

Établissement d'un premier constat au sujet de la fertilité des troupeaux caprins de
boucherie en contre-saison au Québec

Revue de littérature

Réalisé par Amélie Brouillette

30 septembre 2022

*Ce projet est financé par l'entremise du Programme de développement sectoriel,
en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements
du Canada et du Québec.*

Table des matières

Introduction.....	3
Paramètres mesurés dans les études.....	4
Croissance et développement sexuel	4
Hormones sexuelles	4
Œstrus.....	5
Conception, gestation et mise bas	6
Fertilité des boucs	8
Races caprines étudiées	9
Facteurs et méthodes influençant la fertilité en contre-saison.....	10
Saison de naissance.....	10
Emplacement géographique.....	11
Moyens zootecniques.....	12
1. Effet bouc.....	12
2. Photopériode	13
3. Alimentation	14
Moyens artificiels	16
4. Produits hormonaux.....	16
Conclusion	21
Remerciements.....	22
Liste des ouvrages cités	23

Introduction

Pour les caprins élevés principalement pour la production de viande, les paramètres liés à la reproduction sont parmi les facteurs influençant le plus l'efficacité de production, notamment le taux de conception, le taux de mise bas ainsi que la capacité à se reproduire hors-saison. En effet, les petits ruminants ont tendance à être naturellement saisonnés. Leurs capacités reproductives ne sont donc pas équivalentes d'une saison à l'autre.

Cette caractéristique représente un défi majeur pour la production de viande caprine. En absence de naissances tout au long de l'année, les producteurs sont dans l'impossibilité de vendre leurs produits périodiquement et donc d'assurer des revenus réguliers. De plus, le cycle de reproduction des animaux ne correspond pas nécessairement à la période optimale de commercialisation de chevreaux sevrés, ce qui représente un enjeu de taille pour la survie des entreprises. Le regroupement des œstrus permet d'assurer des chevrotages cycliques. Pour l'entreprise caprine bouchère, cela représente des revenus plus stables, et pour les marchés, cela permet un approvisionnement plus régulier.

En région tempérée, on observe naturellement une venue en œstrus à l'automne avec des naissances au printemps et un état d'anoestrus à la fin du printemps. En région tropicale, les petits ruminants ont tendance à être moins saisonnés et à se reproduire toute l'année, selon la disponibilité des aliments. Ainsi, intégrer ce trait de désaisonnement aux entreprises caprines de boucherie des régions tempérées serait avantageux. Diverses stratégies sont continuellement développées, étudiées et employées sur les fermes dans un effort de désaisonner les chèvres de façon à étaler les chevrotages tout au long de l'année.

Cette revue fait état des connaissances actuelles en lien avec la fertilité en contre-saison des chèvres de boucherie. Il sera question dans cette revue des facteurs influençant la fertilité en contre-saison, des divers paramètres mesurés dans les études, des diverses races caprines de boucherie et des méthodes de désaisonnement ou d'amélioration de la fertilité.

Paramètres mesurés dans les études

Afin de mesurer la fertilité des caprins en saison et en contre-saison, une panoplie de paramètres peuvent être évalués. Ces paramètres ont ici été classés par catégories, soit les données relatives à la croissance, au système endocrinien, à l'œstrus, à la gestation, aux boucs et à l'insémination artificielle.

Croissance et développement sexuel

Le poids corporel représente un des outils de suivi les plus importants en production animale. Il confère des renseignements importants sur l'état de santé de l'animal, son statut nutritionnel, son stade physiologique et ses capacités reproductives. Le poids est le plus souvent mesuré à des stades précis du développement de l'animal, notamment à la naissance, au sevrage et à l'accouplement. Bezerra et al. (2009) ont mesuré le poids de boucs Boer nés durant la saison sèche et la saison pluvieuse à intervalle de 30 jours, et ce, de la naissance jusqu'à 240 jours de vie. Les corrélations entre le poids corporel, le taux de testostérone et la circonférence scrotale ont été évaluées pour les différentes saisons. Dans une autre étude, le poids corporel et l'état de chair ont été mesurés à la naissance, au sevrage et au début de chaque saison de reproduction afin de comparer les performances reproductives entre deux races (Rhone et al., 2013). Zarazaga et al., (2014) ont mesuré le poids corporel et l'état de chair au retrait d'éponges intravaginales de progestérone afin de déterminer l'effet de l'état corporel sur la venue en œstrus. De plus, une autre étude s'est penchée sur le poids et l'âge à la puberté afin de déterminer l'impact de l'effet bouc et de la supplémentation nutritionnelle sur ces paramètres (Espinoza-Flores et al., 2019)

Hormones sexuelles

Les échantillons sanguins permettent d'évaluer de nombreux paramètres endocriniens, dont les taux d'hormones sexuelles. De telles données permettent notamment de déterminer le statut reproductif des chèvres et de déterminer lorsqu'un animal est en saison reproductive ou en anœstrus saisonnier (Hameed et al., 2020; Papachristoforou et al., 2000;

Zarazaga et al., 2014). Les taux de LH et de progestérone sont les taux d'hormones les plus fréquemment mesurés dans les études. L'analyse du taux de progestérone permet de déduire l'ovulation des chèvres, dont les ovulations silencieuses (Duarte et al., 2008; Zarazaga et al., 2009b; Zarazaga et al., 2011). Alvarez et al. (2013), ont mesuré les taux de progestérone afin de mieux comprendre le cycle de cette hormone dans les heures suivant la pose et le retrait de CIDR. Dans certaines études, les taux d'hormone lutéinisante sont mesurés afin de définir les périodes ovulatoires et anovulatoires d'animaux ovariectomisés et l'effet des changements saisonniers (Duarte et al., 2008) ou d'implants de mélatonine (Zarazaga et al., 2009b) sur ces taux. Une étude a mesuré, déterminé et comparé les taux de progestérone, d'œstradiol, de mélatonine, de prolactine et de thyroxine libre dans le sang à la suite de l'œstrus induit à l'intérieur et à l'extérieur de la saison de reproduction naturelle (Błaszczuk et al., 2004).

Œstrus

La synchronisation de l'œstrus est le principal moyen employé afin d'améliorer l'efficacité de reproduction des chèvres. Diverses méthodes zootechniques ou hormonales peuvent être employées, lesquelles sont discutées postérieurement. Divers paramètres peuvent être mesurés, notamment pour confirmer un état d'œstrus ou d'anœstrus ou pour mieux comprendre les dynamiques folliculaires.

Pour confirmer un état d'œstrus, l'introduction de boucs vasectomisés ou portant un tablier marqueur, l'ultrasonographie et l'observation des signes de chaleurs sont les principaux moyens employés. L'analyse du comportement des chèvres en présence de boucs, comme l'acceptation de la monte, donne un indice sur l'état d'œstrus ou d'anœstrus des femelles. L'emploi d'un harnais marqueur est un moyen visuel efficace pour détecter l'œstrus. Les protocoles d'introduction des boucs aux chèvres varient grandement d'une étude à l'autre : une période de cinq à dix minutes le matin et le soir (Ahmad et al., 2014), à intervalle de quatre heures pendant 72 heures (Zarazaga et al., 2014), toutes les six heures (Dogan et al., 2005; Farooqi et al., 2021; Medan et al., 2002), ou encore toutes les 12 heures (Chao et al., 2008).

L'ultrasonographie permet d'examiner les ovaires et de récolter diverses données comme le diamètre et la quantité de follicules et de corps jaunes présents, afin de déterminer à quelle étape se situe une chèvre dans son cycle œstral (Chao et al., 2008; Nogueira et al., 2016; Zarazaga et al., 2014). L'observation des signes de chaleur permet l'estimation du moment de l'ovulation. Chez les femelles, les signes observés sont, notamment, l'écoulement vaginal de mucus, les bêlements, le remuement de la queue, l'hyperhémie vaginale et le fait de tourner sur elles-mêmes en présence d'un mâle (Chao et al., 2008; Farooqi et al., 2021). Chez les mâles en contact avec des femelles, les signes notés sont les coups de pattes courts et saccadés, les vocalisations graves, les reniflements ano-génitaux, les tentatives de monte, le Flehmen et l'auto-urination (Bedos et al., 2016).

