterminés dans la littérature et dont la plupart sont listés dans la section 2.1.1 de ce chapitre. Voici donc un rappel de ces principaux paramètres de base entourant l'application du protocole :

- Alternier, en continu, des périodes de quatre mois de JL (120 jours) et de quatre mois de JC (120 jours). Ces périodes, d'une durée suffisante pour favoriser l'atteinte de l'état réfractaire, permettraient de contrôler efficacement le rythme de reproduction endogène des brebis et d'induire l'activité sexuelle à différents moments dans l'année ;
- La mise au bélier, 55 jours après le début de l'exposition à une période de JC, permettrait d'optimiser les performances de fertilité chez les brebis ;



- 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), permettrait d'optimiser les performances reproductives des béliers et des brebis et ce, tant en saison qu'en contre-saison ;
- L'intégration de différents paramètres de conduite d'élevage au protocole de régie lumineuse, tels 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, permettrait de maintenir les performances de productivité de brebis soumises à un rythme de production accéléré de trois agnelages en deux ans ;
- Puisque les agnelles de remplacement doivent être intégrées adéquatement au protocole, un calendrier de régie spécifique a été établi pour ces dernières et doit être respecté à la lettre. Dans le programme de photopériode, les agnelles sont élevées en jours longs à partir de la naissance (calendriers CC4 ½) ou à partir du sevrage (CC4) pour une période minimale de 5 (CC4) à 6 mois (CC4 ½). On recommande de peser les agnelles au moins un mois avant le transfert en jours courts (prévu dans le calendrier) puis de peser à nouveau les agnelles le jour du transfert en jours courts. Ces pesées sont identifiées dans le calendrier de régie et dans les calendriers mensuels. Ces deux pesées nous permettent de calculer le

GMQ des agnelles (entre les 2 pesées) et nous permettent d'évaluer si les agnelles auront atteint au moins 2/3 du poids adulte lors de la saillie, qui surviendra 50 jours après le passage en jours courts.

- Le démarrage du calendrier doit être fait en automne pour améliorer les chances de succès d'implantation du protocole lumineux. Ceci doit être réalisé afin de bénéficier du comportement oestral naturel des femelles en saison sexuelle de reproduction (entre les mois de septembre à janvier inclusivement). Ce calendrier doit aussi débuter à l'automne afin d'exposer les femelles qui doivent être saillies en contre-saison à un traitement de JL au moment le plus propice à une bonne induction des chaleurs au printemps;
- Le calendrier photopériodique est personnalisé à chaque entreprise en fonction du stade physiologique des femelles et de la production annuelle du troupeau. Un protocole lumineux ne peut donc être appliqué efficacement d'une entreprise à une autre sans compromettre sérieusement les résultats de fertilité à court et à moyen termes.
- Afin d'appliquer le programme de photopériode AAC type CC4 dans une entreprise, le plan des bâtiments doit être établi au préalable. L'espace alloué pour les sections en JL doit représenter au moins 2/3 de l'espace total disponible (espace utile). En JL, on retrouve les brebis gestantes, les brebis en début de lactation (agnelage), un groupe de béliers au repos, les jeunes agnelles et les



agneaux à l'engraissement. En JC, on retrouve les femelles en fin de lactation (tarissement), les brebis à l'accouplement (début de gestation) et un groupe de béliers au repos.



exposés au programme lumineux alternatif de 2 mois de JL/JC. Les résultats du projet ont montré que le protocole photopériodique AAC Type CC4 permettait d'atteindre de très bons résultats de fertilité dans l'ensemble des groupes et ce, sur plusieurs mois différents (Cameron, 2006; Castonguay *et al.*, 2006b).

Le tableau 2 présente les performances obtenues dans les 4 groupes qui étaient soumis au programme de photopériode durant les 2 ans d'étude.

3.2.4. Les résultats obtenus lors d'un premier projet portant sur le calendrier photopériodique de base AAC type CC4

Ce nouveau programme photopériodique a fait l'objet d'un premier essai en conditions commerciales entre 2001 et 2003 à la ferme Bergerie des Amériques (Cameron, 2006). Les brebis utilisées pour ce projet étaient de race Arcott Rideau pur sang. Toutes les femelles (248 brebis) et tous les mâles de l'entreprise (12 béliers) furent monopolisés pour cette étude. Environ 200 femelles furent divisées en 4 groupes d'approximativement 50 brebis pour être ensuite exposées au programme lumineux AAC type CC4. Un groupe de près de 40 femelles fut laissé sous lumière naturelle pour toute la durée de l'expérimentation (groupe témoin). Les béliers furent également divisés en deux groupes et





Tableau 2. Performances zootechniques obtenues dans les groupes soumis au traitement lumineux AAC type CC4 dans un premier projet réalisé entre septembre 2001 et octobre 2003.

PARAMÈTRES	GROUPES			
	A	B	C	D
Nombre de femelles mises à l'accouplement	140	125	152	151
Période d'accouplements				
Cycle 1	Déc. – janv.	Août – sept.	Fév. – mars	Oct. – nov.
Cycle 2	Août – sept.	Avril – mai	Oct. – nov.	Juin – juil.
Cycle 3	Avril – mai	Déc. – janv.	Juin – juil.	Fév. – mars
Brebis venues en chaleur (%)	93,5	95,2	95,4	96,2
Période d'agnelages				
Cycle 1	Mai – juin	Janv. – fév.	Juil. – août	Mars – avril
Cycle 2	Janv. – fév.	Sept. – oct.	Mars – avril	Nov – déc.
Cycle 3	Sept. – oct.	Mai – juin	Nov. – déc.	Juil. – août
Fertilité à l'agnelage (%)	86,9	92,8	95,3	91,2
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2,54 ± 0,09	2,70 ± 0,10	2,84 ± 0,08	2,81 ± 0,09
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3,4 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,6 ± 0,1	3,5 ± 0,2
Poids de la portée à la naissance (kg)	8,1 ± 0,3	8,9 ± 0,3	8,8 ± 0,2	8,1 ± 0,4
Intervalle mise au bélier - saillie fécondante (jours)	11,2 ± 1,0	11,4 ± 1,0	7,7 ± 0,9	7,7 ± 0,9
État de chair moyen	2,6 ± 0,1	2,9 ± 0,1	2,3 ± 0,1	2,9 ± 0,1
État de chair à la saillie	2,4 ± 0,1	2,7 ± 0,1	2,6 ± 0,1	2,9 ± 0,1
État de chair à l'échographie	2,9 ± 0,1	3,2 ± 0,1	2,9 ± 0,1	3,1 ± 0,1
État de chair 5 semaines avant mise bas	2,9 ± 0,1	3,2 ± 0,1	2,9 ± 0,1	3,1 ± 0,1
État de chair à l'agnelage	3,0 ± 0,1	3,0 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,9 ± 0,1
État de chair au sevrage	1,8 ± 0,1	2,4 ± 0,1	1,5 ± 0,1	2,5 ± 0,1
Taux de réforme des brebis (%)	4,3	8,8	6,6	7,9



Dans ce projet, au total 568 agnelages ont été évalués sur la durée de l'étude. Chaque groupe fut placé à l'accouplement au moins une fois en contre-saison et les performances zootechniques furent évaluées sur 3 cycles de production complets. Globalement, le pourcentage de brebis venues en chaleur dans les différentes périodes d'accouplement a été élevé dans tous les groupes à l'étude, soit toujours supérieur à 90%. Le traitement lumineux semblait ainsi permettre d'induire efficacement le comportement oestral chez les femelles. Cette donnée fut par ailleurs confirmée par les excellents taux de fertilité obtenus... 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 %. Seul le groupe A afficha une baisse significative de la fertilité (70,6%) à la saillie des mois d'août-septembre de l'année 2002. Cette performance de reproduction était bien en-dessous des taux de fertilité observés dans les autres groupes. En effet, pour tous les autres groupes, la fertilité ne fut jamais inférieure à 88% et ce, peu importe le moment de l'année. Alors pourquoi une baisse pour le groupe A? Dans ce groupe, les auteurs avaient noté que plusieurs brebis non gestantes à l'échographie de gestation (10 femelles/12) présentaient des traces évidentes de craies de harnais marqueurs laissées par les béliers, signes confirmant la venue en chaleur de ces brebis.

Cette observation avait ainsi suggéré que le programme lumineux était efficace pour induire l'activité de reproduction, mais qu'un facteur avait contribué négativement à la fécondation ou au maintien de la gestation. Ainsi, pour ce cas précis, la chaude température estivale fut pointée du doigt. En effet, les températures élevées enregistrées lors de cette période de saillies (plus de 5 jours où la température avoisinait 30°C et plus, maximum de 33,3°C) pouvaient expliquer la diminution de la fertilité de ce groupe de femelles accouplées durant la saison estivale. Notons que dans la littérature, plusieurs auteurs ont souligné que des températures élevées diminuent la survie embryonnaire chez les brebis, réduisent la libido des béliers, affectent négativement la quantité de semence produite, ainsi que la qualité et la capacité fécondante des spermatozoïdes chez les mâles. Cet aspect démontre toute l'importance d'un bon contrôle des conditions ambiantes dans les bâtiments d'élevage, particulièrement en saison estivale. Il est donc essentiel de contrôler adéquatement la ventilation dans les bergeries en été afin d'obtenir les résultats souhaités. Il est désormais évident que des températures non contrôlées et excessives peuvent occasionner des baisses de fertilité importantes.

Globalement, les auteurs avaient souligné que ce protocole lumineux ne semblait pas avoir influencé le taux de prolificité des brebis, de



même que le poids des agneaux et le poids de la portée à la naissance. Notons toutefois que ces fortes prolificités reflétaient simplement les performances moyennes de la race Arcott Rideau (une race prolifique) et n'étaient pas dues au programme photopériodique. Notons également que le protocole lumineux AAC type CC4 eut très peu d'effet sur le poids des agneaux et sur le poids de la portée au sevrage.



Par ailleurs, les auteurs observèrent des variations de l'état de chair durant ce projet. Néanmoins, ces variations n'affectèrent pas négativement les performances des brebis. De plus, notons que les états de chair moyens étaient toujours près de 3,0, ce qui assurerait une condition de chair acceptable pour soutenir les performances de reproduction. La forte prolificité des brebis avait certainement

pu contribuer aux baisses d'état de chair mesurées entre les différents cycles de reproduction. Ce point met en évidence qu'un rythme d'agnelages accéléré est très exigeant pour les animaux et nécessite un suivi rigoureux de l'alimentation et ce, avec ou sans programme photopériodique. Notons que la fertilité des femelles peut être affectée négativement lorsque l'état corporel est inférieur à une cote de 2,0 lors de la mise au bélier. Il faut donc s'assurer que les entreprises qui appliquent ce type de programme lumineux sont très rigoureuses du point de vue de l'alimentation de leur cheptel!

Un point intéressant... l'intervalle entre la mise au bélier et la saillie fécondante. Il s'agit d'un paramètre souvent mis de côté en élevage ovin... Et pourtant, ce paramètre joue un rôle primordial sur l'intervalle entre les agnelages et sur la productivité globale d'un troupeau! Un programme de désaisonnement efficace doit permettre de réduire l'intervalle entre la mise au bélier et la saillie fécondante. Et c'est ce qui a été observé avec le programme lumineux AAC type CC4. Durant ce projet, l'intervalle entre la mise au bélier et la saillie fécondante fut très court dans l'ensemble des groupes. En effet, l'intervalle moyen fut de $9,4 \pm 0,5$ jours pour tous les groupes de femelles, ce qui correspond à $64,4 \pm 0,5$ jours après le début des JC. Notons que la majorité des brebis (83,1 %) furent fécondées dans les 17 premiers jours suivant l'introduction du bélier, ce qui correspond au premier cycle de



reproduction. Par la suite, 7,6% des femelles furent accouplées entre les jours 18 à 25 suivant l'introduction des mâles (ce qui correspond généralement à la période d'accouplements induite par un effet bélier). Finalement 9,3% des brebis furent saillies dans les 10 derniers jours de la période d'accouplements. Cette observation suggérait que les brebis étaient déjà cycliques lors de la mise en accouplement et que le programme de photopériode AAC type CC4 était suffisant, à lui seul, pour induire l'activité de reproduction chez les femelles. Dans cette étude, l'effet bélier ne semblait ainsi pas avoir joué un grand rôle dans la synchronisation de l'activité sexuelle des brebis, ce qui démontrait l'efficacité de cette technique pour induire l'activité de reproduction en contre-saison. Les auteurs avaient donc déterminé qu'une alternance de quatre mois de JC et de quatre mois de JL permettait d'induire la cyclicité chez les femelles après environ 60 jours d'exposition aux JC. Afin de confirmer cette observation, des prélèvements sanguins furent réalisés sur des groupes de femelles. Lors de ces prélèvements, les chercheurs dosaient le niveau de progestérone plasmatique, une hormone indiquant si les femelles présentaient une activité ovulatoire. L'objectif de ces prélèvements était de déterminer à partir de quel moment les femelles initiaient leur activité sexuelle suite au passage en JC. Les mesures de progestérone confirmèrent 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 $59,2 \pm 4,2$ jours après le début des JC (Figure 14). Les premières femelles commençaient à démontrer des signes de cyclicité sexuelle 51 jours après l'entrée en JC. Dans la littérature, il avait 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. Cette observation indiqua que même si les femelles étaient exposées à des séquences un peu plus longues, soit de 4 mois de JC et de JL, elles débutaient leur activité ovulatoire dans un laps de temps similaire à des femelles exposées à des cycles alternatifs plus courts (3 mois de JL/JC). Une autre nouvelle découverte... Dans ce projet, l'analyse du moment des saillies fécondantes révéla 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 favorise certainement l'obtention de bons taux de fertilité et ce, peu importe le moment de l'année. Finalement, soulevons que le programme photopériodique



AAC type CC4 avait l'avantage de synchroniser efficacement le système reproductif des brebis et de favoriser le regroupement des accouplements dans les jours suivant l'introduction des mâles.



Finalement, les auteurs notèrent un taux de réforme normal durant ce projet. Mentionnons que le taux de remplacement des femelles fut 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. Ainsi, sur une période de deux ans, le programme lumineux n'avait pas accentué le taux de réforme annuel.

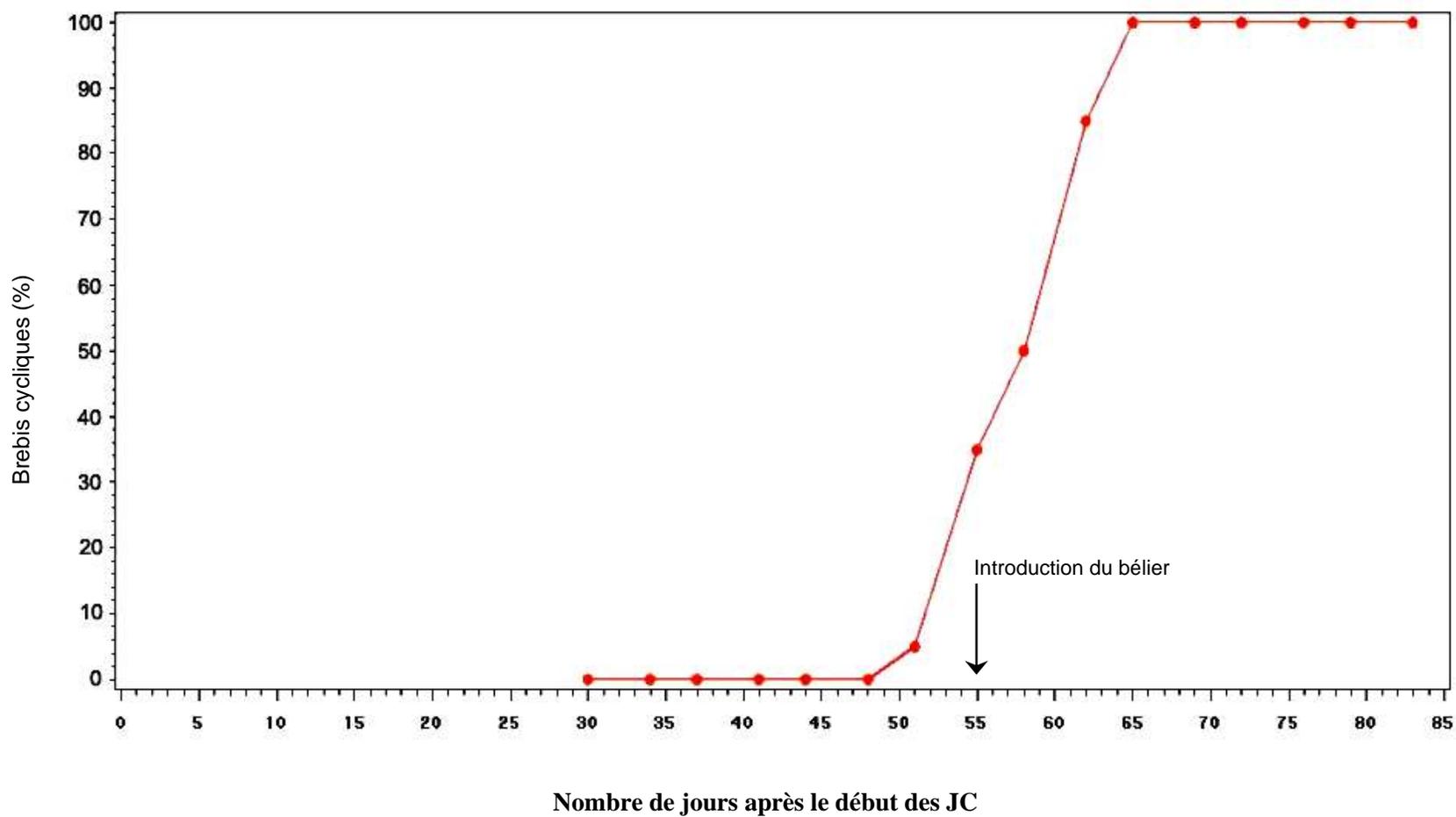


Figure 14. Pourcentage de brebis démontrant une activité ovulatoire après le début des JC dans le programme AAC type CC4.



Afin d'évaluer si le programme lumineux était réellement efficace pour induire l'activité de reproduction chez les femelles, un groupe témoin exposé à la lumière naturelle avait été soumis à une conduite d'élevage similaire. Ces femelles étaient élevées selon un système de production couramment utilisé par les éleveurs ovins québécois (utilisation de l'éponge vaginale pour les accouplements en contre-saison). Afin de faire ces comparaisons,

un des groupes sous photopériode était toujours accouplé au même moment que le groupe de brebis exposées à la lumière naturelle. Le tableau 3 présente les performances de fertilité de ces deux groupes. Afin d'évaluer les performances de productivité obtenues selon la saison d'accouplements, les performances de saillies réalisées en saison et en contre-saison ont été comparées entre les deux groupes.

Tableau 3. Performances reproductives des brebis du groupe témoin et du groupe D (exposé au programme photopériodique AAC type CC4) selon la période de la saillie.

	CONTRE - SAISON		SAISON	
	Groupe D	Témoin	Groupe D	Témoin
Brebis venues en chaleur	94,9	94,9	98,1	100,0
Fertilité à l'agnelage (%)	91,1 ^a	76,3 ^b	91,2	97,2
Nombre d'agneaux nés/agnelage	2,73 ± 0,09	2,31 ± 0,13	2,71 ± 0,13	2,14 ± 0,14
Poids des agneaux à la naissance (kg)	3,3 ± 0,1	4,0 ± 0,1	3,3 ± 0,1	3,9 ± 0,2
Poids de la portée à la naissance (kg)	7,7 ± 0,4	7,1 ± 0,4	7,7 ± 0,4	8,4 ± 0,5
Intervalle mise au bélier - saillie fécondante	6,4 ± 0,6	2,5 ± 0,8	10,3 ± 1,9	10,1 ± 2,4
État de chair moyen	3,0 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,9 ± 0,3	2,7 ± 0,4
Taux de réforme des brebis (%)	6,5	8,3	10,3	5,6

Chaque valeur représente la moyenne ± l'erreur standard.

Lors de ce projet, le pourcentage de brebis venues en chaleur fut similaire entre le groupe D et le groupe témoin et ce, peu importe le moment de l'année. Notons que le groupe témoin recevait un traitement hormonal en contre-saison. Aucune différence de fertilité ne fut observée entre le groupe D et le groupe témoin durant la saison sexuelle naturelle de reproduction. Cependant, en contre-saison, le

programme photopériodique avait permis d'obtenir un taux de fertilité significativement supérieur chez les femelles exposées au régime lumineux AAC type CC4 (91,1% vs 76,3%). Il faut toutefois noter que le taux de fertilité du groupe témoin avait été très bon pour des accouplements réalisés durant cette période de l'année. La race Rideau n'étant pas reconnue pour être très désaisonnée, les



auteurs avaient mentionné que la préparation photopériodique des béliers pouvait expliquer ces bons résultats. Rappelons-nous que des recherches avaient démontré que l'utilisation de mâles traités par un régime lumineux alternatif de JL/JC au printemps pouvaient améliorer significativement la fertilité des femelles accouplées en contre-saison. Ainsi, dans cette étude, les auteurs avaient émis 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.

Finalement, les résultats de fertilité et de prolificité obtenus dans cette étude démontrèrent l'efficacité du traitement lumineux de quatre mois de JL et de quatre mois de JC, en alternance continue, pour contrôler avec succès 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 ont été ciblés comme étant des éléments clés permettant d'obtenir ces résultats encore jamais atteints avec un programme photopériodique alternatif en continu. De plus, les données sur le taux de réforme et le suivi des états de chair démontrèrent que les brebis étaient aptes à suivre ce type de programme photopériodique en production accélérée. Les auteurs conclurent finalement que 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.

3.2.5. Les variantes du programme photopériodique AAC type CC4

Afin de s'assurer que les résultats obtenus lors de ce premier projet de recherche pouvaient se répéter dans d'autres environnements (races ou croisements différents, niveaux d'alimentation, bâtiments, ...), le programme lumineux AAC type CC4 fut l'objet d'un second projet de recherche, mais cette fois à plus large échelle. Ce projet fut réalisé par l'équipe du chercheur François Castonguay (AAC), en collaboration avec le CEPOQ et grâce au financement du CDAQ. Dans ce deuxième projet, le nouveau programme lumineux fut implanté au sein de sept entreprises ovines de différentes régions du Québec. Ces entreprises furent suivies sur une période de deux années consécutives. L'efficacité du système de photopériode a ainsi été évaluée à l'intérieur de différents environnements, sous différentes alimentations, avec différentes façons de faire, mais surtout avec une panoplie de races et croisements différents. Ceci apportait des notions d'analyses supplémentaires pour présenter ce projet aux producteurs ovins du Québec. Alors que le premier projet comptait uniquement



des femelles de race Arcott Rideau (une race non désaisonnée), ce projet comptait des femelles de génotype naturellement désaisonné (Dorset, ½ sang Romanov), des femelles de races un peu moins désaisonnées (croisées Polypay) et des races non

désaisonnées (Suffolk, Arcott Rideau, Arcott Canadien et North Country Cheviot). Le tableau 4 présente les différents troupeaux ayant participé à ce projet, leur localisation, la taille de ces entreprises ainsi que la composition principale de leur cheptel.

Tableau 4. Entreprises ayant participé au projet sur l'évaluation du programme photopériodique AAC Type CC4

Entreprises	Propriétaires	Localisation	Nb. brebis	Génotype des brebis ^x
Ferme Germanie	Michel Thibodeau, Mireille Lemelin	Princeville	800	CD, DP, ½RV½CD
Ferme Amki	Garry et Barbara Jack	Valcartier	475	RI
Bergerie de la Neigette	Aubert Lavoie	Mont-Lebel	400	Croisées PO
Ferme Agnomont	Jean-Pierre Couture	Beaumont	250	SU, croisées RV et SU
Ferme Robert Girard	Robert Girard, Sophie Bédard	St-Césaire	180	SU, DP et NCC
Bergerie de La Chouette	Michel Reid, Nancy Bergeron	Maskinongé	170	DP, ½FL½DP
Ferme Rido	Sonia Rioux, Luc-Martin DeRoy	La Pocatière	130	RI

^x SU : Suffolk, DP : Dorset, FL : Finnois, CD : Arcott Canadien, RV : Romanov, PO : Polypay, RI : Arcott Rideau.