Une panoplie d'autres paramètres peuvent être mesurés afin de caractériser et décrire le cycle œstral. Parmi ces paramètres on retrouve la réponse œstrale (Ahmad et al., 2014; Dogan et al., 2004; Farooqi et al., 2021; Wuliji et al., 2003), la durée d'apparition de l'œstrus et de l'ovulation (Zarazaga et al., 2014), l'intervalle entre le début de l'œstrus et la reproduction, la durée de l'œstrus, défini par le temps écoulé entre la première et la dernière monte acceptée (Dogan et al., 2004; Hameed et al., 2020), et le taux d'ovulation (Hameed et al., 2020; Zarazaga et al., 2011).

Pour étudier les dynamiques folliculaires, c'est principalement la taille, le nombre et la vitesse de croissance des follicules qui sont observés dans les études (Nogueira et al., 2015; Nogueira et al., 2016; Zarazaga et al., 2014). Le jour d'émergence des follicules correspond au jour où le follicule dominant d'une vague folliculaire atteint un diamètre de 3 mm et plus, tandis que le jour de diamètre folliculaire maximum correspond au jour où un follicule dominant atteint 5 mm et plus (Nogueira et al., 2015; Nogueira et al., 2016)

Conception, gestation et mise bas

Les paramètres entourant la gestation sont parmi les plus importants pour évaluer les capacités reproductives des caprins et la productivité de l'entreprise (Figure 1). Le taux de conception, ou taux de fertilité vraie, réfère au nombre de femelles fécondées gestantes sur le nombre de femelles mises à la reproduction. Le taux de fertilité apparente, ou taux de

gestation, consiste au nombre de femelles mettant bas sur le nombre de femelles mises à la reproduction. Le taux de prolificité fait référence au nombre de produits nés sur le nombre de femelles mettant bas. Le taux de fécondité renvoie aux produits nés sur la quantité de femelles mises à la reproduction. Les rapports entre les produits vivants à un âge donné et les produits nés permettent de déterminer le taux de survie et le taux de mortalité. La durée de gestation et la grosseur de portée sont d'autres paramètres pertinents fréquemment mesurés.

Ces paramètres sont particulièrement utiles pour comparer efficacement l'effet de divers protocoles sur les performances reproductives des caprins en saison et en contre-saison comme divers traitements hormonaux (Ahmad et al., 2014; Farooqi et al., 2021; Hameed et al., 2020; Netto et al., 2020; Wuliji et al., 2003), divers traitements nutritionnels (Ahmad et al., 2014; Andrianarisoa et al., 2020) ou tout simplement pour comparer les performances à divers moments donnés (Hary et al., 2003; Rhone et al., 2013).

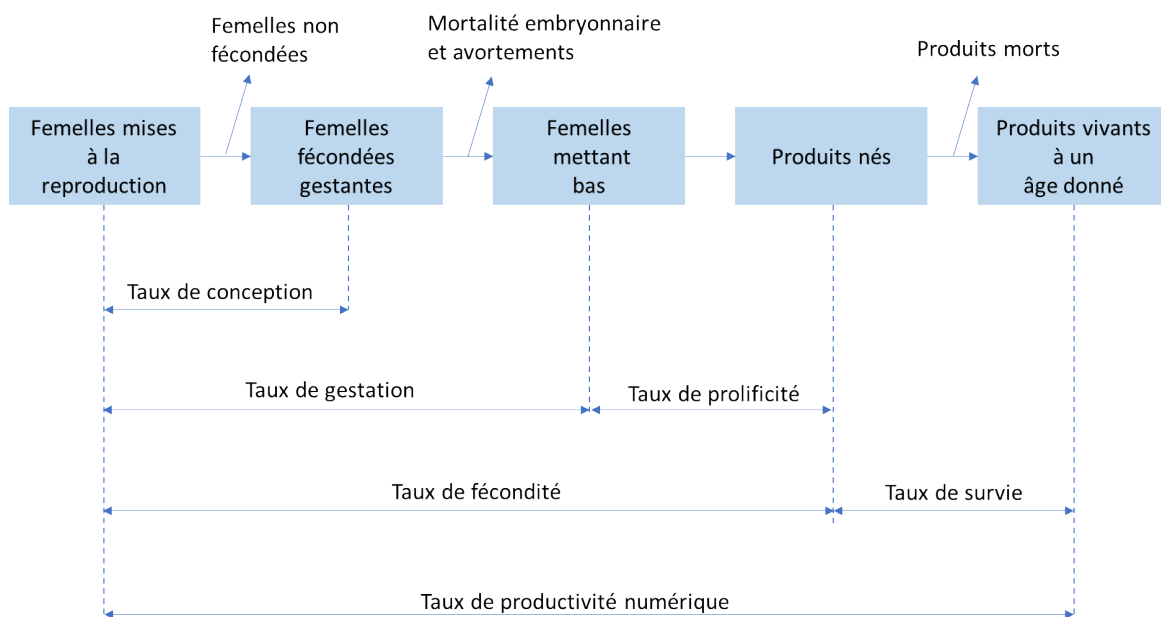


Figure 1. Paramètres liés à la conception, la gestation et la mise bas.

Fertilité des boucs

Plusieurs facteurs peuvent avoir un impact sur la qualité de semence des boucs qui influence bien sûr les performances reproductives des chèvres. Tout comme les femelles, les boucs sont affectés par la latitude, le climat et la photopériode. Les caractéristiques de la semence les plus étudiées sont le volume de semence, le taux de spermatozoïdes vivants, le taux de spermatozoïdes anormaux et le pH du sperme. Le taux de testostérone, la circonférence scrotale et l'âge au détachement du pénis sont d'autres indicateurs de performance sexuelle utilisés. Farshad et al. (2012) ainsi que Webb et al. (2004) ont évalué l'effet des saisons sur la qualité de la semence, la première étude mesurant notamment les concentrations en testostérone et en lactate déshydrogénase, une hormone essentielle au développement des spermatozoïdes. Une étude brésilienne a montré le lien entre les variations saisonnières et les concentrations en protéines plasmatiques séminales des boucs (La Falci et al., 2002). Une autre étude réalisée sur des boucs Montagne de l'Altaï (Gorno Altai bucks) et des boucs indigènes sud-africains a montré l'impact des variations saisonnières sur la production spermatique en évaluant la circonférence scrotale, le volume de semence et sa concentration. Certaines études ont observé l'effet de traitements photopériodiques et de mélatonine sur les caractéristiques de la semence et la réactivation de l'activité sexuelle selon la saison (Ramadan et al., 2009; Zarazaga et al., 2009a). D'autres se sont plutôt penchés sur l'effet de la saison de naissance sur la circonférence scrotale, le taux de testostérone et l'âge au détachement du pénis (Bezerra et al., 2009). La température ambiante peut également être un paramètre intéressant à mesurer puisqu'elle jouerait un rôle secondaire sur la production spermatique (Webb et al., 2004).

Races caprines étudiées

Au Québec, les races caprines utilisées sont généralement spécifiques à chaque type de production. Certaines races, comme la Nubienne, la Toggenbourg, l'Alpine, la La Mancha et la Saanen, sont élevées spécifiquement pour la production laitière. D'autres, comme la Boer, la Savannah et la Kiko, sont élevées spécifiquement pour la production de viande. Cette distinction entre les races n'est pas toujours aussi marquée dans les élevages ailleurs dans le monde, où l'on retrouve plutôt des races à usage multiples. Le tableau ci-dessous fait état des races étudiées à travers le monde et mentionnées dans cette revue de littérature (Tableau 1).