Lors des premières rencontres avec les producteurs, il est apparu évident que le protocole de base AAC type CC4 devait être adapté afin de répondre à certaines contraintes et ainsi mieux cadrer avec les besoins des éleveurs et les différents types de bâtiments, races et régies retrouvés au sein des entreprises. Ces modifications au protocole de base ont touché différents aspects, soit la volonté de ralentir le rythme de production des brebis afin de leur permettre de mieux récupérer entre chaque agnelage, ainsi qu'une certaine réticence à transférer les agneaux avec les mères en JC (en raison d'un manque d'espace en bâtiment chaud isolé ou face à la difficulté de manipuler de si jeunes agneaux). Ces contraintes ont donc été considérées et ont permis de créer un nouveau calendrier, dont la production est un peu moins intensive que celle visée dans le programme de photopériode AAC type CC4. Ainsi, le calendrier de régie a été « étiré » de sorte que les agnelages (cycles de production) aient lieu tous les 9 mois (type CC4½) plutôt qu'aux 8 mois (type CC4) tel qu'initialement prévu (135 jours de JL et de JC plutôt que 120 jours). En plus de permettre une meilleure reprise de la condition de chair entre chaque agnelage chez les éleveurs de races plus prolifiques, cette façon de faire réduit et facilite les déplacements d'animaux dans des bâtiments moins bien adaptés (sevrage des agneaux en JL et déménagement des brebis seules). En effet, avec cet intervalle, les

interventions (sevrage et transfert des brebis en JC) sont effectuées au même moment.

Parmi les autres contraintes : la taille des groupes. Quelques producteurs préféraient avoir des groupes de brebis plus nombreux avec des mises bas plus espacées dans le temps, soit un laps de temps plus important entre les périodes d'agnelages et ce, afin d'avoir une meilleure qualité de vie. D'autres producteurs préféraient de plus petits groupes mais agnelant plus fréquemment. Cette contrainte était donc criante, particulièrement dans les troupeaux dont la taille dépassait 500 femelles. Dans ces élevages, la division du cheptel en 4 groupes de femelles occasionnait des cohortes de mise bas beaucoup trop importantes. Le nombre de femelles présentes dans ces groupes devenait limitant au niveau du nombre de places disponibles dans les sections de mise bas et, subséquemment, de l'espace disponible pour élever tous ces agneaux sevrés au même moment. Ainsi, pour ces troupeaux, il était préférable de diviser le troupeau en 6 groupes plutôt que 4. Les troupeaux participants ont donc été divisés en 3, 4 ou 6 groupes d'accouplement et ce, selon les objectifs des producteurs et les contraintes présentes au sein de chaque entreprise.

Autre contrainte importante : le nombre d'heures d'éclairage par jour. Dans le calendrier de base AAC type CC4, la durée



recommandée pour les JL était de 16 h par jour alors qu'en JC, on recommandait 8 heures d'éclairage par jour. Or, pour les entreprises de grande taille comme pour les producteurs travaillant à l'extérieur de l'entreprise, la courte période d'éclairage en JC compliquait fortement l'application « logique » du protocole de régulation au sein de l'entreprise. Puisque la littérature avait démontré qu'il était possible d'étaler ces périodes d'éclairage tout en s'assurant de conserver un écart suffisant entre les périodes de JL et de JC, la durée de la période d'éclairage journalier fut ajustée en fonction des horaires de chaque producteur. Cette modification facilita grandement le travail de ces derniers et fut très appréciée par ceux-ci. Le tableau 5 présente les différents protocoles lumineux qui ont été mis à l'essai dans cette seconde étude.

Finalement, puisque de nombreuses variantes apparaissaient pour le régime lumineux AAC type CC4, le traitement photopériodique appliqué pour les béliers dû être adapté aux particularités de chaque protocole. Cette modification fut effectuée en s'assurant que les principes de base d'alternance photopériodique étaient respectés (moins de 3 mois de durée lumineuse constante entre les JL et les JC) et ce, pour s'assurer du maintien de l'activité sexuelle chez les mâles. Le traitement photopériodique alternatif continu pour les mâles variait donc de 45 à 60 jours de JC et JL. Les protocoles appliqués chez ceux-ci variaient donc en fonction de l'intervalle entre les accouplements des différents groupes de brebis.





Tableau 5. Types de calendrier photopériodique utilisés dans chaque entreprise dans le cadre du projet sur l'évaluation du protocole photopériodique AAC Type CC4

Entreprises	Cycle de reproduction (mois)	Durée des JL/JC (mois)	Nb. Brebis	Nb. de groupes de saillie	Durée du jour en JL (h)	Durée du jour en JC (h)	Type de calendrier AAC ¹⁹
Ferme Germanie	8	4	800	6	17	9	C4C6
Ferme Amki	9	4 ½	475	3	16	8	C4½ C3
Bergerie de la Neigette	9	4 ½	400	6	17	9	C4½C6
Ferme Agnomont	8	4	250	4	16	8	CC4
Ferme Robert Girard	9	4 ½	180	4	18	10	C4½C4
Bergerie de La Chouette	8	4	170	4	16	8	CC4
Ferme Rido	8	4	130	4	16	8	CC4

Source : Castonguay *et al.*, 2006. Rapport final du projet photopériode.



¹⁹ Le nom du calendrier dépend de la durée des JL et des JC (variant selon l'intervalle choisi entre les agnelages, soit de 4 mois ½ pour un intervalle d'agnelages à tous les 9 mois ou de 4 mois pour viser un système d'agnelages accéléré de 3 agnelages en 2 ans ou 1 agnelage/8mois). C'est ce qui distingue un calendrier C4 d'un C4 ½. Puis, le nombre de groupes donne le détail final au nom du calendrier. Ainsi, si un troupeau a 6 groupes et vise un agnelage à tous les 9 mois, alors le calendrier devient un AAC type C4½ C6. Dès que le protocole de base est appliqué, on parle d'un calendrier AAC type CC4 (4 mois de JL et de JC, 4 groupes de femelles).



Ce projet a donc permis de constater qu'il était possible d'adapter le protocole de photopériode AAC type CC4 à différentes situations, mais à condition de suivre certains principes de base. Ainsi, il est impératif de respecter l'alternance entre les périodes de JL et de JC qui devaient être d'une durée appropriée pour synchroniser adéquatement le rythme de reproduction endogène tout en

maintenant le contrôle de l'activité de reproduction des femelles. Notons aussi que tous les paramètres de régie d'élevage ont été maintenus au sein de ces différentes variantes du protocole AAC type CC4. Les pages suivantes présentent les différentes variantes du protocole AAC type CC4 ainsi que les paramètres de régie qui y sont associés.

Calendrier AAC type CC4 (base) : 4 MOIS ET 4 GROUPES

- Durée des jours courts (brebis) : 120 jours
- Durée des jours longs (brebis) : 120 jours
- Durée des jours courts (béliers) : 60 jours
- Durée des jours longs (béliers) : 60 jours
- Durée de la période d'accouplements : 35 jours
- Échographies : 75 jours après la mise aux béliers (40 jours après le retrait)
- Durée moyenne de la lactation : 57 jours (de 40 à 75)
- Intervalle agnelage – remise en reproduction (moyenne) : 80 jours (de 60 à 95)
- Intervalle début des jours courts – mise aux béliers (brebis) : 55 jours
- Ratio bélier:brebis (photopériode) : 1 : 15 – 20
- Ratio bélier : brebis (éponges - brebis non gestantes) : 1 : 6 – 8
- Intervalle entre chaque mise au bélier : 60 jours
- Intervalle entre chaque retrait de bélier et chaque nouvelle mise au bélier : 25 jours
- Durée de la période de mise bas théorique : 35 jours
- Intervalle entre chaque fin de période de mise bas et le début des prochaines mise bas : 25 jours

Calendrier AAC type C4C6 : 4 MOIS ET 6 GROUPES

- Durée des jours courts (brebis) : 120 jours
- Durée des jours longs (brebis) : 120 jours
- Durée des jours courts (béliers) : 35 jours
- Durée des jours longs (béliers) : 45 jours
- Durée de la période d'accouplements : 35 jours
- Échographies : 75 jours après la mise aux béliers (40 jours après le retrait)
- Durée moyenne de la lactation : 57 jours (de 40 à 75)
- Intervalle agnelage – remise en reproduction (moyenne) : 80 jours (de 60 à 95)
- Intervalle début des jours courts – mise aux béliers (brebis) : 55 jours
- Ratio bélier:brebis (photopériode) : 1 : 15 – 20
- Ratio bélier : brebis (éponges) : 1 : 6 – 8
- Intervalle entre chaque mise au bélier : 40 jours
- Intervalle entre chaque retrait de bélier et chaque nouvelle mise au bélier : 5 jours
- Durée de la période de mise bas théorique : 35 jours
- Intervalle entre chaque fin de période de mise bas et le début des prochaines mise bas : 5 jours



Calendrier AAC type C4^{1/2} C4 : 4 MOIS 1/2 ET 4 GROUPES

- Durée des jours courts (brebis) : 135 jours
- Durée des jours longs (brebis) : 135 jours
- Durée des jours courts (béliers) : 68 jours
- Durée des jours longs (béliers) : 68 jours
- Durée de la période d'accouplements : 35 jours
- Échographies : 80 jours après la mise aux béliers (45 jours après le retrait)
- Durée moyenne de la lactation : 58 jours (de 40 à 75)
- Intervalle agnelage – remise en reproduction (moyenne) : 107 jours (de 90 à 125)
- Intervalle début des jours courts – mise aux béliers (brebis) : 50 jours
- Ratio bélier:brebis (photopériode) : 1 : 15 – 20
- Ratio bélier :brebis (éponges) : 1 : 6 - 8
- **Intervalle entre chaque mise au bélier : 68 jours**
- Intervalle entre chaque retrait de bélier et chaque nouvelle mise au bélier : 33 jours
- **Intervalle entre chaque période de mise bas : 68 jours**
- Durée de la période de mise bas théorique : 35 jours
- Intervalle entre chaque fin de période de mise bas et le début des prochaines mise bas : 33 jours

Calendrier AAC type C4^{1/2}C6 : 4 MOIS 1/2 ET 6 GROUPES

- Durée des jours courts (brebis) : 135 jours
- Durée des jours longs (brebis) : 135 jours
- Durée des jours courts (béliers) : 45 jours
- Durée des jours longs (béliers) : 45 jours
- Durée de la période d'accouplements : 35 jours
- Échographies : 80 jours après la mise aux béliers (45 jours après le retrait)
- Durée moyenne de la lactation : 58 jours (de 40 à 75)
- Intervalle agnelage – remise en reproduction (moyenne) : 107 jours (de 90 à 125)
- Intervalle début des jours courts – mise aux béliers (brebis) : 50 jours
- Ratio bélier:brebis (photopériode) : 1 : 15 – 20
- Ratio bélier :brebis (éponge) : 1 : 6 - 9
- **Intervalle entre chaque mise au bélier : 45 jours**
- Intervalle entre chaque retrait de bélier et chaque nouvelle mise au bélier : 10 jours
- **Intervalle entre chaque période de mise bas : 45 jours**
- Durée de la période de mise bas théorique : 35 jours
- Intervalle entre chaque fin de période de mise bas et le début des prochaines mise bas : 10 jours

3.2.6. Résultats attendus et obtenus par la recherche (recherche effectuée sur les variantes du protocole AAC type CC4)

Cette étude, à plus large échelle, a sans aucun doute confirmé les résultats obtenus durant le premier projet réalisé entre 2001 et 2006. Ainsi, la fertilité moyenne des femelles

soumises aux programmes photopériodiques (CC4 et CC4^{1/2}) s'est établit à 88% (Tableau 6). Ceci démontre bien que ces deux protocoles sont efficaces pour induire l'activité sexuelle chez les ovins et ce, à longueur d'année. Puisque ce projet avait lieu en conditions de terrain, des agnelles étaient aussi intégrées à la conduite d'élevage sous photopériode.