Tableau 1. Races étudiées et leur emplacement géographique.

Race	Lieu d'étude	Études
Anatolienne noire	Turquie	Dogan et al., 2005
Andalouse blanche	Espagne	Zarazaga et al., 2014
Anglo-Nubienne	Royaume-Uni	Błaszczyk et al., 2003
Baladi égyptienne	Afrique du Nord	Medan et al., 2002
Beetal	Pakistan	Ahmad et al., 2014; Farooqi et al., 2021; Hameed et al., 2020
Boer	Brésil, Australie	Bezerra et al., 2009; Nogueira et al., 2015; Nogueira et al., 2016
Damasquine	Moyen-Orient	Papachristoforou et al., 2000; Ramadan et al., 2009
Montagne de l'Altai	Afrique du Sud	Webb et al., 2004
Indigène coréenne	Corée	Chao et al., 2008
Markhoz	Iran	Farshad et al., 2012
Murciano-Granadina	Espagne	Bedos et al., 2016; Salvador et al., 2005
Payoya	Méditerranée	Zarazaga et al., 2009a; Zarazaga et al., 2009b; Zarazaga et al., 2011
Spanish	Amérique du Nord	Rhone et al., 2013; Wuliji et al., 2003

Facteurs et méthodes influençant la fertilité en contre-saison

Parmi les facteurs qui exercent une influence sur le début et la durée de la saison de reproduction, on retrouve l'alimentation, la saison de naissance, le stade physiologique, la latitude, le climat, la photopériode, la race, la structure sociale du troupeau ainsi que la régulation de la reproduction. Plusieurs méthodes de reproduction assistée ont vu le jour en production caprine et ovine dans les dernières décennies, dont la synchronisation de l'œstrus et de l'ovulation, l'insémination par laparoscopie, la production d'embryons, la cryoconservation de semence, les traitements photopériodiques, etc.

Saison de naissance

Il a été observé dans certaines régions que la saison à laquelle naissent les chevreaux peut avoir un impact sur l'âge à la puberté, la croissance et les capacités reproductives futures (Papachristoforou et al., 2000). Meza-Herrera et al. (2012) ont évalué l'effet de la saison de reproduction sur le poids corporel de chevreaux nés en élevage intensif au Mexique. Les résultats ont montré que les chevreaux nés de mères accouplées au printemps présentaient les poids corporels les plus élevés. Au Brésil, il a été observé que la saison de naissance avait un impact sur le taux de testostérone, le poids corporel, la circonférence scrotale et l'âge au détachement du pénis de mâles Boer. Les boucs nés durant la saison des pluies présentaient une maturité sexuelle plus tôt pour tous les paramètres cités (Bezerra et al., 2009).

Au Kenya, la saison de naissance n'a montré aucun impact sur le poids de naissance des chevreaux, mais celle-ci a influencé la croissance des chevreaux (Hary et Schwartz, 2002). Les poids moyens pré-sevrage les plus élevés ont été observés pour les chevreaux nés entre les mois d'octobre et mai, tandis que la croissance a été compromise pour les chevreaux nés pendant la saison sèche (Hary et Schwartz, 2002). Cependant, les auteurs affirment que cette disparité entre les poids des chevreaux disparaissait vers l'âge d'un an.

En Amérique du Nord, cette relation entre la saison de naissance et les performances des caprins a été très peu étudiée, particulièrement pour les races bouchères. Il serait donc intéressant d'évaluer ces paramètres dans différents contextes d'élevage et avec différentes races.

Emplacement géographique

La latitude et le climat où se trouve un élevage a un impact majeur sur les saisons et donc sur les fonctions sexuelles des animaux (Figure 2). Dans les régions tempérées et polaires, les animaux sont exposés à des variations de photopériode et de température importantes. On observe deux périodes distinctes : une période d'anœstrus profond, où aucun comportement sexuel ni ovulations ne sont notés, et une période de reproduction, où on observe à la fois des comportements sexuels et une activité ovarienne cyclique. La saison de reproduction naturelle est généralement limitée à l'automne et à l'hiver, de façon que les chevreaux naissent au printemps et à l'été, au moment où les ressources nutritionnelles sont abondantes et le climat favorable à la survie. Il est possible d'observer, lors des périodes de transition, des ovulations silencieuses ou des chaleurs anovulatoires (Ghosh, 2021).

En régions tropicales, subtropicales et équatoriales, les animaux sont soumis à moins de changements de photopériode et de température. Il est alors possible d'observer une période de reproduction prolongée, voire à l'année longue chez certaines races. Cependant, une disponibilité fourragère adéquate est primordiale pour permettre à ce potentiel de s'exprimer pleinement, ce qui est souvent difficile dû aux facteurs climatiques. Les moments les plus appropriés pour la reproduction sont donc malgré tout déterminés majoritairement par les facteurs environnementaux. Présentement, il n'existerait aucune race ayant la capacité de se reproduire de manière homogène toute l'année (Ghosh, 2021). De plus, la capacité des caprins à être désaisonnés n'est pas nécessairement toujours un avantage. Dans certaines régions du monde, des races réussissent à se reproduire sans égard à la disponibilité alimentaire dans les saisons plus difficiles. Cela rend la gestion des troupeaux difficile et une forte mortalité des chevreaux est parfois observée (Ahmad et al., 2014).



Source : <https://fr.dreamstime.com/carte-du-monde-zone-climatique-vecteur-image146444860>

Figure 2. Schéma des zones climatiques dans le monde

Moyens zootechniques

Présentement, les traitements hormonaux à base de progestatifs sont la principale méthode employée afin d'atteindre la fertilité en contre-saison et synchroniser l'œstrus. Cependant, avec les années, la demande des consommateurs pour des produits durables, éthiques et soucieux du bien-être animal et de l'environnement est toujours grandissante. De plus, les politiques de sécurité alimentaire sont toujours plus sévères par rapport à l'utilisation de traitements hormonaux à des fins reproductives, et les gestionnaires n'ont d'autres choix que de se conformer aux nouveaux règlements émis. Lorsqu'utilisés de manière adaptée à la latitude, la race et la régie, le contrôle de la photopériode, l'alimentation et l'effet mâle offrent des alternatives aux traitements hormonaux classiques.

1. *Effet bouc*

L'effet bouc est un outil de synchronisation et d'induction de l'œstrus vastement utilisé par sa simplicité d'exécution et son coût presque nul. La technique consiste à retirer les boucs un minimum d'un mois, de façon que les chèvres ne puissent ni les voir, ni les entendre, ni les sentir. Le stress de l'arrivée du bouc est suffisant pour déclencher un cycle œstral. Le taux de réussite est généralement assez élevé si la technique est bien exécutée, mais l'efficacité de la méthode varie selon plusieurs facteurs. L'effet bouc serait plus efficace en climat subtropical qu'en climat tempéré, où les variations importantes de la durée du jour

peuvent engendrer une inhibition plus importante de l'activité sexuelle (Chasles et al., 2016). En effet, cette méthode a tendance à être moins efficace en plein anœstrus saisonnier.

Dans une étude en France, l'introduction de boucs actifs sexuellement a permis d'induire un nombre significativement plus élevé d'ovulations chez les chèvres qu'avec le groupe témoin. Il a été noté qu'une activité sexuelle intense chez les boucs est un facteur déterminant de la réussite de l'effet mâle, ce qui peut représenter un défi en contre-saison. L'utilisation de traitements photopériodiques peut être efficace pour stimuler sexuellement les boucs. Malgré tout, l'étude montre que l'effet bouc en climat tempéré est faisable et permet la réactivation de l'axe gonadotrope et l'ovulation. (Chasles et al., 2016).

L'effet bouc pourrait également avoir un impact sur l'âge à la puberté chez les chèvres nées hors saison. Les interactions sociales auraient donc un impact majeur dans la régulation de la puberté (Chasles et al., 2019). Dans une autre étude sur 40 chèvres dans le Nord du Mexique en régie semi-extensive, l'introduction de mâles photostimulés a permis de réduire l'âge à la puberté chez des femelles sous-alimentées (Espinoza-Flores et al., 2019)

2. *Photopériode*

Il a été largement démontré que les fonctions sexuelles des caprins sont régulées par les cycles lumineux. Comme la sécrétion de mélatonine stimule l'axe gonadotrope, de plus grandes périodes de noirceur ont un effet bénéfique sur les capacités reproductives des caprins. En jours longs, c'est-à-dire lorsque la luminosité est croissante ou longue, les fonctions sexuelles sont inhibées. Delgadillo et al.(2011) ont conclu que la fin de la saison de reproduction est associée à la fin des jours courts et non à l'effet inhibiteur de l'allongement de la durée du jour. Dans le même ordre d'idées, le début de la saison de reproduction est associé à la fin des jours longs, et non à un effet stimulant de la diminution de la durée du jour. Conséquemment, il n'est pas nécessaire d'allonger ou de raccourcir graduellement la photopériode pour avoir un impact sur la reproduction. Les fonctions sexuelles peuvent aussi être inhibées ou activées par un changement brusque du cycle lumineux.

Chez la chèvre, la diminution de production de mélatonine entraîne une diminution de la sécrétion de LH et de FSH, ce qui affecte la croissance folliculaire et inhibe l'ovulation.

Chez le bouc, la diminution de la sécrétion de LH et de FSH entraîne une diminution de la sécrétion de testostérone, ce qui entraîne un impact négatif sur la libido, la qualité spermatique et la fertilité des mâles.

Les protocoles de traitements photopériodiques sont modulables selon la régie de chaque ferme. La photopériode s'avère particulièrement efficace lorsque couplée à une méthode de synchronisation de l'œstrus. En revanche, la photopériode requiert des installations adaptées et une régie précise. La durée des périodes de clarté et de noirceurs établies en jours courts et longs varie selon les protocoles, mais une différence d'au moins huit heures entre la période de clarté en jours courts par rapport aux jours longs est recommandée. Un protocole de photopériode adéquatement réalisé peut permettre la synchronisation naturelle de l'œstrus, (Delgadillo et al., 2011) mais les taux de productivité sexuelle (conception, gestation, fertilité, etc.) peuvent être très variables.

Les traitements photopériodiques exercent également une influence sur l'activité sexuelle des mâles. En effet, l'intensité sexuelle des boucs varie grandement selon la saison, mais un traitement de trois mois de jours longs artificiels suivi d'un traitement en jours courts permettrait d'induire des comportements sexuels équivalents à une saison sexuelle normale (Bedos et al., 2016; Zarazaga et al., 2011). Un traitement de jours longs suivi d'un traitement de mélatonine améliorerait les caractéristiques de la semence des boucs, autant en saison qu'en contre-saison (Ramadan et al., 2009).

3. *Alimentation*

La disponibilité alimentaire et la régie de l'alimentation ont un impact déterminant sur les capacités reproductives. Grâce aux nouvelles connaissances sur les interactions entre les performances reproductives et le statut métabolique, différentes stratégies d'alimentation adaptées selon le stade de production de l'animal sont étudiées. Les rations de type *flushing* sont connues pour aider à améliorer l'état de chair et la fertilité des chèvres, particulièrement pour les chèvres en moins bon état de chair (Luginbuhl, 2015).

Une supplémentation nutritionnelle ciblée à des moments clés du cycle de production, ou *focus feeding*, s'avère efficace pour améliorer les capacités reproductives des mâles et des femelles, en plus de réduire le recours aux suppléments (Blache et Martin, 2009). Selon ces

mêmes auteurs, l'alimentation influence la production spermatique, les comportements sexuels, la taille de portée, la production de colostrum et la survie des chevreaux. Une plus grande taille de portée s'expliquerait par l'impact de la supplémentation nutritionnelle sur les hormones métaboliques et reproductives régulant la folliculogénèse et le taux d'ovulation (Ghosh, 2021). L'alimentation des chèvres durant la gestation aurait également un impact sur la survie de l'embryon, la programmation fœtale, et donc les performances adultes futures (Ghosh, 2021).

Dans une étude portant sur 20 chèvres Savannah, une supplémentation en protéine a permis de réduire l'âge à la puberté, permettant ainsi d'augmenter le nombre de chevreaux produits par chèvre et de réduire le nombre de jours improductifs (Fasanya et al., 1992). Une autre étude sur 20 chèvres Beetal supplémentées ou non avec une ration *flushing* a montré un taux d'induction d'œstrus, un taux de conception et un taux de chevrotage plus élevé dans les chèvres supplémentées (Ahmad et al., 2014). Meza-Herrera et al. (2019) ont obtenu une augmentation du taux d'induction d'œstrus, de la latence de l'œstrus ainsi que du taux d'ovulation à la suite d'une supplémentation protéique péri-reproduction. Dans le même ordre d'idées, Nogueira et al. (2016) ont démontré qu'une supplémentation d'une petite quantité de maïs avait le potentiel d'augmenter le taux d'ovulation des chèvres en anœstrus recevant un traitement d'hormones. Une étude à Madagascar sur environ 400 chèvres recevant ou non une supplémentation en manioc a permis de montrer que le *flushing* était efficace pour améliorer la proportion de chèvres fécondées et synchroniser les chaleurs en saison sèche (Andrianarisoa et al., 2020). Dans une étude sur 40 chèvres sevrées en conditions semi- extensives, la supplémentation nutritionnelle quotidienne de 600 grammes de concentré commercial a permis un plus haut taux de chevrotages avant l'âge d'environ un an et demi, permettant ainsi de réduire le nombre de jours non productifs (Espinoza-Flores et al., 2019).

En conditions extensives, l'état nutritionnel des caprins peut varier en raison des fluctuations de la disponibilité naturelle des aliments, ce qui peut affecter l'efficacité reproductive. Cependant, une étude de Duarte et al., (2008), a évalué l'influence de la disponibilité alimentaire et de la régie sur la saisonnalité des chèvres au Mexique. Leurs résultats montrent que bien que la disponibilité alimentaire varie grandement selon la saison, cela ne semble pas être le principal facteur modifiant l'activité sexuelle et endocrinienne. Ce serait

plutôt la photopériode qui affecterait principalement les capacités reproductives, mais les auteurs affirment qu'il est nécessaire d'expérimenter davantage pour appuyer ce constat (Duarte et al., 2008).

Ainsi, une bonne nutrition est vitale dans le contrôle artificiel de l'efficacité de la reproduction, mais l'intensité de son influence semble varier selon la saison. En tout temps, il s'avère primordial d'adapter l'alimentation à la race, aux conditions d'élevage et au stade physiologique de l'animal.

Moyens artificiels

4. *Produits hormonaux*

L'utilisation de produits hormonaux afin d'induire et synchroniser l'œstrus et l'ovulation permettent de faciliter la reproduction hors saison et le regroupement des chevrotages, autant en insémination artificielle (IA) qu'en accouplement naturel. Le choix de la méthode d'induction et de synchronisation de l'œstrus chez les petits ruminants dépend principalement de la saison de reproduction (Skliarov et al., 2021). Toutes sortes de protocoles sont testés, avec diverses hormones, durées de traitement et modes d'administration.

Progestatifs

L'hormone la plus utilisée, et de loin, est la progestérone et ses analogues. Les progestatifs ont un effet inhibiteur sur la sécrétion de LH, ce qui empêche la maturation des follicules et leur ovulation ultérieure. Ainsi, à la suite du retrait de la progestérone, il est possible de prévoir le moment de l'œstrus et de l'ovulation (Dogan et al., 2004; Leboeuf et al., 1998). La voie d'administration la plus courante des progestatifs chez les chèvres est intravaginale, bien que la voie orale, parentérale et les implants existent également.