Ainsi, chez les agnelles, la fertilité moyenne était d'environ 80% alors que ce taux était plus près de 90% chez les femelles adultes. Lors du premier projet, un groupe d'agnelles avait été soumis au programme lumineux AAC type CC4 en contre-saison. Ces femelles avaient

affiché un taux de fertilité de 92,3%. Néanmoins, seulement 13 agnelles Rideau avaient permis d'établir cette moyenne. Il est donc prudent de croire qu'un taux avoisinant 80% de fertilité est plus réalisable dans ce type de programme lumineux.

Tableau 6. Fertilité des femelles soumises aux différentes variantes du programme photopériodique AAC Type CC4 et CC4½ chez les 7 entreprises

	FERME 1	FERME 2	FERME 3	FERME 4	FERME 5	FERME 6	FERME 7	TOTAL ^y
Femelles mises en accouplement	1572	847	1066	543	363	371	151	4913
Brebis	1347	706	892	504	303	330	141	4223
Agnelles	225	141	174	39	60	41	10	690
Fertilité^x (%)	91,1	90,1	91,4	83,8	86,0	73,3	89,4	88,4
Brebis	92,9	92,4	92,5	84,9	87,1	75,5	89,4	89,9
Agnelles	80,4	78,7	85,6	69,2	80,0	56,1	90,0	79,4

^x Fertilité des femelles (brebis et agnelles) ayant reçu la bonne photopériode (sans éponge) : résultats de fertilité à l'agnelage (brebis agnelées/brebis présentes au moment de l'agnelage).

Notons que les auteurs ont soulevé des variations importantes de productivité entre les entreprises et entre les différents groupes d'accouplement au sein de ces entreprises. À ce sujet, rappelons que ce projet était réalisé en conditions de terrain sur une période prolongée. Il s'avérait ainsi difficile de contrôler parfaitement tous les facteurs pouvant affecter la fertilité. Ainsi, un mauvais contrôle des conditions ambiantes durant la saison estivale et un suivi inadéquat du protocole de photopériode par certains producteurs a amené certains ratés dans les performances de fertilité. Notons que les résultats de fertilité se sont avérés souvent inférieurs pendant les

saillies des mois d'été et ce, particulièrement en 2005. Ceci ne permettait toutefois pas de conclure que les résultats de fertilité obtenus en contre-saison étaient inférieurs à ceux obtenus durant la saison naturelle de reproduction (soit entre les mois de septembre à février). Les baisses de fertilité observées en été semblaient plutôt liées à la hausse des températures durant la saison estivale. En effet, les moins bons résultats étaient observés dans les fermes où les conditions ambiantes étaient les moins favorables dans les bâtiments en JC. Ceci démontrait, tout comme dans le premier projet, l'importance d'avoir des sections en JC bien ventilées et permettant



d'assurer un certain niveau de confort pour les animaux à l'accouplement. Des écarts face au protocole furent observés au sein de deux entreprises. Ces écarts causèrent des baisses immédiates de fertilité durant les mois suivant la mauvaise régie. Ainsi, les producteurs étaient à même de constater ces erreurs et de corriger rapidement la situation afin de ne pas les répéter... Cet aspect démontrait qu'il était essentiel de respecter le cadre relativement strict de ce nouveau type de protocole lumineux.

Globalement, si on considère le programme photopériodique complet, les systèmes de production CC4 et CC4½ ont permis d'obtenir des résultats de fertilité annuelle de près de

85% (Tableau 7). Ce taux de fertilité inclut toutes les données compilées dans les troupeaux à l'étude. Ainsi, cette donnée cumule l'ensemble des performances obtenues chez les femelles gestantes suite à une exposition complète au protocole lumineux et celles des femelles non gestantes et épongées dans le cadre de ce type de programme de régie (femelles en photopériode et épongées incluses). Notons que pour les femelles épongées, parce que non gestantes suite à la saillie réalisée sous le programme photopériodique, les résultats de fertilité ont été décevants (environ 50%), ce qui correspond aux performances souvent obtenues avec les traitements hormonaux.

Tableau 7. Productivité globale des femelles soumises au système de production AAC Type CC4 et CC4½ chez les 7 entreprises

	FERME 1	FERME 2	FERME 3	FERME 4	FERME 5	FERME 6	FERME 7	TOTAL
Rythme de production visé (agnelages/brebis/année)	1,5	1,43	1,35	1,5	1,5	1,45	1,5	1,46
Femelles mises en accouplement ^x	1734	922	1124	628	393	485	159	5445
Fertilité totale^y (%)	88,4	86,9	89,1	77,9	83,0	67,6	86,8	84,8
Agnelages/brebis/année	1,33	1,24	1,20	1,17	1,24	0,98	1,30	1,24
Agneaux nés/agnelage	2,0	1,7	2,5	2,0	2,4	1,7	1,9	2,1
Agneaux nés/brebis/année	2,6	2,1	3,1	2,3	2,9	1,7	2,5	2,6

^x Femelles mises en accouplement en excluant les femelles mortes ou disparues en cours de cycle.

^y Fertilité de toutes les femelles (brebis et agnelles), incluant la fertilité des femelles synchronisées à l'éponge.



Les différents protocoles utilisés dans cette étude permettaient de viser différents rythmes d'agnelages. Ainsi, notons qu'un calendrier de type CC4 permet de viser un rythme d'agnelages de 1,5 agnelages/brebis/année alors qu'un calendrier de type CC4 ½ vise un rythme moins intensif de 1,35 agnelages/brebis/année. Néanmoins, en raison des contraintes précédemment énumérées, deux entreprises modifièrent leur régie d'élevage pour appliquer des protocoles moins intensifs et ce, en cours de projet. Dans ces deux entreprises, le rythme d'agnelages moyen (sur les deux années du projet) a donc été estimé à 1,43 et 1,45. Cet ajustement permis d'atteindre le rythme de production visé par ces producteurs. En tenant compte de la fertilité réelle des troupeaux, les différentes variantes du programme photopériodique AAC type CC4 ont permis de générer une productivité élevée au sein des différentes entreprises, soit de 1,24 agnelages/brebis/année. À ce rythme de production, ces entreprises ont produit un nombre élevé d'agneaux sur une base annuelle.

En effet, la productivité moyenne fut de 2,6 agneaux nés/brebis/année. Ce nombre est d'autant plus impressionnant lorsqu'on le compare à la productivité moyenne des troupeaux québécois qui était seulement de 1,81 agneaux nés/brebis/année en 2002 (avec

1,0 agnelage/brebis/année - Tremblay, 2002²⁰).

Afin de déterminer si les différentes variantes du protocole lumineux AAC type CC4 étaient efficaces pour induire l'activité de reproduction en saison et en contre-saison, la répartition des saillies fécondantes fut analysée dans les fermes ayant suivi à la lettre les paramètres indiqués dans le calendrier. Ces données permirent de déterminer que dans les 25 premiers jours suivant le début de la période d'accouplements, 95,5% des femelles étaient saillies (moyenne de 12,9 jours – voir figure 15). Ceci démontrait l'excellente induction des chaleurs par les différentes variantes du programme de photopériode AAC type CC4 et ce, au sein de différentes entreprises.



²⁰ Tremblay, M.-È. 2002. Analyse de groupe provinciale - Production ovine 2002. FPAMQ et FGCAQ, 36 pp.

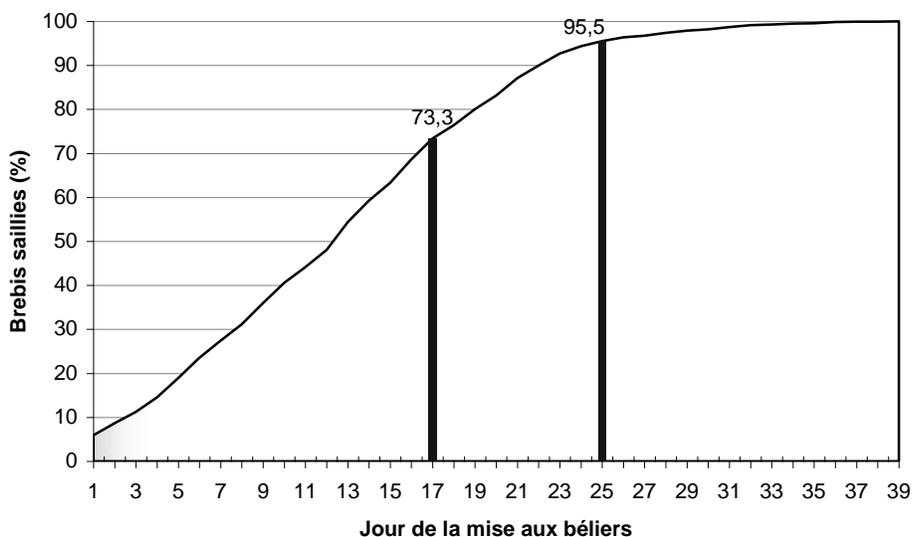


Figure 15. Fréquence cumulative de la répartition des saillies pendant la période d'accouplement (Jour 1 = mise aux béliers)

Dans ce projet, notons que 73,3% des brebis ont été saillies durant les 17 premiers jours de la période d'accouplements. Cette donnée était relativement similaire à celle obtenue dans le premier projet (83,1% des femelles saillies dans les 17 premiers jours suivant l'introduction des béliers). De nouveau, ceci suggérait que la majorité des femelles avaient déjà amorcé leur cycle de reproduction au moment de la mise aux béliers. Notons que la répartition des saillies fécondantes fut similaire pour les accouplements réalisés pendant les mois de la saison sexuelle naturelle (mi-août à mi-février; 12,1 jours) et ceux faits en contre-saison (mi-

février à mi-août; 13,5 jours - figure 16). Ainsi, il apparaît que le programme de photopériode contrôle très bien le cycle de reproduction des brebis. Soulignons toutefois que dans une entreprise, la majorité des saillies fécondantes étaient réalisées entre le jour 17 et 25 suivant la mise au bélier (moyenne de 18,7 jours vs 12,4 jours pour les autres élevages). Cette donnée était typique d'un effet bélier. Le jeune âge des béliers utilisés dans cette entreprise aurait pu expliquer cette observation. Toutefois, l'analyse de cette donnée ne fut pas approfondie.

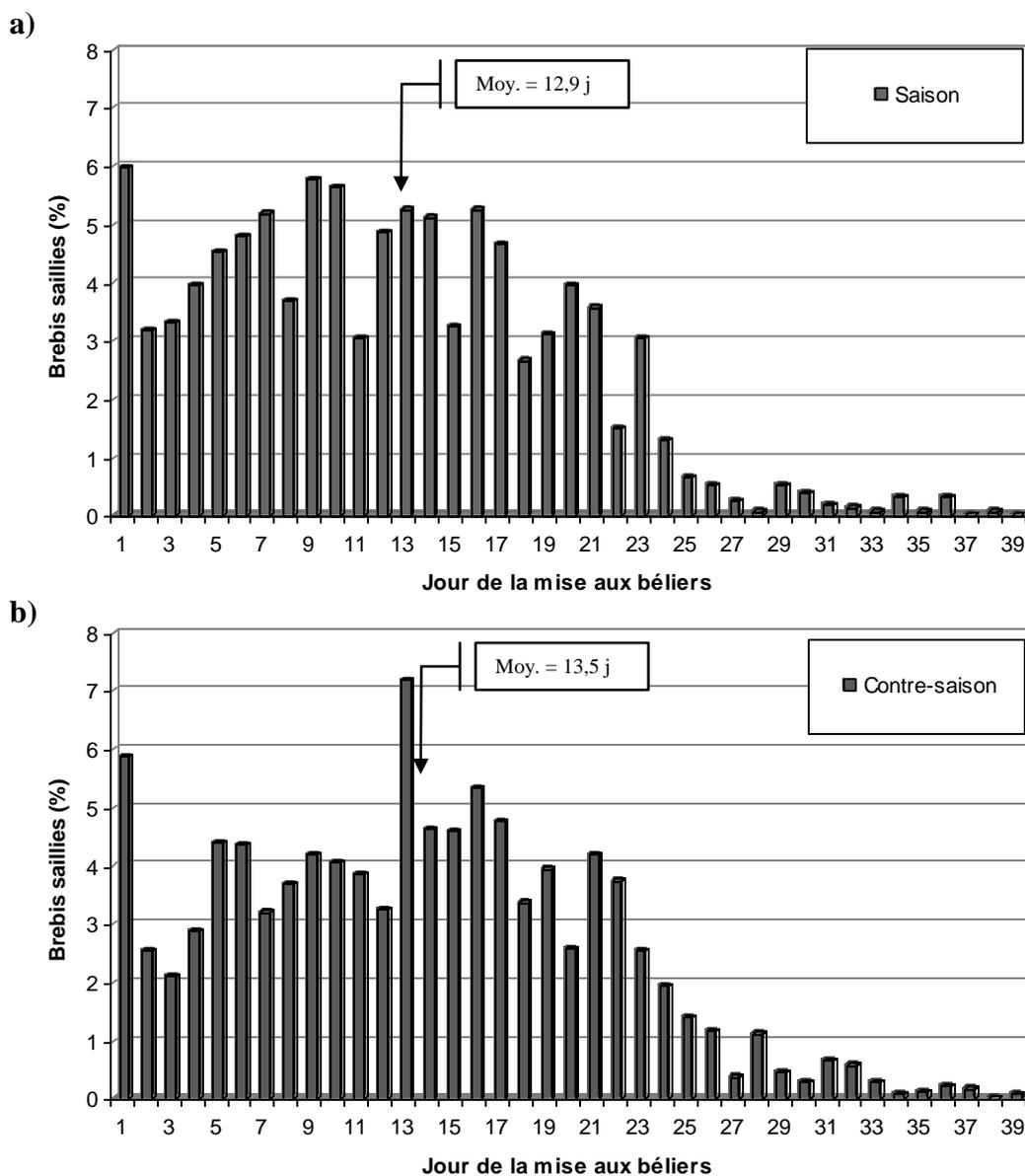


Figure 16. Répartition des saillies pendant la période d'accouplement a) en saison et b) en contre-saison sexuelle (Jour 1 = mise aux béliers)

En conclusion sur les performances de ce projet? Globalement, le système de production permet d'obtenir une augmentation de productivité d'environ 20%

(1,2 à 1,3 agnelages/brebis/année) comparativement aux moyennes québécoises de 2002 et 2006 (1,04 et 1,06 agnelages/brebis/année; Ndiaye, 2008). La



fertilité globale pour l'ensemble des brebis mises à la reproduction s'est élevée à tout près de 85% et ce, sur toutes les périodes d'accouplements confondues (Castonguay et al., 2006a et 2006b). Ainsi, ce projet permet de confirmer les résultats qui avaient été observés au préalable durant la première étude réalisée à la Ferme la Bergerie des Amériques. La reproductibilité des bons résultats, malgré la variabilité des environnements dans lesquels le protocole a été appliqué, démontre ainsi très bien l'efficacité de ces types de programmes lumineux.

3.2.7. Bâtiments requis pour appliquer le protocole lumineux AAC type CC4

Le type de bâtiment requis pour utiliser cette technique de désaisonnement varie en fonction du protocole photopériodique choisi. Premièrement, le producteur doit posséder différentes sections ou plusieurs bâtiments dans son entreprise. Chacune de ces sections possède une fonction spécifique et fixe (section agnelages, lactation, saillies, gestation, ...) et doit être munie d'une minuterie électronique permettant de contrôler efficacement la durée du jour. Deuxièmement, on doit savoir que la moitié des femelles du troupeau se retrouve en JC alors que l'autre partie se retrouve dans la section de JL. Ce principe est similaire pour les béliers. Le troupeau est donc divisé en

fonction du stade physiologique des animaux et ces derniers sont placés dans leur section respective selon le protocole. Les bâtiments sont ainsi divisés en sections de JL et en sections de JC. On doit se rappeler que l'espace requis en JL occupe environ 2/3 de l'espace total disponible (espace parquet utile) pour l'ensemble du troupeau (agnelles de remplacement, agneaux à l'engraissement et béliers inclus). L'espace requis en JL est plus important que celui accordé pour les JC puisqu'on favorise l'élevage des agneaux sous cette longue luminosité. De nombreuses études ont en effet démontré que les JL favorisaient un meilleur taux de gain, un poids vif plus élevé à l'abattage ainsi qu'une meilleure conversion alimentaire. Par ailleurs, puisque les agnelles de remplacement doivent être intégrées dans la formule de photopériode, il est essentiel que ces dernières soient exposées à des JL avant d'être transférées en JC pour leur première saillie. Les JL sont ainsi essentiels à l'optimisation de l'atteinte de la puberté sexuelle. De plus, en JL, nous retrouvons toujours les brebis en début et en milieu de gestation ainsi que les brebis à l'agnelage ou en lactation. Le stade physiologique des animaux qui se retrouvent en JC varie selon le type de calendrier choisi. Ainsi, pour un calendrier de type CC4, on retrouve des femelles en fin de lactation avec leurs agneaux, des brebis à la saillie ou au tarissement ainsi que des béliers. Dans les programmes de type C4 1/2, on retrouve



uniquement des animaux adultes. Les bâtiments requis pour une bonne conduite d'élevage peuvent donc varier selon le type de protocole photopériodique choisi.

Pour les JL, peu importe le type de protocole, on doit toujours s'assurer qu'une section isolée permettra d'accueillir un groupe complet de femelles à l'agnelage (taille de la section devant répondre aux besoins d'espace selon la taille du groupe). Le reste de la section de JL peut être constitué de n'importe quel bâtiment. Les bâtiments ouverts, froids, en planches ajourées, à trois murs ou à ventilation naturelle devraient être privilégiés pour ces sections puisqu'ils permettent de laisser entrer la lumière extérieure durant le jour, ce qui permet ainsi d'élever les animaux à moindre coût (en réduisant les dépenses énergétiques liées à l'éclairage durant le jour). L'essentiel est que ces sections soient bien ventilées et ce, en toute saison.

Pour les JC, les bâtiments ne devraient pas laisser entrer de lumière. Ainsi, les bâtiments serres, les bâtiments en planches ajourées, les bergeries à ventilation naturelle, ... devraient être à proscrire. Bien qu'un projet soit actuellement en cour au CEPOQ sur l'utilisation de la photopériode et de la lumière naturelle en guise de JC, nous ne possédons, à ce jour, aucune donnée nous permettant d'affirmer que ce type de protocole permettrait d'atteindre les résultats souhaités.

Ainsi, en attendant ces résultats... mieux vaut s'abstenir de faire des essais « terrain » qui peuvent être coûteux et lourds de conséquences! Pour un calendrier de régie de type CC4, on suggère qu'une partie de la section en JC soit isolée pour terminer la lactation. Notons qu'il est toutefois possible de terminer la lactation en bergerie froide mais que cet aspect est souvent très peu apprécié des producteurs et occasionne un stress supplémentaire aux agneaux, particulièrement aux plus jeunes et aux plus fragiles. Pour les sections de JC servant aux saillies, il est évident que les bâtiments isolés et ventilés adéquatement permettent de mieux contrôler les conditions ambiantes durant la saison estivale. Il est possible de donner le traitement de JC en bergerie froide. Néanmoins, le contrôle de la température en été est nettement plus difficile dans ce type de bâtiment. Puisque les projets réalisés en conditions terrain démontrent que les conditions estivales chaudes peuvent occasionner d'importantes baisses de fertilité, il est essentiel de contrôler adéquatement l'ambiance intérieure durant l'été. Les bâtiments isolés et ventilés mécaniquement semblent donner les meilleurs résultats, particulièrement ceux ventilés avec une ventilation de type longitudinale (ventilation tunnel). Ce type d'installation est plus onéreux mais assure un excellent confort (bien-être) à ces animaux qui seraient, d'une façon ou



d'une autre, cloisonnés à l'année dans ces bâtiments.

En ce qui concerne les béliers, tout comme avec le protocole de photopériode classique, il est évident qu'une section d'élevage indépendante est à privilégier (lorsque possible). Ce type d'installation permet de profiter de l'effet bélier lors de l'introduction des mâles dans les groupes de femelles à l'accouplement. Dans le cas où ce type d'installation n'est pas disponible dans une entreprise, il faut simplement s'assurer que les mâles auront des parcs de repos spacieux et réservés spécialement à cet effet. Ces parcs devraient, si possible, être placés à l'écart des parquets des femelles ou du moins permettre de limiter complètement tout contact physique, tactile et olfactif entre les béliers et les brebis.

Notons que l'espace alloué pour chaque groupe d'animaux varie en fonction du stade physiologique. Il est essentiel que la densité animale et l'espace mangeoire soient respectés et ce, dans la perspective d'optimiser les résultats et de contrôler adéquatement l'état de chair des animaux de l'élevage (espace suffisant à la mangeoire, respect des quantités servies et réellement consommées par les animaux lors d'un repas de grains par exemple). L'espace à la mangeoire devrait donc varier de 16 à 18 pouces par tête pour les animaux adultes.

Chez les agnelles, on devrait s'assurer que ces dernières disposent d'au moins 12 pouces à l'auge. Chez les agneaux en restriction alimentaire, 10 pouces d'espace mangeoire sont nécessaires alors qu'on peut restreindre cette largeur à 5 à 7 pouces lorsque ces derniers sont alimentés à volonté. La densité doit également être respectée selon les stades physiologiques suivants :

- Brebis en lactation (agnelage) : 1,8 à 2,0 m²/tête
- Brebis en gestation, tarissement : 1,4 à 1,5 m²/tête
- Béliers reproducteurs : 2,23 m²/tête
- Agnelles de remplacement : 1,12 m²/tête
- Agneaux : 0,75 à 0,90 m²/tête (selon le poids et l'âge)

Finalement, soulevons que ces dimensions peuvent varier selon le gabarit des animaux et leur taux de prolificité. Puisque les groupes de régie peuvent différer, il est généralement recommandé de calculer les besoins en espace en haussant la capacité locative disponible pour chaque groupe d'environ 10%. L'espace disponible dans les bâtiments pour appliquer l'un des programmes AAC type CC4 est l'un des éléments essentiels à la réussite de l'implantation du protocole photopériodique dans une entreprise. Le conseiller doit ainsi s'attarder à cet aspect et donner la meilleure recommandation au producteur et ce, dès le départ. Ce dernier doit également être en



mesure de valider la faisabilité du protocole lumineux et d'orienter les modifications requises, si tel est le cas.

3.2.8. Intensité lumineuse requise pour utiliser la photopériode ou les programmes AAC type CC4

L'intensité lumineuse est un concept physique permettant de décrire l'intensité émise par une source de lumière. L'unité de mesure généralement utilisée et reconnue par le système international est le *lux*. Un lux correspond à l'illumination d'une surface située à un mètre d'une chandelle standardisée. L'intensité lumineuse se mesure avec un appareil appelé « luxmètre ». L'intensité lumineuse perçue par les animaux varie en fonction de plusieurs facteurs :

- La distance des sources lumineuses par rapport aux yeux des moutons;
- La capacité de réflexion des surfaces, murs et plafonds;
- La position des luminaires et leur répartition au plafond;
- Le type d'éclairage : ampoules incandescentes ou fluorescentes;
- L'âge des luminaires : le temps diminue l'efficacité des luminaires jusqu'à 30 % dans certains cas;
- La propreté des lieux, surfaces et luminaires.

Ainsi, compte tenu du nombre de facteurs qui influencent le niveau d'éclairage, sa valeur doit être mesurée à la hauteur des yeux des animaux et être nécessairement évaluée dans la bergerie en fonction de l'environnement spécifique à chaque bâtiment.