Chez les chèvres, les traitements de progestatifs sont d'une durée d'environ 14 à 21 jours, contrairement à 10 à 14 jour chez les brebis, mais des protocoles plus courts existent aussi. Les traitements de progestatifs à court terme nécessitent cependant une hormone lutéolytique, comme la $\text{PGF}_{2\alpha}$, administrée parentéralement à la fin du traitement. La lutéolyse peut être induite par l'injection intra-musculaire de $\text{PGF}_{2\alpha}$ ou de cloprosténol, un analogue synthétique. Kusina et al. (2001) ont observé l'induction de l'ovulation à la suite d'un traitement de synchronisation de l'œstrus avec deux injections de cloprosténol espacées de 11 jours chez des femelles non-cycliques .

Parmi les dispositifs intravaginaux couramment utilisés, on retrouve les éponges imbibées, par exemple d'acétate de médroxyprogestérone (MAP) ou d'acétate de fluorogestone (FGA), ainsi que les dispositifs de libération interne contrôlée de médicaments (Controlled Internal Drug Release ou CIDR en anglais). Concernant l'efficacité de chacune des méthodes, on peut observer des résultats très différents selon les auteurs. Certaines études ont déterminé que l'utilisation de MAP et de FGA était autant efficace pour l'induction de l'œstrus et de l'ovulation chez les petits ruminants (Gordon, 1975; Smith et al., 1981), tandis que d'autres ont plutôt observé une meilleure fertilité avec la FGA (Alifakiotis et al., 1982; Boland et al., 1978).

Au Pakistan, l'utilisation d'éponges imbibées de 60 mg d'acétate de médroxyprogestérone (MAP) et de l'effet mâle sur des chèvres au pâturage a permis d'obtenir un taux moyen de fertilité de 87,5 % (Kausar et al., 2009). Chao et al. (2008) ont essayé un traitement de 10 jours en contre-saison avec une éponge intravaginale imbibée de progestérone, suivi d'une injection de 500 IU d'eCG une semaine plus tard. Les cinq chèvres ayant reçu le traitement ont montré des signes d'œstrus et d'ovulation.

Holtz et al. (2008) ont évalué l'efficacité du protocole Ovsynch au lieu du traitement plus classique d'éponge vaginale avec eCG pour permettre l'insémination à temps fixe en saison de reproduction. Les auteurs ont conclu qu'une première injection de GnRH, suivi de $\text{PGF}_{2\alpha}$ sept jours plus tard et d'une seconde injection de GnRH le neuvième jour pourrait être une alternative intéressante pour synchroniser l'œstrus d'animaux cycliques. Selon les auteurs, ce protocole nécessite toutefois d'être perfectionné, par exemple en augmentant l'intervalle

entre l'injection de PGF_{2α} et la seconde injection de GnRH, afin de réduire l'occurrence de phases lutéales courtes. À l'inverse, une étude au Pakistan sur des chèvres Beetal en contre-saison a comparé l'efficacité de traitements d'éponges de progestérone à court terme et à long terme avec injections de PGF_{2α} et PMSG, et du protocole Ovsynch. Les résultats ont montré que la réponse œstrale, le taux de gestation, la grosseur de portée et le taux de jumeaux était significativement plus élevé dans les traitements avec progestatifs qu'avec le protocole Ovsynch (Farooqi et al., 2021).

Lopez-Sebastian et al. (2007) ont évalué l'efficacité d'un traitement utilisant l'effet mâle et une seule dose de progestérone (25 mg) au moment de l'introduction du bouc, ainsi qu'une injection de cloprosténol neuf jours plus tard. Selon les auteurs, ce traitement offre une alternative intéressante, car il permet l'obtention de taux de gestation intéressants avec moins d'hormones, en plus de réduire les conséquences sur le bien-être des animaux comme les vaginites.

GnRH

L'hormone de libération des gonadotrophines hypophysaires, ou GnRH, est utilisée pour induire un pic de LH afin de déclencher l'ovulation de tout follicule dominant et commencer une nouvelle vague folliculaire. Généralement, la GnRH est utilisée avant un traitement de progestérone, par exemple au moment de l'insertion d'un CIDR. Chez la chèvre, un protocole de GnRH, progestérone et PGF_{2α} a permis d'améliorer la synchronisation de l'œstrus et la fertilité durant la saison de reproduction (Titi *et al.*, 2010). Une autre étude a conclu qu'un traitement de GnRH avant un traitement de progestérone à court-terme avec eCG permettait l'obtention de taux de gestation et de fécondité similaires à un traitement sans GnRH, encore une fois durant la saison de reproduction (Karaca *et al.*, 2010). Selon Hameed et al. (2020), l'efficacité d'un traitement de progestérone à court terme avec GnRH n'a pas été évalué en contre-saison chez les chèvres. Plus d'études sont nécessaires afin de mieux comprendre l'effet de la GnRH en contre-saison sur les dynamiques folliculaires, la réponse œstrale et le taux de gestation.

eCG

L'eCG est généralement administrée 24 à 48 heures avant le retrait des progestatifs (Cameron et al., 1988). La dose varie, entre autres, selon la saison, la race et l'âge. Une dose de 500 UI d'eCG permettrait de synchroniser l'œstrus chez les petits ruminants (Fukui et al., 1999; Regueiro et al., 1999). L'utilisation de progestérone combinée à l'utilisation d'eCG a été largement étudié dans les chèvres, avec des taux de fertilité variables.

Certains ont vu une augmentation de la réponse œstrale (Fonseca et al., 2005; Husein et al., 2005), d'autres ont plutôt vu une fertilité variable (deNicolo et al., 2008; Camacho et al., 2017). L'administration répétée d'eCG diminuerait la fertilité en provoquant notamment la lutéinisation des follicules (Mahmood et al., 1991) et la production d'anticorps contre l'eCG (Hervé et al., 2004).

Hameed et al. (2020) ont évalué l'efficacité d'un traitement de GnRH, CIDR et PGF_{2α} avec ou sans administration d'eCG au septième jour, sur les performances reproductives des chèvres Beetal en contre-saison. Les auteurs ont conclu qu'un traitement avec eCG au retrait du CIDR favorise la croissance folliculaire, la réponse œstrale et le taux d'ovulation et de gestation, tandis qu'un traitement sans eCG a un impact limité sur l'induction de l'œstrus.

Une étude a comparé les effets de rations de type *flushing* et de traitements hormonaux sur les performances reproductives de chèvres Markhoz. Ils ont trouvé que l'injection d'eCG après le retrait du CIDR a augmenté les taux de FSH et d'œstrogène, résultant en un taux de chevreaux nés plus élevé (Kia et al., 2011).

Decourt et al. (2019) ont évalué si un analogue de la kisspeptine, le C6, pouvait remplacer l'eCG pour déclencher l'ovulation. Les résultats ont montré que l'hormone analogue permettait de déclencher des ovulations fertiles chez les chèvres autant en saison de reproduction qu'en contre-saison. Le plein potentiel du C6 reste toutefois à être évalué.

Mélatonine

Wuliji et al. (2003) ont évalué l'effet de divers traitements de mélatonine sous forme d'implants et sous forme orale et de bromocriptine sur les performances reproductives des caprins. Chez les boucs, le traitement de mélatonine avec traitement photopériodique a permis de stimuler le comportement sexuel, la libido et la fertilité. Chez les chèvres, le traitement de mélatonine avec effet-bouc a permis d'améliorer le taux de gestation d'environ 50% .

Un projet de recherche en Espagne sur des boucs de race méditerranéenne a évalué l'effet d'implants de mélatonine sur les capacités reproductives des boucs en contre-saison. Les résultats indiquent que le traitement de mélatonine durant l'anœstrus saisonnier n'influence pas le début de la saison de reproduction ni le volume de semence, mais pourrait augmenter la concentration spermatique à la saison de reproduction (Zarazaga et al., 2009).