En élevage, plus particulièrement dans les entreprises utilisant la photopériode, une question demeure toujours : quelle est l'intensité lumineuse qui devrait être donnée aux animaux pour obtenir les résultats escomptés. Jusqu'à maintenant, les informations scientifiques sur cette question n'étaient pas très précises. De l'avis du Dr Philippe Chemineau, chercheur à l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) à Nouzilly en France, qui travaille depuis plusieurs années sur l'utilisation de la photopériode chez les ovins et les caprins, une intensité lumineuse de 10 lux serait suffisante pour inhiber la mélatonine endogène, la substance naturelle qui est le messager hormonal de la perception de la photopériode chez l'animal. Bien qu'il n'existe pas de recherche spécifique sur le sujet, on peut donc penser que cette intensité serait suffisante pour contrôler les fonctions de reproduction. Néanmoins, le Dr Chemineau, tout comme d'autres chercheurs ayant travaillé sur ce sujet et rapporté leurs travaux dans la littérature, recommande une intensité d'environ 100 lux pour la période de jour dans les programmes photopériodiques.



Lors du premier projet réalisé à partir de 2001 sur le programme photopériodique AAC type CC4, les intensités lumineuses mesurées dans les bâtiments étaient très faibles, soit de 35 lux en JL et de seulement 15 lux en JC. Ces intensités étaient donc très loin des recommandations présentées dans la littérature. Afin de déterminer si ces faibles intensités lumineuses étaient suffisantes pour que les animaux puissent percevoir le « jour », des profils sanguins de mélatonine furent réalisés sur des périodes de 24 heures, soit durant le jour et la nuit. Si les intensités lumineuses avaient été insuffisantes, les prélèvements sanguins auraient permis de détecter des niveaux de mélatonine significatifs durant le jour (rappelons que la mélatonine est une hormone sécrétée uniquement en période de noirceur ou de pénombre). Or, ce ne fut pas le cas. Ainsi, ces résultats démontrent que des intensités lumineuses aussi faibles que 15 et 35 lux étaient suffisantes pour inhiber la sécrétion diurne de mélatonine. Les résultats de cette première étude indiquaient que sous des programmes de photopériode, des intensités bien inférieures à 100 lux permettaient 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.



Lors du second projet réalisé par l'équipe du chercheur François Castonguay, Catherine Boivin, alors étudiante à la maîtrise, tenta de déterminer quels étaient les effets de différentes intensités lumineuses sur la gestation, la lactation, la reproduction et la croissance des agneaux. Des intensités lumineuses de 10, 30 ou 117 lux furent donc mises à l'essai. Dans cette étude, les profils de mélatonine démontrèrent qu'une intensité lumineuse aussi faible que 10 lux était suffisante pour inhiber complètement la sécrétion de cette hormone durant le jour. Ces résultats, couplés à ceux des performances de reproduction obtenues dans l'étude, suggéraient que même sous une faible intensité lumineuse de 10 lux, il était possible de contrôler la reproduction des femelles. Sur la figure 17, on peut d'ailleurs constater que les brebis exposées à une alternance de 4 mois de JL et de 4 mois de JC initiaient le début de leur activité de reproduction au même moment et ce, peu importe l'intensité lumineuse à laquelle elles étaient exposées.

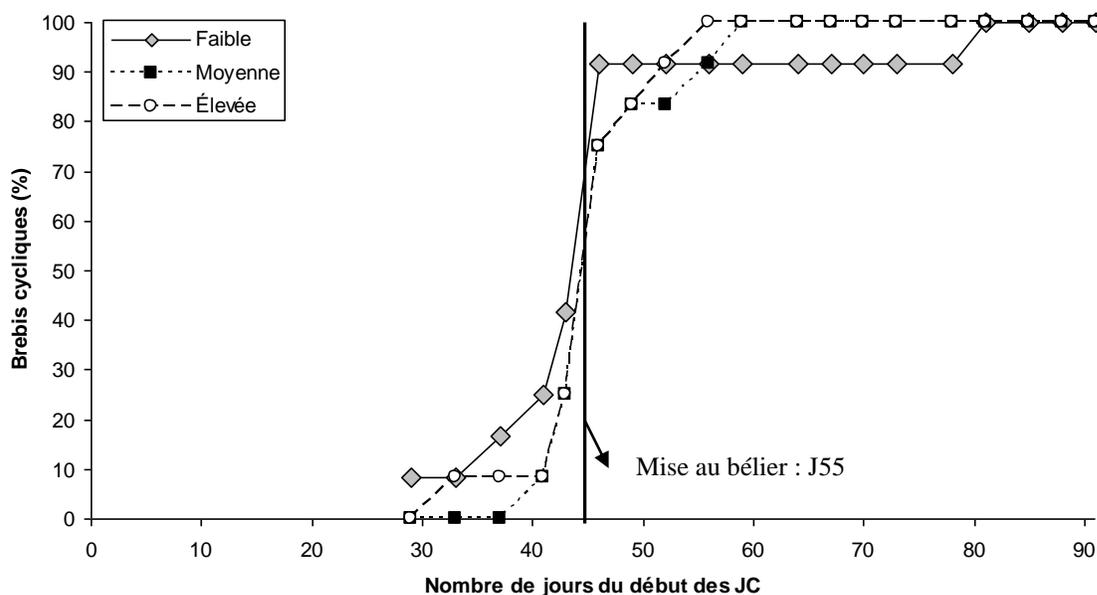


Figure 17. Effet de l'intensité lumineuse (Faible : 10 lux; Moyenne : 30 lux; Élevée : 117 lux) sur le début de la cyclicité des femelles après le passage en jours courts (JC)

Dans cet essai, on démontra ainsi que des intensités lumineuses de 10, 30 ou 117 lux permettaient de contrôler la reproduction des brebis de façon efficace et équivalente. Aucun effet néfaste ne fut observé sur la condition de chair, la production laitière des brebis ainsi que sur la croissance des agneaux sous la mère.

Dans ce même projet, les chercheurs évaluèrent également l'effet de différentes intensités sur la croissance et la consommation d'agneaux à l'engraissement (12, 37 et 109 lux). De nouveau, aucune différence significative ne fut observée entre les traitements.

Bien que ces projets aient démontré que des intensités lumineuses faibles étaient suffisantes pour obtenir les résultats zootechniques souhaités, ces intensités ne sont pas souhaitables pour travailler efficacement en conditions d'élevage. En effet, il est clair que le travail dans la bergerie est plus « agréable » à des intensités moyennes ou élevées (>30 lux). Le facteur « humain » devrait donc être pris en compte dans le choix de l'intensité lumineuse optimale dans les bâtiments d'élevage puisque le facteur « animal » ne semble pas limitant sous la barre des 100 lux. Les observations de ces études suggèrent donc que des intensités avoisinant 40 à 50 lux devraient être visées et ce, uniquement dans



le but de faciliter le travail et l'observation en bergerie.

Ces résultats ont un impact économique important pour les éleveurs souhaitant utiliser la photopériode mais inquiets de la qualité de l'éclairage dans leurs bâtiments. Certains rapports de mesures de luminosité dans des bergeries commerciales publiés au Québec indiquent que l'intensité lumineuse à l'intérieur des bâtiments ovins se situe généralement autour de 30 à 50 lux. Les résultats de ces expériences démontrent ainsi que bien peu de bâtiments ovins nécessiteront des modifications pour rencontrer les exigences de la technique en ce qui a trait à l'intensité lumineuse.

3.2.9. Un projet réalisé pour mesurer l'impact du transfert des brebis allaitantes en JC dans le protocole de photopériode AAC type CC4

Effet du transfert en JC pendant la lactation sur la croissance des agneaux.

Pour ce qui est de la croissance des agneaux sous les mères, aucun effet néfaste de la durée lumineuse n'a été observé. En effet, les poids et les gains des agneaux n'ont pas été plus faibles chez ceux élevés en JC pour une partie de la lactation, comparativement à ceux élevés en JL pour toute la lactation.

Les courbes de croissance et de consommation de concentrés des agneaux

viennent également appuyer cette conclusion.

Cet essai a permis de démontrer que les performances zootechniques des femelles en lactation et des agneaux en croissance n'étaient pas affectées négativement par le transfert en JC subit par ces animaux dans le programme de photopériode AAC Type CC4. Par ailleurs, avec ce calendrier de régie, il est possible que les agneaux nés à la toute fin de la période d'agnelages puissent être perturbés par le transfert en raison de leur jeune âge (> 5 jours). Cependant, tel que mentionné précédemment, en photopériode, les saillies ont majoritairement lieu dans les 25 premiers jours de la période d'accouplements, ce qui signifie que la plupart des agneaux sont âgés de 15 à 40 jours lors du transfert en JC. Ainsi, le succès de l'induction des chaleurs par la photopériode devrait permettre de limiter les effets potentiellement néfastes du déplacement physique des très jeunes agneaux et de leur mère.

La deuxième expérience sur l'intensité lumineuse a montré que les performances zootechniques des agneaux lourds n'étaient pas altérées sous les intensités lumineuses à l'étude (12, 37 ou 109 lux). Ainsi, pour ce qui est de la croissance des agneaux, la recommandation du 40 à 50 lux minimum tient encore.



Finalement, l'essai sur l'impact du passage des JL en JC des brebis en lactation avec leurs agneaux a démontré que cette façon de procéder, caractéristique au programme AAC Type CC4, n'influence ni les performances des brebis ni celles des agneaux.

3.2.10. Les coûts d'utilisation du programme photopériodique AAC type CC4

Lors du dernier projet de photopériode, les coûts d'éclairage reliés à cette technique ont été estimés à environ 2,50\$/brebis/année (2,44\$). Ceci correspond au coût lié à un éclairage supplémentaire de 8 heures de lumière par jour (en supposant que les lumières sont généralement déjà allumées au moins 8 heures/jour à l'intérieur d'une régie normale). Ainsi, ce montant correspond à l'électricité supplémentaire qui doit être dépensée pour donner un traitement de 16h de lumière par jour (avec l'utilisation d'ampoules conventionnelles de 100W. Si on désire connaître tous les frais reliés à la consommation lumineuse sur une base annuelle et ce, pour toutes les sections, alors le traitement de JC annuel coûterait 2,44\$/brebis/année et le traitement de JL en coûterait 4,87\$/année. Le coût total serait ainsi légèrement inférieur à 8\$/brebis/année. Néanmoins, ces frais d'éclairage ne peuvent être entièrement liés au programme lumineux puisque les producteurs doivent nécessairement allumer leurs lumières dans la

bergerie le jour et ce, avec ou sans photopériode! Ainsi, le montant réel associé aux frais d'utilisation de la technique se rapproche bien plus de 2,50 à 3,00\$/brebis/année. Notons que l'utilisation d'ampoules économiques, telles que les ampoules fluorescentes compactes (28 Watt), peuvent permettre de réduire jusqu'à 70% les frais de consommation en électricité comparativement aux ampoules à incandescence. En plus de consommer très peu d'énergie, la durée de vie de ces ampoules est de loin supérieure à celle des ampoules conventionnelles (entre 6000 et 10000 heures comparativement à 1000h). Ceci réduit donc considérablement le temps passé à changer les ampoules brûlées! Notons que si l'on considère les mêmes paramètres de calcul, une bergerie utilisant des ampoules économiques de 28 W pourrait abaisser les frais d'utilisation annuelle de la technique à seulement 0,68\$/brebis/année.

Puisque les sections allouées aux JL sont fixes et bien établies pour ce type de photopériode, il n'est généralement pas nécessaire d'y allumer les lumières durant le jour. Ainsi, si le bâtiment utilisé pour les JL comporte des fenêtres ou des entrées de lumière suffisante, il est possible de fermer les lumières durant le jour « naturel » et de profiter de l'éclairage extérieur, ce qui limite d'autant plus les frais énergétiques reliés à l'éclairage des bergeries. Dans ce cas, une minuterie



photoélectrique ou une minuterie électronique peut être installée dans le but d'allumer les lumières tôt le matin (avant le levé du soleil) et le soir (après l'aube).

Notons aussi que l'application de ce programme lumineux peut engendrer d'autres dépenses en énergie, notamment en ventilation. En effet, puisqu'il est essentiel de contrôler adéquatement les conditions ambiantes en JC durant les périodes de saillies réalisées durant l'été, des systèmes de ventilation très efficaces doivent être installés dans ces sections. Ceci peut hausser les coûts énergétiques en période estivale mais aussi améliorer le bien-être des animaux dans l'élevage!

Finalement, notons que ce système de production implique que l'alimentation de tous les animaux composant l'élevage soit soutenue et permettant de répondre adéquatement aux besoins des ovins devenus très « productifs » sous ce type de régime lumineux. Ceci peut aussi hausser la facture d'alimentation pour le troupeau.

Bien que cette technique engendre des frais d'opération supplémentaires nécessaires au soutien de cette productivité accrue, il apparaît tout de même évident que l'accroissement de la productivité des femelles soumises à ce programme contrebalance les coûts engendrés par

l'application du programme AAC type CC4 ou de ses variantes. Cette différence est encore plus évidente si on compare le coût d'opération de cette technique à celui des autres techniques hormonales. En effet, pour un troupeau d'une taille de 500 femelles, les calculs démontrent qu'un producteur appliquant la même régie (4 groupes, agnelages répartis durant l'année), mais utilisant des techniques hormonales pour synchroniser les chaleurs de ses brebis en contre-saison, obtiendrait près de 20 000\$ de revenus de moins dans son entreprise!

3.2.11. Les avantages du programme AAC type CC4 et de ses variantes

Le programme photopériodique AAC type CC4 et ses différentes variantes comportent plusieurs avantages notables, en voici une liste :

- Les brebis du troupeau sont toujours soumises au contrôle photopériodique, ce qui augmente les résultats de fertilité et la productivité moyenne de l'ensemble du troupeau;
- L'effet résiduel est contrôlé efficacement par l'alternance constante des JL et des JC. Par ailleurs, cet effet est contourné en remplaçant immédiatement les femelles à la saillie en utilisant un traitement hormonal;
- L'environnement de tout le troupeau est entièrement contrôlé, ce qui facilite



fortement la conduite d'élevage et la régie de la reproduction dans le troupeau;

- La fertilité annuelle des béliers est maintenue à des niveaux optimaux grâce à la séquence photopériodique alternative à laquelle ils sont exposés;
- Le recours aux traitements hormonaux est réduit au minimum. Ce type de désaisonnement devrait même être sous 10% dans une entreprise adhérant à ce genre de programme lumineux alors que le taux de fertilité découlant directement du contrôle photopériodique devrait être près de 90%. À moyen terme, on espère éliminer complètement l'utilisation de traitements hormonaux en privilégiant la sélection des sujets qui répondent le mieux au traitement photopériodique;
- Le rythme de reproduction régulier et bien planifié permet de régulariser l'approvisionnement des marchés, ce qui assure une meilleure rentabilité et surtout un revenu plus régulier dans l'entreprise, d'où une meilleure sécurité financière;
- Les taux de fertilité obtenus avec les agnelles sont excellents, voire supérieurs à ceux de toute autre technique hormonale utilisée hors saison;
- Bien qu'à la base rigide et structuré, ce programme lumineux est tout de même flexible. En effet, il a été démontré que les différentes variantes du programme AAC type CC4 permettaient de répondre aux

besoins et objectifs des producteurs et ce, tout en demeurant aussi efficace;

- Le calendrier de régie produit avec ce programme est complet. Ceci permet aux producteurs de planifier efficacement les tâches à accomplir;
- Puisque le troupeau est divisé en plusieurs groupes, la charge de travail est répartie dans l'année;
- La spécialisation des bâtiments permet de construire des installations fixes, permanentes et répondant aux besoins réels du producteur (agnelages dans un endroit stratégique, saillies au même endroit dans une bergerie adaptée, ...)
- Mentionnons que des améliorations de prolificité ont été notées par tous les producteurs utilisateurs de cette technique. Cette hausse pourrait être attribuable au suivi rigoureux exigé par le calendrier (alimentation, conduite d'élevage, ...). Puisque les brebis «se croient» en saison sexuelle naturelle, le taux de prolificité obtenu pourrait être similaire à celui obtenu à l'automne à condition que la régie soit adéquate. Par ailleurs, notons que le programme lumineux respecte les différents stades de productivité des femelles, aucune femelle n'étant placée à l'accouplement en deçà de 60 jours suivant la mise bas.



Avantages liés à la variante du programme

AAC de type C4 ½ :

- Le calendrier de type C4 ½ (un agnelage visé à tous les 9 mois) permet aux brebis de récupérer entre chaque cycle de mise bas. Ceci est particulièrement bénéfique au sein des races plus prolifiques ou lorsque la disponibilité en fourrages de qualité est limitée.
- Le calendrier de type C4 ½ réduit et limite les déplacements d'animaux (dans ce cas, les jeunes agneaux) dans les bâtiments moins bien adaptés (bergerie froide, deuxième site d'élevage, ...). Les interventions du sevrage et du transfert des brebis en JC sont ainsi effectuées en JL et seules les femelles adultes sont déplacées en JC, ce qui est relativement simple à effectuer;
- Bien qu'un intervalle de 9 mois entre les mise bas semble réduire, d'un point de vue théorique, la productivité des femelles, il est préférable de maîtriser efficacement un système moins intensif que de s'acharner à maintenir un rythme de trois agnelages en deux ans si ce type de régie ne peut convenir à l'élevage. Mentionnons que lors du second projet, la ferme la plus productive utilisait un protocole photopériodique de type C4 ½ (1 agnelage/9mois). Ainsi, une bonne conduite d'élevage, une alimentation soutenue, de bonnes performances de fertilité, l'utilisation de races plus prolifiques

et un contrôle adéquat de la mortalité des agneaux sont gages de succès!!!

Avantages liés au nombre de groupes utilisés dans les différentes variantes des programmes

AAC de type CC4 :

- La formation d'un moins grand nombre de groupes de femelles (< 4 groupes) permet d'espacer les périodes de mise bas et d'améliorer la qualité de vie des éleveurs. Ce paramètre devrait cependant être exclu des troupeaux dont la taille dépasse 300 femelles puisqu'il devient plus difficile de contrôler efficacement la mortalité et la régie d'élevage au sein de groupes de plus de 100 à 150 femelles. Généralement, il est aussi préférable de maintenir un nombre pair de groupes et ce, dans l'objectif d'optimiser l'utilisation des bâtiments (lorsqu'un groupe est en JC, un autre se retrouve en JL et ces deux groupes changent de section au même moment).
- La formation de plusieurs petits groupes permet de répartir davantage les agnelages dans le temps. Néanmoins, ce type de programme limite les temps de répit entre les périodes de mises bas. Pour les troupeaux de plus de 500 à 600 femelles, il est recommandé d'utiliser 6 groupes de femelles, ce qui permet de conserver des groupes dont la taille ne dépasse pas 100 à 150 femelles (meilleur contrôle lors des périodes de mise bas).



Notons que certaines fermes très bien équipées et possédant une très bonne régie d'élevage sont aussi en mesure de performer avec des groupes de plus de 150 femelles. Les études complétées ainsi que les communications réalisées avec les producteurs utilisateurs de cette technologie nouvelle, soulignent qu'une régie à plus de 6 groupes est à proscrire (agnelages en continu, aucun temps de répit, difficultés pour le vidage ainsi que le nettoyage et la désinfection des aires de mise bas, risque d'augmentation de la mortalité, charge de travail accrue, risque de perte de contrôle accrue, ...).



3.2.12. Les inconvénients du programmes AAC type CC4 et de ses variantes

Malgré les excellents résultats zootechniques et tous les avantages du programme de photopériode AAC Type CC4, il est impératif de souligner que ce système de production ne convient pas à toutes les situations d'élevage. En effet, afin d'implanter un protocole AAC Type CC4 dans une entreprise, celle-ci doit

disposer de sections pour les JL et de sections pour les JC. Les éléments requis dans les bâtiments utilisés pendant la séquence de JL sont peu restrictifs. Ainsi, les producteurs ont seulement besoin d'une section de bâtiment isolée pour les mises bas et ce, pour assurer un bon contrôle de la température, surtout en hiver (section tempérée). Ainsi, lors de l'implantation de ce type de programmes lumineux, ce paramètre n'est généralement jamais problématique. Toutefois, les bâtiments utilisés pour les JC sont, la plupart du temps, très limitatifs et ce, tant pour implanter un programme lumineux dans une entreprise que pour assurer des performances de fertilité décentes en saison et en contre-saison. En effet, dans les sections utilisées pour loger les moutons pendant les séquences de JC, on doit pouvoir restreindre l'entrée de lumière. Ainsi, les programmes de photopériode sont difficilement applicables dans les entreprises où il est impossible de restreindre complètement l'entrée de lumière extérieure due à la présence d'importantes ouvertures laissant pénétrer la lumière à l'intérieur (ex : bergerie froide faite de planches ajourées, bergerie serre, bâtiment d'élevage réaffecté à la production ovine) ou qui possèdent de larges entrées d'air utilisées pour la ventilation du bâtiment (ventilation naturelle avec de grandes entrées d'air contrôlées par des rideaux gonflables - simples ou à ballons -, des panneaux ou des trappes). De plus, dans les bâtisses dotées d'une ventilation longitudinale



(« tunnel »), très populaire ces temps-ci, on doit user d'ingéniosité afin de limiter les entrées de lumière extérieure par les ventilateurs de très grand diamètre, ce qui implique des frais et peut réduire l'efficacité de la ventilation, dans certains cas. Malheureusement (pour les « adeptes » de la photopériode), tous ces types de bâtiments sont largement répandus en élevage ovin pour leurs autres qualités (bonnes conditions ambiantes, faible coût de construction...), ce qui limite l'implantation à plus large échelle de la technique de contrôle de la reproduction des ovins par l'utilisation de programmes de photopériode. Autre élément limitant dans les bâtiments de JC : le contrôle des conditions ambiantes. Même les bâtiments adaptés aux JC ont des défauts. En effet, dans les bergeries où les programmes de photopériode sont appliqués, la ventilation est trop souvent déficiente l'été. Comme la durée de la luminosité de 8 h/j doit être respectée, il est impossible de garder les portes des bergeries ouvertes toute la journée l'été pour aérer les sections en JC. Cette réclusion forcée à l'intérieur de bergeries mal ventilées entraîne une hausse de la température ambiante qui peut affecter négativement les résultats de fertilité (Castonguay *et al.*, 2006a) en plus de diminuer considérablement le confort des animaux et des producteurs. L'application du protocole AAC Type CC4 nécessite donc obligatoirement des améliorations des systèmes de ventilation des bergeries, ce qui entraîne des dépenses supplémentaires

souvent importantes. Pour certaines fermes ayant implanté ce type de programme photopériodique, cet obstacle s'est soldé par l'obligation d'isoler une partie des sections utilisées pour les JC en plus de réviser entièrement le système de ventilation. Résultats : une amélioration de la productivité malheureusement associée avec des investissements majeurs ainsi qu'une hausse du coût de production, ce qui n'est pas souhaitable. L'amélioration des conditions ambiantes dans les bâtiments n'est pas un désavantage en soi, bien au contraire. Toutefois, si on ne devait pas restreindre toute entrée de lumière extérieure dans les sections utilisées pour les JC, ces améliorations pourraient se faire à des coûts bien moindres ou même nuls.

Dans un autre ordre d'idées, parmi les commentaires des producteurs rapportés dans le rapport de recherche sur l'implantation du système AAC Type CC4 chez sept producteurs (Castonguay *et al.*, 2006a), certains éleveurs mentionnaient qu'ils auraient souhaité avoir la possibilité de sortir des animaux aux pâturages en été, ce qui est actuellement impossible dans le protocole conventionnel. L'impossibilité de faire des vides sanitaires entre les groupes, ou tout au moins un bon nettoyage des bergeries, constitue aussi une inquiétude pour certains éleveurs puisque tous les bâtiments sont toujours pleins d'animaux.