Une autre étude de Zarazaga et al. (2009b) a permis d'évaluer si des implants de mélatonine permettaient d'induire l'œstrus chez des chèvres sans effet bouc, et si ces implants avaient un impact sur le début de la saison de reproduction. Les auteurs ont conclu que les implants ont permis d'induire une activité reproductrice et qu'ils ont causé un petit délai dans l'arrivée de la prochaine saison de reproduction.

Conclusion

En guise de conclusion, le désaisonnement est un trait recherché chez les petits ruminants afin d'obtenir un taux de reproduction élevé. La capacité à obtenir des chevrotages à l'année et de façon périodique en production caprine bouchère est un atout pour favoriser une productivité satisfaisante. Il a été vu que de nombreux paramètres peuvent être mesurés afin d'évaluer les capacités reproductives des caprins, notamment au niveau du développement sexuel, de l'œstrus, de la conception et de la mise bas.

De nombreux facteurs influencent la fertilité des chèvres de boucherie dont la latitude, le climat, la saison de naissance, l'alimentation, le stade physiologique, la race, la photopériode et la régie de la reproduction. Il a également été vu que plusieurs méthodes d'amélioration de la fertilité existent, principalement dans le but d'induire ou de synchroniser l'œstrus. Certaines méthodes sont dites « zootechniques » ou « naturelles », dont la photopériode et l'effet bouc, et d'autres méthodes, dites « artificielles » nécessitent l'emploi de différentes combinaisons de progestatifs, prostaglandines et autres hormones.

L'utilisation de l'effet bouc et de la photopériode apparaissent comme les deux méthodes les plus faciles à implanter par les entreprises caprines bouchères québécoises pour améliorer les performances de reproduction en contre-saison. L'alimentation serait aussi un aspect à considérer et donc une description plus détaillée de la composition des rations dites « flushing » et une adaptation des rations en fonction des ingrédients disponibles au Québec seraient nécessaires. L'utilisation des hormones est déjà considérée par plusieurs entreprises pour synchroniser des groupes de femelles. Par ailleurs, un protocole hormonal plus précis, uniformisé et adapté aux chèvres de boucherie serait nécessaire puisqu'il existe plusieurs « recettes » sur le terrain en fonction des expériences variées des vétérinaires.

Remerciements

Le ministère de l'Agriculture des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ) pour le soutien financier (Fonds de développement sectoriel – volet 2).

Le Centre d'expertise en production ovine du Québec (CEPOQ) pour le soutien technique et la contribution en ressources humaines.

L'auteur tient également à remercier le Comité de pilotage du projet :

Évelyne La Roche, Regroupement des éleveurs de chèvres de boucherie du Québec (RECBQ)

Catherine Michaud, agronome spécialisée en production caprine

Dany Cinq-Mars, professeur, Université Laval

Patricia Turmel, CRAAQ

Jade Pinel, CEPOQ

Catherine Chaput, agr., Agente de développement

Et les membres de la Table de concertation chèvres de boucherie du Québec pour leur collaboration.

Liste des ouvrages cités

- Ahmad, N., Javed, K., Adbullah, M., Hashmi, A. S. et Ali, A. (2014). Estrus induction in beetal goats during low breeding season. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(5), 1283-1287.
- Alifakiotis, T., Michailidis, I. et Gavrilidis, G. (1982). Induced breeding in anestrus milking ewes of dairy breeds: comparison of norgestomet, medroxyprogesterone and fluorogestone in two regimes of PMSG. *Theriogenology*, 17, 6, 603-610.
- Alvarez, L., Gamboa, D., Zarco, L. et Ungerfeld, R. (2013). Response to the buck effect in goats primed with CIDRs, previously used CIDRs, or previously used autoclaved CIDRs during the non-breeding season. *Livestock Science*, 155 (2-3), 459-462. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.010>
- Andrianarisoa, J. H., Randriamalala, J. R., Randrianariveloseheno, A. J. M. et Rabeniala, R. (2020). Supplémentation alimentaire pour synchroniser les chaleurs et améliorer les performances de reproduction des caprins à Madagascar. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 73(2), 99-106. <https://doi.org/10.19182/remvt.31877>
- Bedos, M., Muñoz, A. L., Orihuela, A. et Delgadillo, J. A. (2016). The sexual behavior of male goats exposed to long days is as intense as during their breeding season. *Applied Animal Behaviour Science*, 184, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.08.002>
- Bezerra, F. Q. G., Aguiar Filho, C. R., Freitas Neto, L. M., Santos Junior, E. R., Chaves, R. M., Azevedo, E. M. P., Santos, M. H. B., Lima, P. F. et Oliveira, M. A. L. (2009). Body weight, scrotal circumference and testosterone concentration in young Boer goat males born during the dry or rainy seasons. *South African Journal of Animal Science*, 39(4), 301-306.
- Blache, D. et Martin, G. B. (2009). Focus feeding to improve reproductive performance in male and female sheep and goats – How it works and strategies for using it. *Options Méditerranéennes*, A(85), 351-364.
- Błaszczuk, B., Udała, J. et Gączarzewicz, D. (2004). Changes in estradiol, progesterone, melatonin, prolactin, and thyroxine concentrations in blood plasma of goats following induced estrus in and outside the natural breeding season. *Small Ruminant Research*, 51, 209-219. doi:10.1016/S0921-4488(03)00190-1
- Boland, M. P., Kelleher, D. et Gordon, I. (1978). Comparison of control of oestrus and ovulation in sheep by an ear implant (SC-21009) or by intravaginal sponge (Cronolone or MAP). *Animal Reproduction Science*, 1, 275-281.
- Camacho, M., Stiehl, J., Garza, D., Gauly, M., et Holtz, W. (2017). Seasonality of Boer goats in northern Europe and induction of estrus out of season. *Small Ruminant Research*, 151, 26–31. doi:10.1016/j.smallrumres.2017.04.008

- Cameron, A. W. N., Battye, K. M. et Trounson, A. O. (1988). Time of ovulation in goats (*Capra hircus*) induced to superovulate with PMSG. *Journals of Reproduction & Fertility*, 83, 747-752.
- Chao, L. M., Takayama, K., Nakanishi, Y., Hamana, K., Takagi, M., Kubota, C., et Kojima, T. (2008). Luteal lifespan and fertility after estrus synchronization in goats. *Journal of Veterinary Science*, 9(1), 95. doi:10.4142/jvs.2008.9.1.95
- Chasles, M., Chesneau, D., Moussu, C., Delgadillo, J. A., Chemineau, P. et Keller, M. (2016). Sexually active bucks are efficient to stimulate female ovulatory activity during the anestrus season also under temperate latitudes. *Animal Reproduction Science*, 168, 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.02.030>
- Chasles, M., Chesneau, D., Moussu, C., Abecia, J. A., Delgadillo, J. A., Chemineau, P. et Keller, M. (2019). Highly precocious activation of reproductive function in autumn-born goats (*Capra hircus*) by exposure to sexually active bucks. *Domestic Animal Endocrinology*. doi:10.1016/j.domaniend.2019.01.004
- Cognie, Y. (1999). State of the art in sheep-goat embryo transfer. *Theriogenology*, 51, 105-116.
- Decourt, C., Robert, V., Lomet, D., Anger, K., Georgelin, M., Poissenot, K., Pellicer-Rubio, M.-T., Aucagne, V., Beltramo, M. (2019). The kisspeptin analog C6 is a possible alternative to PMSG (pregnant mare serum gonadotropin) for triggering synchronized and fertile ovulations in the Alpine goat. *PLOS ONE*, 14(3), 1-13. doi:10.1371/journal.pone.0214424
- Delgadillo, J. A., De La Torre-Villegas, S., Arellano-Solis, V., Duarte, G., et Malpaux, B. (2011). Refractoriness to short and long days determines the end and onset of the breeding season in subtropical goats. *Theriogenology*, 76(6), 1146-1151. doi:10.1016/j.theriogenology.2011.05.023
- deNicolo, G., Morris, S. T., Kenyon, P. R., Morel, P. C. H., et Parkinson, T. J. (2008). Melatonin-improved reproductive performance in sheep bred out of season. *Animal Reproduction Science*, 109(1-4), 124-133. doi:10.1016/j.anireprosci.2007.10.012
- Dogan, I., Nur, Z., Gunay, U., Soylu, M. K., et Sonmez, C. (2004). Comparison of fluorgestone and medroxyprogesterone intravaginal sponges for oestrus synchronization in Saanen does during the transition period. *South African Journal of Animal Science*, 34(1). doi:10.4314/sajas.v34i1.3805
- Dogan, I., Nur, Z., Gunay, U., Sagirkaya, H., Soylu, M. K., et Sonmez, C. (2005). Estrous synchronization during the natural breeding season in Anatolian black does. *Veterinárni medicína*, 50(1), 33-38.
- Dovenski, T., Petkov, V., Popovska-Percinic, F., Atanasov, B., Ilievska, K., Nikolovski, M., Dovenska, M., Trojancanec, P., Vince, S. et Grizelj, J. (2017). Applicability of assisted reproduction techniques in contemporary small ruminant farming. *Tradition and modernity in veterinary medicine*, 2(2), 3-8.

- Duarte, G., Flores, J. A., Malpaux, B., Delgadillo, J. A. (2008). Reproductive seasonality in female goats adapted to a subtropical environment persists independently of food availability. *Domestic Animal Endocrinology*, 35, 362-370. doi:10.1016/j.domaniend.2008.07.005
- Espinoza-Flores, L. A., Andrade-Esparza, J. D., Hernández, H., Zarazaga, L. A., Abecia, J. A., Chemineau, P., Keller, M., Delgadillo, J. A. (2019). Male effect using photostimulated bucks and nutritional supplementation advance puberty in goats under semi-extensive management. *Theriogenology*. doi:10.1016/j.theriogenology.2019.12.005
- Farooqi, Z. R., Ahmad, E., Akhtar, M. S., Ahmad, T., Khan, M. I. R., Naseer, Z., Sattar, A. et Serin, İ. (2021). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 31(6), 1867-1872. <https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.6.0392>
- Farshad, A. Yousefi, A., Moghaddam, A., et Khalili, B. (2012). Seasonal Changes in Serum Testosterone, LDH Concentration and Semen Characteristics in Markhoz Goats. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25 (2), 189-193. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2011.11179>
- Fasanya, O. O. A., Molokwu, E. C. I., Eduvic, L. O. et Dim, N. I. (1992). Dietary supplementation in the Savanna Brown goat. 1. Effect on attainment of puberty in the doe. *Animal Reproduction Science*, 20, 157-166.
- Fonseca, J. F., Torres, C. A. A., Costa, E. P., Maffili, V. V., Carvalho, G. R., Alves, N. G. et Rubert, M. A. (2005). Progesterone profile and reproductive performance of estrous-induced Alpine goats given hCG five days after breeding. *Animal Reproduction*, 2(1), 54-59.
- Fukui, Y., Ishikawa, D., Ishida, N., Okada, M., Itagaki, R., et Ogiso, T. (1999). Comparison of Fertility of Estrous Synchronized Ewes with Four Different Intravaginal Devices during the Breeding Season. *Journal of Reproduction and Development*, 45(5), 337-343. doi:10.1262/jrd.45.337
- Ghosh, S. (2021). Reproduction in goats: a review. *International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research*, 8(5), 6797-6802.
- Gordon, I. (1975). The use of progestogens in sheep bred by natural and artificial insemination. *Annales de Biologie animale, Biochimie et Biophysique*, 15(2), 303-315.
- Hameed, N., Khan, M. I.-R., Ahmad, W., Abbas, M., Murtaza, A., Shahzad, M., et Ahmad, N. (2019). Follicular dynamics, estrus response and pregnancy rate following GnRH and

progesterone priming with or without eCG during non-breeding season in anestrus Beetal goats. *Small Ruminant Research*, 106026. doi:10.1016/j.smallrumres.2019.106026

- Hary, I., et Schwartz, H.-J. (2002). Effects of seasonal breeding on productive performance of pastoral goat herds in northern Kenya: a longitudinal analysis of growth in kids and body weight development of does. *Journal of Arid Environments*, 50(4), 641–664. doi:10.1006/jare.2001.0918
- Hary, I., Schwartz, H.-J., King, J. M., et Carles, A. B. (2003). Effects of controlled seasonal breeding on reproductive performance traits of pastoral goat herds in northern Kenya. *Journal of Arid Environments*, 55(3), 555–579. doi:10.1016/s0140-1963(02)00269-0
- Hervé, V., Roy, F., Bertin, J., Guillou, F., et Maurel, M.-C. (2004). Antiequine Chorionic Gonadotropin (eCG) Antibodies Generated in Goats Treated with eCG for the Induction of Ovulation Modulate the Luteinizing Hormone and Follicle-Stimulating Hormone Bioactivities of eCG Differently. *Endocrinology*, 145(1), 294–303. doi:10.1210/en.2003-0595
- Holtz, W., Sohnrey, B., Gerland, M., et Driancourt, M.-A. (2008). Ovsynch synchronization and fixed-time insemination in goats. *Theriogenology*, 69(7), 785–792. doi:10.1016/j.theriogenology.2007.10.004
- Husein, M. Q., Ababneh, M. M., et Haddad, S. G. (2005). The effects of progesterone priming on reproductive performance of GnRH-PGF2 α -treated anestrus goats. *Reproduction Nutrition Development*, 45(6), 689–698. doi:10.1051/rnd:2005053
- Karaca, F., Doğruer, G., Sarıbay, M. K., et Ateş, C. T. (2010). Oestrus synchronization with short-term and long-term progestagen treatments in goats: the use of GnRH prior to short-term progestagen treatment. *Italian Journal of Animal Science*, 9(1), e22. doi:10.4081/ijas.2010.e22
- Kausar, R., Khanum, S. A., Hussain, M. et Shah, M. (2009). Estrus synchronization with medroxyprogesterone acetate Impregnated sponges in goats (*Capra hircus*). *Pakistan Veterinary Journal*, 29(1), 16-18.
- Kia, H. D., Mohamadi Chapdareh, W., Hossein Khani, A., Moghaddam, G., Rashidi, A., Sadri, H., et Alijani, S. (2011). Effects of flushing and hormonal treatment on reproductive performance of Iranian Markhoz goats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(6), 1157–1164. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01234.x
- Kusina, N. T., Chinuwo, T., Hamudikuwanda, H., Ndlovu, L. R., et Muzanenhano, S. (2001). Effect of different dietary energy level intakes on efficiency of estrus synchronization and fertility in Mashona goat does. *Small Ruminant Research*, 39(3), 283–288. doi:10.1016/s0921-4488(00)00192-9
- La Falci, V. S. N., Tortorella, H., Rodrigues, J. L. et Brandelli, A. (2002). Seasonal variation of goat seminal plasma proteins. *Theriogenology*, 57, 1035-1048.