Voici, en résumé, une liste des désavantages liés aux différents programmes AAC type CC4 :

- La hausse des besoins en aliments. Il est évident que toute hausse de la productivité entraîne une augmentation des besoins alimentaires. Ainsi, dans les troupeaux sous photopériode, les brebis exigent une alimentation de qualité en quantité plus importante et ce, afin de maintenir un bon état de chair. Ceci n'est pas une conséquence néfaste du programme, mais plutôt la résultante du succès de ce système d'agnelages accéléré (la majorité des femelles approchent vraiment de l'objectif tant visé de trois agnelages en deux ans). Ainsi, les besoins alimentaires de tout le troupeau sont nécessairement augmentés;
- Les fréquents déplacements d'animaux. Le déplacement des brebis en JC avec leurs agneaux peut être une problématique dans les fermes moins bien adaptées. Par contre, cet inconvénient peut être corrigé par le programme de type C4 ½ ;
- Lors de la mise en place du programme de photopériode durant la première année, le troupeau subi des pertes de productivité. En effet, afin de répartir les saillies et les agnelages sur plusieurs mois, certains groupes de femelles sont inévitablement retardés. Une planification à moyen terme de l'application de ce système de production permet toutefois de limiter ces périodes improductives. On recommande

de planifier ce démarrage au printemps et ce, dans la perspective de débiter le traitement lumineux l'automne suivant;

- L'utilisation des pâturages est limitée mais non impossible. Il est ainsi possible de faire pâturer les femelles gestantes. L'utilisation du pâturage demeure au libre choix du producteur. Néanmoins, cette utilisation ne doit jamais être effectuée au détriment des paramètres indiqués dans le calendrier. En ce sens, il est essentiel que les périodes d'éclairage soient strictement respectées.
- La « recommandation » générale d'avoir une ventilation efficace dans les bergeries (contrôle de la température et de l'humidité) devient une « obligation » dans ce système de production et ce, en raison de l'impossibilité de laisser les ouvertures (portes, fenêtres, ...) ouvertes à longueur de jour en été dans les sections en JC.





3.2.13. En conclusion sur ces programmes

On peut conclure que le programme photopériodique AAC Type CC4 a prouvé son efficacité à améliorer la productivité des élevages ovins. Nul doute que les impacts pour l'industrie ovine québécoise seront encore plus probants dans les années à venir. L'engouement pour ce programme est un signe qui témoigne également de la volonté des producteurs d'améliorer leur situation financière et de répondre aux besoins du marché. Ainsi, les deux objectifs que s'étaient fixés les chercheurs au début du projet, soit d'augmenter la productivité d'un troupeau ovin et de produire de l'agneau à l'année, ont donc été atteints avec brio.





CHAPITRE 4

POUR CONCLURE

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 leurs façons 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'agneaux à l'année longue, non seulement pour conserver leur place sur les marchés, mais également pour assurer un revenu régulier à leur entreprise. Comme gestionnaires 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 le programme AAC type CC4 ou l'une de ses variantes, 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 les études réalisées en condition de terrain sur différentes entreprises ovines au Québec démontrent qu'il est possible d'atteindre une fertilité annuelle de près de 90 %. Ce taux peut même être dépassé lorsque la conduite d'élevage est exemplaire. Avec une bonne régie et une mortalité raisonnable chez les agneaux, les producteurs devraient sevrer au moins 1,7 agneaux/brebis/agnelage. Ainsi, ce type de programme lumineux 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, 2006) indiquait que les fermes sous étude avaient vendu en moyenne 1,34 agneaux/brebis/année, qu'un producteur utilisant cette nouvelle technique pourrait mettre en marché 2,3 agneaux/brebis durant la même période (1,8 agneaux sevrés/agnelage;1,3

agnelages/brebis/année), ce qui correspond à une augmentation de 0,96 agneau 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 les études réalisées au Québec démontrent qu'il est 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). Rappelons que ces projets ont été réalisés en conditions de « terrain ». La flexibilité de la technique a donc été éprouvée à maintes reprises et par plusieurs producteurs ayant tous des façons de faire différentes. 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 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. Selon les calculs, 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. Les calculs 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 celles-ci d'atteindre la rentabilité tant espérée.

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 AAC type CC4 est en pleine expansion. Depuis les premières saillies réalisées à l'automne 2001, beaucoup d'encre a coulé sur ce sujet. Ainsi, en 2008, on compte près de 50 entreprises utilisant cette nouvelle

technologie et ce, au Québec seulement. 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.



Références scientifiques et techniques

- 1 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.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 Arendt, J. 1986. Role of the pineal gland in seasonal reproductive function in mammals. *Oxf. Rev. Reprod. Biol.*, 8: 266-320.
- 7 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.
- 8 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.
- 9 Argo, CMcG., Smith, J.S. et Kay, R.N.B. 1999. Seasonal changes of metabolism and appetite in Soay rams. *Anim. Sci.*, 69: 191-202.
- 10 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.
- 11 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.
- 12 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.
- 13 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.



- 14 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.
- 15 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.
- 16 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.
- 17 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.
- 18 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.
- 19 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.
- 20 Chemineau, P., Malpaux, 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.
- 21 Chemineau, P., Malpaux, 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.
- 22 Chemineau, P. 1993. Environment and animal reproduction. *World Anim. Rev.*, 77: 2-14.
- 23 Chemineau, P., Zarazaga, L., Malpaux, 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.*
- 24 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.
- 25 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.
- 26 Colas, G., Guérin, Y., Clanet, V. et Solari, A. 1985. Influence de la durée d'éclairage sur la production et la fécondance des spermatozoïdes chez le bélier adulte Île-de-France. *Reprod. Nutr. Dev.*, 25: 101-111.



- 27 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.
- 28 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.
- 29 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.
- 30 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.
- 31 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.
- 32 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.
- 33 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.
- 34 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.
- 35 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.
- 36 Dufour, J.J. 1974. The duration of the breeding season of four breeds of sheep. *Can. J. Anim. Sci.*, 54: 389-392.
- 37 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.
- 38 Dutt, R.H., Ellington, E.F. et Carlton, W.W. 1959. Fertilization rate and early embryo survival in sheared and unshaired ewes following exposure to elevated air temperature. *J. Anim. Sci.*, 18: 1308.
- 39 Dutt, R.H. 1963. Critical period for early embryo mortality in ewes exposed to high ambient temperature. *J. Anim. Sci.*, 22: 713-719.
- 40 Dutt, R.H. 1964. Detrimental effects of high ambient temperature on fertility and early embryo survival in sheep. *Int. J. Biometeorol.*, 8: 47-56.



- 41 Dyrmondsson, O.R. 1978. Studies on the breeding season of Icelandic ewes and ewe lambs. *J. Agric. Sci.*, 90: 275-281.
- 42 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.
- 43 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.
- 44 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.
- 45 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.
- 46 Fitzgerald, J.A. et Stellflug, J.N. 1991. Effects of melatonin on seasonal changes in reproduction of rams. *J. Anim. Sci.*, 69: 264-75.
- 47 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.
- 48 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.
- 49 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.
- 50 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.
- 51 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.
- 52 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.
- 53 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.
- 54 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.
- 55 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.



- 56 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.
- 57 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.
- 58 Hafez, E.S.E. 1952. Studies on the breeding season and of reproduction in the ewe. *J. Agric. Sci.*, 42: 189-265.
- 59 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.
- 60 Hart, D.S. 1950. Photoperiodic in Suffolk sheep. *J. Agric. Sci.*, 40 : 43-149.
- 61 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.
- 62 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.
- 63 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.
- 64 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.
- 65 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.
- 66 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.
- 67 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.
- 68 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.
- 69 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.



- 70 Karsch, F.J., Malpoux, 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.
- 71 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.
- 72 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.
- 73 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.
- 74 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.
- 75 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.
- 76 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.
- 77 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.
- 78 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.
- 79 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.
- 80 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.
- 81 Lincoln, G.A. et Short, R.V. 1980. Seasonal breeding : nature's contraceptive. Gregory Pincus Mem. Lecture. *Recent Prog. Horm. Res.*, 36: 1-52.
- 82 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.



- 83 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.
- 84 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.
- 85 Lindsay, D.R., Pelletier, J., Pisselet, C. et Courot, M. 1984. Changes in photoperiod and nutrition and their effect on testicular growth of rams. *J. Reprod. Fertil.*, 71: 351-356.
- 86 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.
- 87 Malpaux, 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.
- 88 Malpaux, 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.
- 89 Malpaux, 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.
- 90 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.*
- 91 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.
- 92 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.
- 93 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.
- 94 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.
- 95 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.



- 96 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.
- 97 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.
- 98 Minton, J.E. 1990. Role of photorefractoriness in onset of anoestrus in Rambouillet X Dorset ewes. *J. Reprod. Fertil.*, 89: 261 – 268.
- 99 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.
- 100 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.
- 101 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.
- 102 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.
- 103 Notter, D.R. 2002. Opportunities to reduce seasonality of breeding in sheep by selection. *Sheep and Goat Research Journal*, 17: 20 – 32.
- 104 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.
- 105 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.
- 106 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.
- 107 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.
- 108 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.
- 109 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.
- 110 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.



- 111 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.
- 112 Oldham, C.M., Martin, G.B. et Knight, T.W. 1978a. 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.
- 113 Oldham, C.M. et Martin, G.B. 1978b. Stimulation of seasonally anovular ewes by rams. II. Premature regression of ram-induced corpora lutea. *Anim. Reprod. Sci.*, 1: 291 – 295.
- 114 O'Shea, J.D. et Wright, P.J. 1984. Involution and degeneration of endometrium following parturition in ewe. *Cell Tissue Res.*, 236: 477 – 485.
- 115 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.*
- 116 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.
- 117 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.
- 118 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.
- 119 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.*
- 120 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.
- 121 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.
- 122 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.
- 123 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.
- 124 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.



- 125 Ravault, J.P. et Thimonier, J. 1988. Melatonin patterns in ewes maintained under skeleton or resonance photoperiodic regimens. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 473-486.
- 126 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.
- 127 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.
- 128 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.
- 129 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.
- 130 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.
- 131 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.
- 132 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.).
- 133 Schanbacher, B.D. 1979. Increased lamb production with rams exposed to short daylengths during the nonbreeding season. *J. Anim. Sci.*, 49: 927 – 932.
- 134 Schanbacher, B.D. 1988. Responses of market lambs and Suffolk rams to a stimulatory skeleton photoperiod. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28:431 – 441.
- 135 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.
- 136 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.
- 137 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.
- 138 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.
- 139 Sundstroem, E.S. 1927. The physiological effects of tropical climate. *Physiol. Rev.* 7 : 320 - 362.



- 140 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.
- 141 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.
- 142 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.
- 143 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.
- 144 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.
- 145 Thiéry, J.C., Chemineau, P., Hernandez, X., Migaud, M. et Malpaux., B. 2002. Neuroendocrine interactions and seasonality. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 23: 87-100.
- 146 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.
- 147 Thimonier, J. 1989. Contrôle photopériodique de l'activité ovulatoire chez la brebis. Existence de rythmes endogènes. Thèse Doctorat Univ. Tours. 112 pp.
- 148 Thimonier, J. 2000. Détermination de l'état physiologique des femelles par analyse des niveaux de progestérone. *Dans Productions Animales*, 13 : 177 – 183. INRA, France.
- 149 Thwaites, C.J. 1967. Embryo mortality in the heat stressed ewe. I. The influence of breed. *J. Reprod. Fertil.*, 14: 5 – 14.
- 150 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.
- 151 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.
- 152 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.
- 153 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.



- 154 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.
- 155 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.
- 156 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.
- 157 Williams, H.L. 1974. The reproductive performance of two British breeds of sheep in contrasting photoperiodic environments. *J. Agric. Sci.*, 82: 377-381.
- 158 Williams, H. et Ward, S. 1988. Melatonin and light treatment of ewes for autumn lambing. *Reprod. Nutr. Dev.*, 28: 423 – 429.
- 159 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.
- 160 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.
- 161 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.
- 162 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.
- 163 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.
- 164 Yeates, N.M.T. 1953. The effect of high air temperature on reproduction in the ewe. *J.*