- Leboeuf, B., Manfredi, E., Boue, P., Piacère, A., Brice, G., Baril, G., Broqua, C., Humblot, P. et Terqui, M. (1998). Artificial insemination of dairy goats in France. *Livestock Production Science*, 55(3), 193–203. doi:10.1016/s0301-6226(98)00140-7
- Leboeuf, B., Delgadillo, J., Manfredi, E., Piacre, A., Clément, V., Martin, P., Pellicer, M., Boué, P., et de Cremoux, R. (2008). Management of Goat Reproduction and Insemination for Genetic Improvement in France. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 379–385. doi:10.1111/j.1439-0531.2008.01188.x
- López-Sebastian, A., González-Bulnes, A., Carrizosa, J. A., Urrutia, B., Díaz-Delfa, C., Santiago-Moreno, J., et Gómez-Brunet, A. (2007). New estrus synchronization and artificial insemination protocol for goats based on male exposure, progesterone and cloprostenol during the non-breeding season. *Theriogenology*, 68(8), 1081–1087. doi:10.1016/j.theriogenology.2007.08.003
- Lopez-Sebastián, A., Coloma, M., Toledano, A., et Santiago-Moreno, J. (2014). Hormone-free protocols for the control of reproduction and artificial insemination in goats. *Reproduction in Domestic Animals*, 49, 22–29. doi:10.1111/rda.12394
- Mahmood, S., Koul, G. L., et Biswas, J. C. (1991). Comparative efficacy of FSH-P and PMSG on superovulation in Pashmina goats. *Theriogenology*, 35(6), 1191–1196. doi:10.1016/0093-691x(91)90365-k
- Medan, M., Shalaby, A.-H., Sharawy, S., Watanabe, G. et Taya, K. (2002). Induction of estrus during the non-breeding season in Egyptian Baladi goats. *Journal of Veterinary Medical Science*, 64(1), 83-85.
- Meza-Herrera, C., Calderón-Leyva, G., Soto-Sanchez, M., Abad-Zavaleta, J., Serradilla, J., García-Martinez, A., Rodriguez-Martinez, R., Veliz, F. G., Macias-Cruz, U., et Salinas-Gonzalez, H. (2012). The expression of birth weight is modulated by the breeding season in a goat model. *Annals of Animal Science*, 12(2), 237–245. doi:10.2478/v10220-012-0020-8
- Meza-Herrera, C. A., Romero-Rodríguez, C. A., Nevárez-Dominguez, A., Flores-Hernández, A., Cano-Villegas, O., Macías-Cruz, U., Mellado, M., Calderon-Levy, G., Carillo-Moreno, D. et Véliz-Deras, F. G. (2019). The Opuntia effect and the Reactivation of Ovarian Function and Blood Metabolite Concentrations of Anestrous Goats Exposed to Active Males. *Animals*, 9(8), 550. doi:10.3390/ani9080550
- Netto, M. M., Balaro, M. F. A., Cosentino, I. O., Espírito Santo, C. G., Oliveira, R. V., Souza-Fabjan, J. M. G., Brandão, F. Z. et Fonseca, J. F. (2020). Use of two cloprostenol administrations 11.5 days apart efficiently synchronizes oestrus in photostimulated multiparous dairy goats in the non-breeding season. *Reproduction in Domestic Animals*, 55(8), 965–973. doi:10.1111/rda.13736
- Nogueira, D. M., Cavalieri, J., Gummow, B., et Parker, A. J. (2015). Comparison of follicular dynamics and hormone profiles in Boer goats examined during the breeding and non-

breeding seasons in the tropics of Queensland, Australia. *Small Ruminant Research*, 125, 93–100. doi:10.1016/j.smallrumres.2015.02.014

- Nogueira, D. M., Cavalieri, J., Fitzpatrick, L. A., Gummow, B., Blache, D., et Parker, A. J. (2016). Effect of hormonal synchronisation and/or short-term supplementation with maize on follicular dynamics and hormone profiles in goats during the non-breeding season. *Animal Reproduction Science*, 171, 87–97. doi:10.1016/j.anireprosci.2016.06.003
- Papachristoforou, C., Koumas, A., et Photiou, C. (2000). Seasonal effects on puberty and reproductive characteristics of female Chios sheep and Damascus goats born in autumn or in February. *Small Ruminant Research*, 38(1), 9–15. doi:10.1016/s0921-4488(00)00143-7
- Ramadan, T. A., Taha, T. A., Samak, M. A., et Hassan, A. (2009). Effectiveness of exposure to long day followed by melatonin treatment on semen characteristics of Damascus male goats during breeding and non-breeding seasons. *Theriogenology*, 71(3), 458–468. doi:10.1016/j.theriogenology.2008.07.029
- Regueiro, M., Pérez Clariget, R., Ganzábal, A., Aba, M., et Forsberg, M. (1999). Effect of medroxyprogesterone acetate and eCG treatment on the reproductive performance of dairy goats. *Small Ruminant Research*, 33(3), 223–230. doi:10.1016/s0921-4488(99)00024-3
- Rhone, J. A., Waldron, D. F. et Herring, A. D. (2013). Performance of Boer-Spanish and Spanish goats in Texas I: Body weights, fertility, prolificacy, and number of kids weaned. *Journal of Animal Science*, 91, 4679-4683. doi:10.2527/jas2013-6227
- Salvador, I., Viudes-de-Castro, M., Bernacer, J., Gomez, E., et Silvestre, M. (2005). Factors Affecting Pregnancy Rate in Artificial Insemination with Frozen Semen During Non-Breeding Season in Murciano-Granadina Goats: a Field Assay. *Reproduction in Domestic Animals*, 40(6), 526–529. doi:10.1111/j.1439-0531.2005.00624.x
- Skliarov, P., Pérez, C., Petrusha, V., Fedorenko, S. et Bilyi, D. (2021). Induction and synchronization of oestrus in sheep and goats. *Journal of Central European Agriculture*, 22(1), 39-53. doi: /10.5513/JCEA01/22.1.2939
- Smith, P. A., Boland, M. P., et Gordon, I. (1981). Effect of type of intravaginal progestagen on the outcome of fixed-time artificial insemination. *The Journal of Agricultural Science*, 96(01), 243-245. doi:10.1017/s0021859600032068
- Souza-Fabjan, J. M. G., Correia, L. F. L., Batista, R. I. T. P., Locatelli, Y., Freitas, V. J. F., et Mermillod, P. (2021). Reproductive Seasonality Affects In Vitro Embryo Production Outcomes in Adult Goats. *Animals*, 11(3), 873. doi:10.3390/ani11030873
- Titi, H., Kridli, R., et Alnimer, M. (2008). Estrus Synchronization in Sheep and Goats Using Combinations of GnRH, Progestagen and Prostaglandin F2 α . *Reproduction in Domestic Animals*. doi:10.1111/j.1439-0531.2008.01309.x
- Webb, E. C., Dombo, M. H. et Roets, M. (2004). Seasonal variation in semen quality of Gorno Altai cashmere goats and South African indigenous goats. *South African Journal of Animal Science*, 34, 240-243.

- Wuliji, T., Litherland, A., Goetsch, A. L., Sahlu, T., Puchala, R., Dawson, L. J., et Gipson, T. (2003). Evaluation of melatonin and bromocryptine administration in Spanish goats. *Small Ruminant Research*, 49(1), 31–40. doi:10.1016/s0921-4488(03)00055-5
- Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Guzmán, J. L. et Casas, J. P. (2009a). Effect of melatonin during the seasonal anoestrous on the reactivation of the sexual activity and semen production at the normal breeding season on mediterranean bucks. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 11, 131-134.
- Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L. et Malpoux, B. (2009b). Effect of melatonin implants on sexual activity in Mediterranean goat females without separation from males. *Theriogenology*, 72, 910-918. doi:10.1016/j.theriogenology.2009.05.020
- Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Celi, I., Guzmán, J. L., et Malpoux, B. (2011). Artificial long days and daily contact with bucks induce ovarian but not oestrous activity during the non-breeding season in Mediterranean goat females. *Animal Reproduction Science*, 125(1-4), 81–87. doi:10.1016/j.anireprosci.2011.02.029
- Zarazaga, L. A., Gatica, M. C., Gallego-Calvo, L., Celi, I., et Guzmán, J. L. (2014). The timing of oestrus, the preovulatory LH surge and ovulation in Blanca Andaluza goats synchronised by intravaginal progestagen sponge treatment is modified by season but not by body condition score. *Animal Reproduction Science*, 146(3-4), 170–175. doi:10.1016/j.anireprosci.2014.02.012